

Національний транспортний університет
Міністерство освіти і науки України

Національний транспортний університет
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ОМАРОВ ДЖАНАЙ МАГОМЕДОВИЧ

УДК 656.072.5 : 519.876.2

ДИСЕРТАЦІЯ

ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

05.22.01 – транспортні системи

Транспорт

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

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

_____ Д. М. Омаров

Науковий керівник –
Прокудін Георгій Семенович
доктор технічних наук,
професор

Ідентичність усіх примірників дисертації

Засвідчую

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради Д 26.059.02

_____ В. І. Каськів

Київ – 2018

АНОТАЦІЯ

Омаров Д.М. Підвищення продуктивності та якості міських автобусних перевезень. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – «Транспортні системи» (274 – Автомобільний транспорт). – Національний транспортний університет Міністерства освіти і науки України, Київ, 2018.

У вступі обґрунтовано актуальність, новизну та практичне значення дисертаційної роботи, зазначено необхідність розробки і впровадження моделей, методів та програмного забезпечення процесу раціонального визначення оптимальної кількості резервних автобусів на маршруті.

Перший розділ присвячено аналізу сучасного стану проблеми підвищення продуктивності та якості міських автобусних перевезень. Розглядаються наукові роботи вітчизняних та закордонних науковців.

Аналізуючи негативну динаміку статистичних даних щодо кількості перевезених пасажирів в Україні автомобільним транспортом за 2010-2017 роки, яка починаючи з 2013 року обумовлена тимчасово окупованими територіями, можна сказати, що обсяг перевезених пасажирів знизився за цей період на 45,56%, а пасажирооборот на 33,75. Такому ж аналізу за аналогічний період часу зазнали статистичні дані щодо перевезень пасажирів усіма видами громадського транспорту у м. Кривий Ріг. Лідерство тут займають перевезення автобусами (маршрутними таксі), далі слідує, відповідно, швидкісний трамвай, трамвайний і тролейбусний види транспорту. Проведена апроксимація даних про перевезених автобусами пасажирів поліноміальною функцією шостого (найвищого) порядку дала величину достовірності ($R^2=1$), а лінія тренду спрямована на незначне зменшення. Порівняльний аналіз даних про кількість перевезених пасажирів і пасажирооборот, який виконується автобусами і маршрутними таксі у місті Кривий Ріг за період з січня по серпень 2017 року, з відповідним періодом 2016 року, наочно свідчить про явну тенденцію до збільшення.

Аналіз перерахованих вище статистичних даних говорить про те, що незважаючи на значний спад обсягів пасажирських перевезень в цілому по Україні (а це включає і міжміські і міжнародні перевезення), обсяги пасажирських перевозок у великих містах не тільки зменшилися, але мають тенденцію до зростання.

Значущість для пасажирів параметрів якості транспортного обслуговування міським транспортом визначалася на підставі даних натурного обстеження. Воно полягало в опитуванні пасажирів щодо параметрів перевезення, якими вони оцінюють якість виконання пересування. Загалом пасажирами було виділено шістнадцять показників (факторів). Для оцінки узгодженості думок експертів було використано коефіцієнт конкордації Кендела, а для перевірки статистичної ваги коефіцієнта конкордації було розраховано емпіричне значення критерію Пірсона.

Для оцінки якості транспортного обслуговування пасажирів був запропонований комплексний показник якості міського пасажирського транспорту, який враховує тільки чотири основних показники, які можна використовувати при плануванні якості проектів міського пасажирського транспорту, а саме: час поїздки; час очікування транспорту; час пішохідної складової транспортних пересувань, який включає час підходу до початкової та відходу від кінцевої зупинок; динамічний коефіцієнт використання місткості транспортного засобу.

У **другому розділі** описано теоретичні дослідження підвищення продуктивності та якості міських автобусних перевезень.

Основними показниками вдосконалення процесу організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом є продуктивність пасажирських перевезень та якість обслуговування пасажирів, причому підвищення продуктивності пасажирських перевезень досягається шляхом раціональної організації автобусного сполучення, а саме поєднання різних форм організації руху – звичайної, скороченої та швидкісної, а підвищення якості обслуговування пасажирів досягається шляхом скорочення втрат їх часу на очікування посадки в автобус за рахунок визначення необхідної кількості резервних автобусів на маршруті.

В попередніх наукових розробках недостатньо вивчався вплив ринкових відносин та конкуренції між перевізниками на рівень обслуговування пасажирів особливо у великих містах. Для підвищення продуктивності та якості міських автобусних перевезень було розроблено визначено параметри, з використанням яких можна удосконалювати транспортний процес відповідно до сучасних умов діяльності АТП.

Вибір форми організації руху, а саме звичайної, скороченої, швидкісної, експресної або їх комбінацій був визначений за допомогою епюр розподілу середнього значення пасажиропотоку по довжині маршруту і одночасно пов'язувався з визначенням типу автобусів, задіяних для обслуговування тих чи інших розглянутих маршрутів, бо від цього потім залежатиме розрахунок кількості потрібних моделей автобусів.

Проведені розрахунки витрат часу на пересування пасажирів містом та потрібної кількості автобусів для різних форм організації руху показали, що із застосуванням критерію для загальної форми руху автобусів іноді можливе певне збільшення потрібної їх кількості (на 8...10%), що виправдовується поліпшенням якості перевезень. Проте наступними дослідженнями визначено, що уникнути цього збільшення рухомого складу дозволяє запровадження одночасно звичайної та комбінованої форм руху автобусів.

Важливим етапом організації роботи автобусів на маршрутах міської пасажирської транспортної мережі, після визначення форм руху автобусів і потрібної їх загальної кількості, постає складання розкладу руху автобусів, розподілених по маршрутах. В роботі використовується методика, яка пов'язана з розрахунком необхідного обсягу роботи автобусів на маршрутах в автобусо-годинах.

Науково-методичні основи організації міських автобусних перевезень у рамках теорії масового обслуговування дозволяють зробити раціональний вибір структури та процесу обслуговування міських пасажирських транспортних систем та визначити основні показники їх функціонування, а саме: середню довжину черги;

середній час очікування обслуговування; середнє число зайнятих каналів; середній час простою каналу обслуговування; коефіцієнт завантаженості системи та інші.

У **третьому розділі** описано науково-практичні засади підвищення продуктивності та якості міських автобусних перевезень.

В розділі у якості мети дослідження обрана розробка нових наукових підходів та практичних методів підвищення якості експлуатації автобусів у місцях за рахунок визначення оптимальної кількості *резервних* автобусів на маршрутах. Науковим методом дослідження є статистичний аналіз результатів імітаційного моделювання роботи міських автобусів на маршруті.

Імітаційне моделювання роботи автобусів на маршрутах міської пасажирської транспортної системи дає можливість відобразити реальні обставини, що виникають в процесі її функціонування, і вирішити такі задачі:

- урахувати різні перехідні стани системи;
- дослідити характеристики транспортної системи в залежності від кількості резервних автобусів, їх дислокації і т. ін.;
- урахувати контрольний розподіл збоїв у русі автобусів за часом і можливість їх повернення на маршрут із ремонту за поточну добу;
- урахувати зміну кількості резервних і лінійних автобусів в експлуатації в окремі періоди доби у відповідності з пасажиропотоками і т. ін.

Відмічене, що процес міських автобусних перевезень має яскраво виявлену добову циклічність, причому у межах доби або зміни окремі стани процесу (наприклад, сходи) настають нерегулярно, у випадкові моменти часу. Виходячи з цього, при розробці імітаційної моделі для відображення поведінки системи виділяється зовнішній цикл – доба, і внутрішній цикл – частина доби. Зовнішній цикл побудовано за “принципом Δt ”, а внутрішній – за принципом особливих станів.

Розглянуті прикладі показують, що моделі подібного типу зручно будувати по блоковому принципу, причому кожний блок підкоряється власній логіці роботи, що імітує певний процес або пристрій системи, яка моделюється. Деякі із цих блоків можуть бути реалізовані як стандартні шляхом включення їх у бібліотеки стандартних програм. Цей же принцип використовується при розробці спеціальних

мов моделювання, у яких типові алгоритми реалізуються у вигляді операторів або стандартних процедур.

У **четвертому розділі** представлені прикладні аспекти реалізації наукових досліджень.

Удосконалення метода обстеження міських автобусних маршрутів з метою визначення попиту населення на перевезення міським громадським транспортом було досягнуто за рахунок зміни структури картки обстеження пасажиропотоків, узагальнення отриманих даних у відповідній базі даних і подальшої їх комп'ютерної обробки.

Імітаційне моделювання даної транспортної системи дає можливість відобразити реальні обставини, що виникають в процесі її функціонування, і вирішити такі задачі, як: урахувати різні перехідні стани системи; дослідити характеристики транспортної системи в залежності від кількості резервних автобусів, їх дислокації і т. ін.; урахувати контрольний розподіл збоїв у русі автобусів за часом і можливість їх повернення на маршрут із ремонту за поточну добу; урахувати зміну кількості резервних і лінійних автобусів в експлуатації в окремі періоди доби у відповідності з пасажиропотоками і т. ін.

Розглянуті структура, складові і режими функціонування імітаційної моделі визначення оптимальної кількості резервних автобусів, яка розроблена у програмному середовищі алгоритмічної програмування *Delphy*.

За допомогою непараметричного Т-критерію Вілкоксона був доведений той факт, що побудована у дисертаційній роботі математична модель перевізного процесу повністю адекватна її фізичній моделі, а саме процесу здійснення автобусних перевезень пасажирів в місті Кривому Розі.

Ключові слова: маршрут, моделювання, доба, вакансії, черга на заміщення, дисципліна черги, повернення на лінію, особливі моменти, інтервал стаціонарного стану.

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз

1. Omarov D. Improvement of the Methods for Determining Optimal Characteristics of Transportation Networks. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. N. 6/3 (84). P. 54–61. ISSN 1729-3774, DOI:10.15587/1729-4061.2016.85211, <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/85211>.

Статті у наукових фахових виданнях

2. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Босняк М.Г., Лебідь І.Г., Грисюк Ю.С., Гусєв О.В. Defining the ways to increase the safety of hazardous goods in international automobile transportation. *Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика»*. Київ: НТУ, 2013. Вип. 11. С. 91–99.

3. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Дмитриченко А.М., Цимбал Н.М., Дудник О.С. Застосування сучасних інформаційних технологій при розв’язанні багатоетапних транспортних задач. *Науково-технічний збірник «Вісник НТУ»*. Київ: НТУ, 2015. Вип 31. С. 450–462.

4. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Прокудін О.Г. Удосконалення організації перевезень пасажирів у великих містах. *Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика»*. Київ: НТУ, 2015. Вип. 16. Част. 1: «Технічні науки». С.125–135.

5. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Прокудін О.Г. Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях. *Науково-технічний збірник «Вісник НТУ»*. Київ: НТУ, 2016. Вип 1 (34). Серія «Технічні науки». С. 378–387.

6. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Майданик К.О., Ремех І.О., Пилипенко Ю.В., Прокудін О.Г. Приклад побудови імітаційних моделей у транспортних системах. *Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика»*. Київ: НТУ, 2016. Вип. 17. Част. 1: «Технічні науки». С. 67–79.

Опубліковані праці апробаційного характеру

7. Омаров Д.М. Приклад моделювання роботи міських автобусів на маршруті. *Науково-технічний збірник. «Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті»*. Київ: НТУ, 2017. Вип. 4. С. 37–47.

8. Омаров Д.М., Г.С. Прокудін Г.С. Підвищення ефективності та якості автобусних пасажирських перевезень. LXX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ: НТУ, 2014. С. 209.

9. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Білокобила Є.Ю. Статистичні та соціологічні дослідження параметрів, які впливають на продуктивність та якість автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях / Звіт о НДР № 171 “Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях”, (проміжний, 1 етап), № ДО 0215U002234: Націон. транс. ун-т. – № ДР 0114U003950. Київ: НТУ, 2014. 95 с.

10. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Дудник О.С, Іщенко М.Г., Пелих В.Ю. Застосування сучасних інформаційних технологій при розв’язанні багатоетапних транспортних задач. LXXI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ: НТУ, 2015. С. 281.

11. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Білокобила Є.Ю. Теоретичні дослідження підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях і розробка методики по їх удосконаленню / Звіт о НДР № 171 “Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях”, (проміжний, 2 етап), № ДО 0215U002234: Націон. транс. ун-т. – № ДР 0114U003950. Київ: НТУ, 2015. 89 с.

12. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А. Підвищення якості обслуговування пасажирів міськими автобусами в м. Кривий Ріг. Всеукраїнська науково-практична конференція “Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні”: тези доповідей. Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2015. С. 222–223.

13. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Дудник О.С. Методи оптимізації перевезень пасажирів і вантажів на території України. Міжнародна науково-практична конференція “Стан, проблеми та перспективи вдосконалення економіки України”, Частина 2: тези доповідей. Ужгород: Видавничий дім “Тельветика”, 2015. С. 125–126.

14. Омаров Д.М., Прокудін Г.С. Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях конгломераціях. LXXII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ: НТУ, 2016. С. 233.

15. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., О.С. Дудник. Аналіз сучасних моделей міського автобусного сполучення. Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference “Topical Problems of Modern Science and Possible Solutions”: abstracts of reports. Dubai, UAE, 2016. № 10(14), Vol. 1 P. 50–52.

16. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Прокудіна І.І Визначення оптимальних параметрів, які впливають на продуктивність та якість автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях / Звіт о НДР № 171 “Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях”, (заключний), № ДО 0216U002813: Націон. транс. ун-т. – № ДР 0114U003950. Київ: НТУ, 2016. 115 с.

17. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Пилипенко Ю.В. Застосування імітаційного моделювання для підвищення ефективності роботи міських автобусів. LXXIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ: НТУ, 2017. С. 258.

18. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г., Дудник О.С. Алгоритм статистичного моделювання роботи міських автобусів. International Academy Journal «Multidisciplinary Scientific Edition: Web of Scholar»: abstracts of reports. 2017. 2(11) P. 11–13. ISSN 25180167X.

19. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г. Математична модель резервування міських автобусів на маршруті / VI Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні управляючі системи та технології»: тези доповідей. Одеса: «ВидавІнформ НУ «ОМА», 2017. С. 95–97.

20. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г. Комп’ютерна програма “Імітаційна модель роботи міських автобусів на маршруті” / Свідоцтво про

реєстрацію авторського права на твір. № 72380. Київ: Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2017. 17 с.

21. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г. Літературний письмовий твір науково-технічного характеру “Математична модель роботи міських автобусів на маршруті” / Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. № 72377. Київ: Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2017. 11 с.

ABSTRACT

Omarov D.M. Increased productivity and quality of urban bus services. – On the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of a candidate of technical sciences in specialty 05.22.01 – «Transport Syst» (274 – Road transport). – National Transport University Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2018.

The introduction substantiates the relevance, novelty and practical significance of the dissertation work, the need to develop and implement models, methods and software for the rational determination of the optimal number of backup buses on the route.

The first chapter is devoted to the analysis of the current state of the problem of increasing the productivity and quality of urban bus transportations. The scientific works of domestic and foreign scientists are considered.

Analyzing the negative dynamics of statistics on the number of passengers transported in Ukraine by motor transport for 2010-2017, which is due to the temporarily occupied territories from 2013, it can be said that the volume of transported passengers decreased by 45.56% during this period, and the passenger turnover by 33 , 75 In the same analysis for the same period of time there was statistical data on the carriage of passengers by all types of public transport in Kryvyi Rih. Leadership here involves transportation by bus (shuttle taxi), followed by, respectively, high-speed tram, tram and trolley-type transport. The approximation of data on passengers transported by buses by the polynomial function of the sixth (highest) order gave the value of reliability ($R^2 = 1$), and the trend line is aimed at a slight decrease. A comparative analysis of the data on the number of passengers carried and passenger turnover by bus and route taxi in Kryvy Rih

from January to August 2017, with the corresponding period of 2016, clearly indicates a clear tendency to increase.

The analysis of the above statistics shows that, despite the significant decrease of passenger traffic in Ukraine as a whole (and this includes both long-distance and international traffic), the volume of passenger traffic in large cities has not only decreased but has a tendency to increase.

Significance for passengers of parameters of quality of transport services by city transport was determined on the basis of data of field survey. It consisted in questioning passengers about the parameters of transportation, which they evaluate the quality of travel. In total, sixteen indicators (factors) were allocated to passengers. To assess the consistency of expert opinions, Kendel's coefficient of concordance was used, and the empirical value of Pearson's criterion was calculated for checking the statistical significance of the coefficient of concordation.

In order to assess the quality of passenger transport services, a comprehensive quality indicator for urban passenger transport was proposed, which takes into account only four main indicators that can be used in planning quality of urban passenger transport projects, namely: travel time; waiting time for transport; time of pedestrian traffic, which includes the time of approach to the initial and departure from the final stops; dynamic capacity utilization factor of a vehicle.

The second chapter describes the theoretical studies of increasing the productivity and quality of urban bus traffic.

The main indicators of improving the process of organizing passenger transportation by urban public transport are the productivity of passenger traffic and the quality of passenger service, and the increase of productivity of passenger transportation is achieved through the rational organization of bus communication, namely the combination of different forms of organization of movement - ordinary, reduced and speed, and improving the quality of passenger service is achieved by reducing the loss of their time waiting for a landing in the bus at the expense of The required number of reserve buses on the route.

In previous scientific developments, the influence of market relations and competition between carriers on the level of passenger service, especially in large cities, was not sufficiently studied. To improve the productivity and quality of urban bus

services, certain parameters have been developed, with which it is possible to improve the transport process in accordance with the current operating conditions of the ATP.

The choice of the form of the organization of movement, namely, ordinary, short, speed, express or their combinations, was determined by means of the distribution of the average passenger traffic along the length of the route and was simultaneously associated with the definition of the type of bus used for servicing those or other considered routes, since This will then depend on the calculation of the number of required models of buses.

The calculations of time spent on traveling by city and the required number of buses for different forms of organization of movement have shown that using the criterion for the general form of bus traffic is sometimes possible increase in their required number (by 8 ... 10%), which is justified by the improvement of the quality of transportation . However, subsequent studies have determined that avoiding this increase in rolling stock allows the introduction of both regular and combined forms of buses.

An important stage in the organization of the operation of buses on the routes of the city passenger transport network, after determining the forms of the movement of buses and their required total number, appears scheduling buses, distributed on routes. In work is used the methodology, which is associated with the calculation of the required volume of work on the bus routes on bus-hours.

The scientific and methodological foundations of the organization of city bus transportations in the framework of the theory of mass service allow to make a rational choice of structure and process of servicing of urban passenger transport systems and to determine the basic indicators of their functioning, namely: average length of the queue; average waiting time for service; average number of occupied channels; average idle time of the service channel; load factor system and others.

The third chapter describes the scientific and practical bases for improving the productivity and quality of urban bus services.

In the section as a research goal, the development of new scientific approaches and practical methods for improving the quality of bus operation in places by determining the optimal number of backup buses on routes is chosen. The scientific method of research is a statistical analysis of the results of simulation of the work of city buses on the route.

The simulation of the work of buses on the routes of the city passenger transport system enables to reflect the real circumstances that arise in the process of its functioning, and to solve the following tasks:

- take into account various transitional states of the system;
- to study the characteristics of the transport system, depending on the number of reserve buses, their location, etc.;
- take into account the control distribution of failures in the movement of buses in time and the possibility of their return to the route for repair in the current day;
- take into account the change in the number of reserve and linear buses in operation at separate periods of the day in accordance with passenger traffic, etc.

It is noted that the process of urban bus traffic has a clearly revealed daily cyclicity, and within the limits of time or change, separate states of the process (for example, stairs) occur irregularly, at random moments of time. Proceeding from this, when developing the simulation model for displaying the system's behavior, an external cycle is allocated - the day, and the internal cycle is part of the day. The outer cycle is constructed according to the "principle $\square t$ ", and the inner one is based on the principle of special states.

The examples considered show that it is convenient to construct models of this type in a block principle, and each block submits itself to the logic of work simulating a certain process or device system that is modeled. Some of these blocks can be implemented as standard by incorporating them into standard library libraries. The same principle is used in the development of special simulation languages, in which typical algorithms are implemented as operators or standard procedures.

The fourth chapter presents the applied aspects of the implementation of scientific research.

Improvement of the method of inspection of city bus routes in order to determine the population's demand for urban public transport was achieved by changing the structure of the map of passenger traffic surveys, summarizing the data in the corresponding database and further processing them.

Simulation of this transport system enables to reflect the real circumstances that arise in the process of its functioning, and to solve such tasks as: to take into account various transitional states of the system; to investigate the characteristics of the transport system

depending on the number of reserve buses, their dislocation, etc.; take into account the control distribution of failures in the movement of buses in time and the possibility of their return to the route for repair in the current day; take into account the change in the number of reserve and linear buses in operation at certain periods of the day in accordance with passenger traffic, etc.

The structure, components and modes of functioning of the simulation model for determining the optimal number of backup buses, which is developed in the Delphy programming algorithm programming environment, are considered.

Using the non-parametric Til-Wilcoxon criterion, the fact that the mathematical model of the transport process constructed in the dissertation is fully adequate to its physical model, namely the process of carrying out bus transportation of passengers in the city of Kryvyi Rih, was proved.

Keywords: route, simulation, day, vacancies, queue on replacement of, queue discipline, returning to the line, special moments, interval stationary state.

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз

1. Omarov D. Improvement of the Methods for Determining Optimal Characteristics of Transportation Networks. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. N. 6/3 (84). P. 54–61. ISSN 1729-3774, DOI:10.15587/1729-4061.2016.85211, <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/85211>.

Статті у наукових фахових виданнях

2. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Босняк М.Г., Лебідь І.Г., Грисюк Ю.С., Гусєв О.В. Defining the ways to increase the safety of hazardous goods in international automobile transportation. *Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика»*. Київ: НТУ, 2013. Вип. 11. С. 91–99.

3. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Дмитриченко А.М., Цимбал Н.М., Дудник О.С. Застосування сучасних інформаційних технологій при розв'язанні багатостадійних транспортних задач. *Науково-технічний збірник «Вісник НТУ»*. Київ: НТУ, 2015. Вип 31. С. 450–462.

4. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Прокудін О.Г. Удосконалення організації перевезень пасажирів у великих містах. *Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика»*. Київ: НТУ, 2015. Вип. 16. Част. 1: «Технічні науки». С.125–135.

5. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Прокудін О.Г. Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях. *Науково-технічний збірник «Вісник НТУ»*. Київ: НТУ, 2016. Вип 1 (34). Серія «Технічні науки». С. 378–387.

6. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Майданик К.О., Ремех І.О., Пилипенко Ю.В., Прокудін О.Г. Приклад побудови імітаційних моделей у транспортних системах. *Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика»*. Київ: НТУ, 2016. Вип. 17. Част. 1: «Технічні науки». С. 67–79.

Опубліковані праці апробаційного характеру

7. Омаров Д.М. Приклад моделювання роботи міських автобусів на маршруті. Науково-технічний збірник. «Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті». Київ: НТУ, 2017. Вип. 4. С. 37–47.

8. Омаров Д.М., Г.С. Прокудін Г.С. Підвищення ефективності та якості автобусних пасажирських перевезень. LXX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ: НТУ, 2014. С. 209.

9. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Білокобила Є.Ю. Статистичні та соціологічні дослідження параметрів, які впливають на продуктивність та якість автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях / Звіт о НДР № 171 “Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях”, (проміжний, 1 етап), № ДО 0215U002234: Націон. транс. ун-т. – № ДР 0114U003950. Київ: НТУ, 2014. 95 с.

10. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Дудник О.С, Іщенко М.Г., Пелих В.Ю. Застосування сучасних інформаційних технологій при розв’язанні багатоетапних транспортних задач. LXXI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ: НТУ, 2015. С. 281.

11. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Білокобила Є.Ю. Теоретичні дослідження підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях і розробка методики по їх удосконаленню / Звіт о НДР № 171 “Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях”, (проміжний, 2 етап), № ДО 0215U002234: Націон. транс. ун-т. – № ДР 0114U003950. Київ: НТУ, 2015. 89 с.

12. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А. Підвищення якості обслуговування пасажирів міськими автобусами в м. Кривий Ріг. Всеукраїнська науково-практична конференція “Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні”: тези доповідей. Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2015. С. 222–223.

13. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Дудник О.С. Методи оптимізації перевезень пасажирів і вантажів на території України. Міжнародна науково-практична конференція “Стан, проблеми та перспективи вдосконалення економіки України”, Частина 2: тези доповідей. Ужгород: Видавничий дім “Гельветика”, 2015. С. 125–126.

14. Омаров Д.М., Прокудін Г.С. Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях конгломераціях. LXXII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ: НТУ, 2016. С. 233.

15. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., О.С. Дудник. Аналіз сучасних моделей міського автобусного сполучення. Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference “Topical Problems of Modern Science and Possible Solutions”: abstracts of reports. Dubai, UAE, 2016. № 10(14), Vol. 1 P. 50–52.

16. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Прокудіна І.І. Визначення оптимальних параметрів, які впливають на продуктивність та якість автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях / Звіт о НДР № 171 “Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях”, (заключний), № ДО 0216U002813: Націон. транс. ун-т. – № ДР 0114U003950. Київ: НТУ, 2016. 115 с.

17. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Пилипенко Ю.В. Застосування імітаційного моделювання для підвищення ефективності роботи міських автобусів. LXXIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ: НТУ, 2017. С. 258.

18. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г., Дудник О.С. Алгоритм статистичного моделювання роботи міських автобусів. International Academy Journal «Multidisciplinary Scientific Edition: Web of Scholar»: abstracts of reports. 2017. 2(11) P. 11–13. ISSN 25180167X.

19. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г. Математична модель резервування міських автобусів на маршруті / VI Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні управляючі системи та технології»: тези доповідей. Одеса: «ВидавІнформ НУ «ОМА», 2017. С. 95–97.

20. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г. Комп'ютерна програма “Імітаційна модель роботи міських автобусів на маршруті” / Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. № 72380. Київ: Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2017. 17 с.

21. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г. Літературний письмовий твір науково-технічного характеру “Математична модель роботи міських автобусів на маршруті” / Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. № 72377. Київ: Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2017. 11 с.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	2
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	20
ВСТУП	21
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПЕРЕДУМОВ УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ У МІСТАХ	29
1.1 Оцінка стану організації автобусних перевезень пасажирів у великих містах	29
1.2 Аналіз моделей міського автобусного сполучення	40
1.3 Аналіз методів використання автобусів на транспортній мережі міста	42
1.4 Соціально-економічне обстеження якості обслуговування пасажирів міськими автобусами	49
1.5 Загальна характеристика транспортної мережі та автобусного сполучення у місті Кривий Ріг	55
1.6 Висновки до розділу 1	65
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	68
2.1 Обґрунтування критерію оцінки та методика удосконалення міських автобусних перевезень	68
2.2 Вибір форм організації руху та заходи щодо підвищення швидкості сполучення міських автобусів	76
2.3 Скорочення витрат часу на пересування пасажирів містом та розрахунок потрібної кількості автобусів для різних режимів руху	84
2.4 Теоретичні основи перерозподілу автобусів по міській пасажирської транспортній системі в години «пік» та контролю за розкладом їх руху	97
2.5 Науково-методичні основи організації міських автобусних перевезень у рамках теорії масового обслуговування	107

2.6 Висновки до розділу 2	114
РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ ЗАСАДИ ПІДВИЩЕННЯ	
ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ МІСЬКИХ	
АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	
3.1 Ймовірнісний підхід щодо визначення оптимальної кількості резервних автобусів на маршруті	116
3.2 Теоретичні основи побудови імітаційної моделі щодо визначення оптимальної кількості резервних автобусів на маршруті	122
3.3 Практичні засади щодо побудови складових імітаційних моделей транспортного типу	127
3.4 Висновки до розділу 3	140
РОЗДІЛ 4 ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ РЕАЛІЗАЦІЇ НАУКОВИХ	
ДОСЛІДЖЕНЬ	
4.1 Удосконалення методики визначення попиту населення на перевезення міським громадським транспортом та Західної Європи	142
4.2 Побудова імітаційної моделі щодо визначення оптимальної кількості резервних автобусів на маршруті.....	144
4.3 Адекватність результатів дисертаційних досліджень	158
4.4 Висновки до розділу 4	164
ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ	165
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	168
ДОДАТОК А Порівняльні дані про роботу всіх видів громадянського транспорту м. Кривий Ріг за 2016 і 2017 роки	181
ДОДАТОК Б Розподіл пасажиропотоків по годинах доби та дальності поїздки на маршрутах ПП «Одіум-Престиж»	186
ДОДАТОК В Таблиця залежностей величин пасажиропотоків від часу доби у процентному виразі на маршрутах ПП «Одіум-Престиж»	190
ДОДАТОК Д Графіки залежностей величин пасажиропотоків від часу доби у процентному виразі на маршрутах ПП «Одіум-Престиж»	200
ДОДАТОК Е Характеристики і вихідні дані автобусних маршрутів ПП «Одіум-Престиж»	202
ДОДАТОК Ж Акти впровадження, свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір, тимчасове положення	208
ДОДАТОК И Список публікацій здобувача за темою дисертації та	218

відомості про апробацію результатів дисертації

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АТП – автотранспортне підприємство

АСДУ-А – автоматизована система диспетчерського управління автотранспортом

ВАТ – відкрите акціонерне підприємств

ГЗК – гірничо-збагачувальний комбінат

ДержавтотрансНДІпроект – державний автотранспортний проектний
науково-дослідний інститут

ж/м – жилий масив

ІСС – інтервал стаціонарного стану

КЗ – контрольні засоби

ЛТ – Логістик-транспорт

МММ – маршрутна мережа міста

МПТС – міська пасажирська транспортна система

ОКП – окремі контрольні пункти

ОМ – особливі моменти

ПДЗ – пункти диспетчерських засобів

ПДР – правила дорожнього руху

ПКП – пристрої контрольних пунктів

СМО – система масового обслуговування

СЕМ – соціально-етичний маркетинг

СІМ – система імітаційного моделювання

ТО – транспортна одиниця

ТЗ – транспортний засіб

ТММ – транспортна мережа міста

ЦДС – центральна диспетчерська служба

ВСТУП

Актуальність теми. Міський пасажирський транспорт відіграє значну роль в забезпеченні якості життя міського населення. Злагоджене зростання ефективності та якості роботи міського пасажирського транспорту дозволяє підвищити рівень задоволеності потреб у перевезенні пасажирів, зменшити транспортну напругу на міській пасажирській транспортній системі (МПТС), покращити екологічну ситуацію, зменшити аварійність на дорогах та кількість дорожньо-транспортних пригод (ДТП), забезпечити беззбиткову роботу транспортних підприємств.

Надання транспортних послуг передбачає належну їх якість, яка має відповідати вимогам, встановленим для цієї категорії продукції, й перебувати під постійним контролем та управлінням з боку міських державних адміністрацій. Проте якість перевезення пасажирів на міських маршрутах перебуває на неналежному рівні через недостатність наукового обґрунтування методів організації маршрутів і неможливості здійснення ефективного контролю якості.

Відповідно до стандарту ДСТУ ISO 9001: 2015 (ISO 9001: 2015, IDT) якість – це міра, в якій сукупність власних характеристик задовольняє вимоги. Під «якістю транспортного обслуговування пасажирів» розуміється сукупність властивостей транспортного процесу, що обумовлюють задоволеність потреб пасажирів у поїздках відповідно до встановлених нормативних вимог.

Державний класифікатор соціальних стандартів та нормативів, затверджений наказом Міністерства праці та соціальної політики України № 293 від 17.06.2002 р. передбачає такі норми якості транспортного обслуговування на автомобільному транспорті:

- 1) кількість пасажирів, що припадають на 1 кв. м вільної площі салону автобуса в години «пік» і в період спаду пасажиропотоків на міських маршрутах;
- 2) норми забезпечення міським пасажирським транспортом;
- 3) виконання запланованої кількості рейсів у всіх видах автобусного сполучення;
- 4) середні витрати часу населення

Контроль якості перевезення пасажирів є досить трудомістким та затратним процесом через недосконалість нормативних актів і методичних матеріалів, які

застосовуються у практиці автотранспортних підприємств та органів державного управління для оцінки організації роботи пасажирського автотранспорту.

Одним із вагомих чинників, який безпосередньо впливає на продуктивність і якість міських автобусних перевезень, є наявність у автотранспортних підприємств достатньої кількості *резервних* автобусів. Тому що недостатня кількість резервних автобусів призводить до створення черг на поповнення маршруту замість автобусів, що зійшли з лінії, що в свою чергу призводить до виникнення кратних інтервалів руху і збільшенню втрат часу пасажирів на очікування посадки в автобус. Іншою крайністю можуть бути непродуктивні простоя деякої кількості автобусів в резерві внаслідок відсутності потреби в них на даний момент часу. Якщо б цього не було, то використання даних автобусів на маршрутах привело б до зменшення витрат часу пасажирів на пересування.

Тому потрібні нові наукові підходи, які б давали можливість закладати основні показники якості в організацію маршрутів і контролювати їх, у разі порушення розкладу руху. Забезпеченню якості перевезення на маршруті повинна передувати така організація кожного маршруту міської пасажирської транспортної системи, який, в свою чергу, складається з раціонально організованих послідовних рейсів.

Теоретичні та методологічні основи організації раціональної роботи МПТС представлено в працях В.К. Долі, Л.Б. Міротіна, М.Г. Босняка, А.І. Воркут, В.П. Поліщука, П.Р. Левковця, О.С. Ігнатенка, Ю.С. Лігума, Є.Г. Логачова, В.С. Маруніча, Ю.П. Моспана, Й.В. Спіріна, А.Ф. Штанова, та інших дослідників. Особливістю сучасних МПТС є широкий розвиток маршрутних таксомоторних перевезень, які забезпечують поїздки пасажирів за умовами підвищеної комфортності при значно менших пасажиропотоках. Це особливо важливо в період спаду попиту на перевезення, коли їх доцільно здійснювати автобусами малого класу. Оскільки маршрутні перевезення виконуються в значній мірі паралельно з звичайними маршрутами автобусного, трамвайного і тролейбусного транспорту, то виникає необхідність оптимізувати таку маршрутну схему руху транспортних засобів. За цих умов проблема збалансованого і ефективного використання і розвитку МПТС набуває виключної актуальності, а її вирішення вимагає розробки і застосування сучасних підходів і методів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана згідно з «Концепцією розвитку транспортно-дорожнього комплексу України на середньостроковий період та до 2020 року», планів НДР Міністерства освіти і науки України за напрямом «Проблеми формування раціональних транспортних логістичних систем і забезпечення ефективного функціонування їх складових» в рамках госпдоговірної науково-дослідної роботи № 171 між Національним транспортним університетом і Приватним підприємством (ПП) «ОДІУМ–ПРЕСТИЖ» на тему «Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях» (09.2013–08.2016 рр., номер державної реєстрації 0114U003950).

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є підвищення продуктивності та якості міських автобусних перевезень за рахунок розробки і впровадження моделей, методів та програмного забезпечення процесу раціонального визначення оптимальної кількості резервних автобусів на маршруті.

Відповідно до поставленої мети визначено такі завдання:

1. Провести аналіз сучасних моделей та методів по удосконаленню організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом за критеріями продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів.
2. Удосконалити метод визначення попиту населення на перевезення міським громадським транспортом для підвищення продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів.
3. Розробити метод удосконалення організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом на основі визначення оптимальної кількості резервних автобусів на маршруті.
4. Розробити імітаційну модель визначення оптимальної кількості резервних автобусів для підвищення продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів.
5. Удосконалити метод організації перевезень пасажирів на маршрутах МПТС за критеріями продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів.
6. Провести апробацію розроблених моделей та методів по удосконаленню організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом за критеріями

продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів на автобусних маршрутах м. Кривий Ріг, які виконує ПП «ОДІУМ–ПРЕСТИЖ».

Об'єктом дослідження є процес автобусних пасажирських перевезень на міському громадському транспорті.

Предметом дослідження є закономірності організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом за критеріями продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів на автобусних маршрутах.

Методи дослідження.

У процесі дослідження використано комплекс взаємодоповнюючих загальнонаукових та спеціальних методів:

- аналіз МПТС дозволив виділити елемент системи – маршрут, на якому формується продуктивність міських автобусних перевезень та якість обслуговування пасажирів;

- синтез при відображенні організації рейсів маршруту за добу, у якій забезпечується якість перевезення пасажирів, дозволив визначити плановий розклад руху транспортної одиниці (ТО) певного маршруту;

- системний аналіз рейсу маршруту надає можливість встановити основні фактори, що впливають на якість перевезення, а саме: інтервал, що відокремлює даний рейс від попереднього рейсу; параметри пасажиропотоку всіх зупинок маршруту стосовно всіх діапазонів часу за добу; дані про кількість пасажирів стосовно кожної зупинки, що не змогли зробити посадку у ТО попереднього рейсу;

- на основі аналізу методів емпіричного дослідження пасажиропотоків зупинок автобусного маршруту обрано табличний метод і визначена його адаптація для зменшення затрат на збір, обробку та зберігання даних у базі даних;

- методи математичної статистики – використано для визначення необхідних значень параметрів пасажиропотоків і їх оцінки вбудованими засобами матричного процесору Excel;

- на основі аналізу методів теоретичного дослідження систем масового обслуговування (СМО) обрано метод системної динаміки — для вивчення поведінки у часі потоків ТО, для виявлення закономірностей та властивостей організаційних факторів та показників якості обслуговування пасажирів та для побудови імітаційної

моделі визначення оптимальної кількості *резервних* автобусів для підвищення продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів;

- математичне моделювання – для розробки математичних моделей якості обслуговування пасажирів на маршруті МПТС;

- імітаційне моделювання та комп'ютерний експеримент – для практичних розрахунків показників якості обслуговування пасажирів на маршруті МПТС та необхідних інтервалів руху для кожного з діапазонів часу доби;

- методи об'єктно-орієнтованого програмування для розробки програмного забезпечення на алгоритмічній мові Delphi імітаційної моделі визначення оптимальної кількості *резервних* автобусів для підвищення продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів.

Наукова новизна одержаних результатів. Основний науковий результат дисертаційного дослідження полягає в розвитку теоретичних і практичних аспектів організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом за критеріями продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів.

В роботі, в розвиток зазначеного напрямку, *вперше*:

- розроблено метод удосконалення організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом на основі визначення оптимальної кількості резервних автобусів, який відрізняється від існуючих тим, що відображає головні вимоги пасажирів до процесу перевезення, а саме їх втрати часу на очікування посадки в автобус;

- розроблена імітаційна модель визначення оптимальної кількості резервних автобусів для підвищення продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів, яка дозволяє шляхом використання спеціально побудованої програмної структури багаторазово прораховувати втрати часу пасажирів на очікування посадки в автобус в умовах динамічного зовнішнього середовища;

удосконалено:

- метод визначення попиту населення на перевезення міським громадським транспортом для підвищення продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів, який через спеціально побудовані процедури

підрахунку пасажирів дає об'єктивну інформацію щодо кожного рейсу і практично не призводить до значних помилок при визначенні основних характеристик рейсу;

– метод організації перевезень пасажирів на маршрутах МПТС за критеріями продуктивності міських автобусних перевезень та якості їх обслуговування, який не залежить від інтервалів руху на маршруті і дозволяє визначати на ньому необхідну добову кількість автобусів з відповідним розкладом для організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що запропоновану методику організації перевезень пасажирів на маршрутах МПТС за критеріями продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів було впроваджено в практичну діяльність ПП «ОДІУМ–ПРЕСТИЖ», а також при проведенні навчального процесу з магістрами спеціальності 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті) з дисципліни «Основи теорії транспортних процесів та систем» на кафедрі міжнародних перевезень та митного контролю Національного транспортного університету.

Також у якості практичних результатів проведених у дисертаційній роботі наукових досліджень отримані 2 свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір – комп'ютерної програми “Імітаційна модель роботи міських автобусів на маршруті” та літературного письмового твору науково-технічного характеру “Математична модель роботи міських автобусів на маршруті” (довідки про свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір наведені у Додатку Ж).

Головним практичним виходом дисертаційної роботи є «Тимчасове положення про формування та використання резерву автобусів на міських маршрутах м. Кривий Ріг», яке затверджено відділом транспорту і зв'язку виконкому Криворізької міської ради і буде дійсним до затвердження аналогічного документу Міністерством інфраструктури України (відповідні документи наведені у Додатку Ж).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є виконанням самостійно дослідженням, що має теоретичне і практичне значення для визначення ефективної та обґрунтованої організації роботи міських автобусних маршрутів з урахуванням продуктивності та якості обслуговування пасажирів на підприємствах пасажирського транспорту. Наукові результати, отримані в дисертації, ґрунтуються

на дослідженнях автора і відображають його внесок у розвиток автобусних пасажирських перевезень.

Внеском автора в роботу [1] є визначення шляхів підвищення безпеки перевезення пасажирів автомобільним транспортом у міжнародному сполученні. Здобувачем у роботі [2] проведені експериментальні розрахунки вартості автомобільних перевезень за допомогою вбудованих засобів матричного процесору Excel; у роботі [3] виконано системологічний аналіз проблеми, визначено основні напрямки дослідження, розроблено алгоритм удосконалення організації перевезень пасажирів у великих містах; у роботі [4] розроблено математичний інструментарій практичних розрахунків показників якості обслуговування пасажирів на маршруті МПТС на основі методу системної динаміки і встановлено алгоритм визначення раціональних інтервалів руху на маршруті, враховуючи добові коливання пасажиропотоків, при якому основні показники якості не порушуються; у роботі [5] проведено удосконалення окремих методів визначення оптимальних характеристик транспортних мереж, зокрема визначення найкоротшого шляху і максимальної пропускної здатності; здобувачем у роботі [6] розроблений і реалізований алгоритм імітації формування черги на посадку пасажирів в автобус; у роботі [9] представлені дані про виробничо-фінансову діяльність ПП «ОДІУМ–ПРЕСТИЖ» та наведена загальна характеристика транспортної мережі та автобусного сполучення в місті Кривий Ріг; у роботі [11] розглянуті питання можливого перерозподілу автобусів по міській автобусній мережі в години «пік», розкладу рейсів та його контролю, а також організації міських автобусних перевезень як системи масового обслуговування (СМО); у роботі [15] проведений аналіз сучасних моделей міського автобусного сполучення, зокрема три основні моделі поточкорозподілу пасажирів: ентропійна, дискретного вибору та Вебера-Фехнера; у роботі [16] розглянуті питання визначення оптимальної кількості *резервних* автобусів на маршруті, ймовірного підходу до визначення оптимальної кількості *резервних* автобусів на маршруті, структурі імітаційної моделі до визначення оптимальної кількості *резервних* автобусів на маршруті МПТС; у роботі [17] розроблений добовий цикл роботи автобусів на маршрут; у роботі [18] підготовлені статистичні дані роботи автобусів на маршруті за місячний період з метою перевірки математичної моделі на адекватність їх фізичної моделі; у роботі [20] представлений алгоритм

статистичного моделювання роботи міських автобусів, головним з параметрів якого є величина втрат часу пасажирів на очікування посадки в автобус. Роботи [8, 10, 12, 13, 14, 19]: є працями апробаційного характеру.

Апробація результатів дисертації. Основні теоретичні та практичні результати дисертаційного дослідження викладено в доповідях на:

– 70–73 Наукових конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету (м. Київ, Національний транспортний університет, 2014-2017 рр.);

– Всеукраїнської науково-практичної конференції «Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні» (м. Львів, Національний університет “Львівська політехніка”, 2015 р.);

– Міжнародної науково-практичної конференції «Стан, проблеми та перспективи вдосконалення економіки України» (м. Ужгород, Ужгородський національний університет, 2015 р.);

– VI Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні управляючі системи та технології » (м. Одеса, 2017 р.).

Публікації. По темі дисертаційної роботи опубліковано 21 наукова праця, із них: 6 статей у фахових виданнях (серед них одна зарубіжна, яка входить до міжнародної науково-метричної бази даних Scopus), 3 статті у інших періодичних виданнях, 7 тез доповідей на Всеукраїнських та Міжнародних наукових та науково–практичних конференціях, деякі науково-практичні результати дисертаційного дослідження увійшли у 3 звіти з НДР. По результатам науково-дослідницьких досліджень дисертаційної роботи одержано 2 свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотації, переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 108 найменувань та семи додатків. Повний обсяг дисертації складає 221 сторінку, з яких 167 сторінок основного тексту, 37 рисунків, 7 таблиць, 105 формул.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПЕРЕДУМОВ УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ У МІСТАХ

1.1 Оцінка стану організації автобусних перевезень пасажирів у великих містах

Транспортний сектор являється найважливішою складовою господарської системи країни, що впливає, як на розвиток економіки, так і на «добробут» населення. Подальше економічне зростання країни та підвищення якості життя населення потребує значного вдосконалення методів управління транспортним комплексом, ефективністю його функціонування. Ефективні транспортні системи не тільки забезпечують задоволення економічних та соціальних потреб в переміщенні товарів та робочої сили, але й сприяють розвитку цілого ряду секторів економіки, таких, як автомобілебудування, нафтопереробна, електронна та хімічні індустрії, дорожнє будівництво та інші. Для покращення роботи транспорту необхідним є підвищення показників якості та обсягів виконання транспортних послуг, оцінка та скорочення втрат суспільства від транспортної діяльності (забруднення навколишнього середовища, вплив на клімат, транспортні затримки у містах та на приміських магістралях, через недостатнє будівництво місць для паркування, організацію роботи міського пасажирського транспорту і т.п.). Питання, що постають, необхідно вирішувати, впроваджуючи нові підходи, в першу чергу, на шляху якісної організації роботи міського транспорту [22].

Проведемо аналіз статистичних даних роботи автомобільного транспорту України, які безпосередньо займаються пасажирськими перевезеннями, за останні сім років, тобто починаючи з 2010 року. Інформація підготовлена на підставі таких державних статистичних спостережень: "Діяльність підприємств та фізичних осіб-підприємців, які експлуатують автомобільний транспорт", "Діяльність підприємств міського електричного транспорту" [23-24].

На рисунках 1.1 та 1.2 представлені, відповідно, динаміка кількості пасажирів, які перевезені всіма видами транспорту (залізничним з урахуванням перевезень

міською електричкою, автомобільним, водним, авіаційним, трамваями, тролейбусами та метрополітенами) і пасажирооборот (сумарна кількість перевезених пасажирів на певну відстань, який обчислюється як добуток кількості перевезених пасажирів на відстань перевезення за кожною поїздкою (вимірюється в пасажиро-кілометрах), який здійснює транспорт України за період з 2010 по 2017 роки. За 2014 і 2017 роки дані представлені без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та частини зони проведення антитерористичної операції (Луганської та Донецької областей).



Рисунок 1.1 – Кількість перевезених пасажирів всіма видами транспорту України за період з 2010 по 2017 роки

Аналізуючи негативну динаміку даних рисунка 1.1, яка, в першу чергу, обумовлена тимчасово окупованими територіями, можна сказати, що обсяг перевезених пасажирів знизився за цей період на 32,19%. У другу чергу це зниження пов'язане з супутніми проведенню анти-терористичної операції моментами – спадом розвитку практично всіх галузей економіки.

На рисунку 1.2 пасажирооборот, який безпосередньо пов'язаний з кількістю перевезених пасажирів, також знизився на 23,43%. Причини цього зниження повністю збігаються з перерахованими вище.



Рисунок 1.2 – Пасажирооборот, який виконаний всіма видами транспорту України за період з 2010 по 2017 роки

Тепер представимо аналогічний аналіз за той же самий період часу рівня пасажирських перевезень в місті Кривий Ріг. На рисунку 1.3 представлені дані про кількість перевезених пасажирів всіма видами громадського транспорту (автобусами, тролейбусами, трамваями та швидкісними трамваями) у місті Кривий Ріг за період з 2010 по 2017 роки [25-27].

Лідерство тут займають перевезення автобусами (маршрутними таксі), далі слідує, відповідно, швидкісний трамвай, трамвайний і тролейбусний види транспорту. Проведена апроксимація поліноміальною функцією четвертого порядку даних про перевезених автомобільним транспортом пасажирів дала високу величину достовірності ($R^2 = 0,9607$), а лінія тренду явно спрямована на збільшення.

На рисунку 1.4 представлені дані про пасажирооборот, який виконаний всіма видами громадського транспорту у м. Кривий Ріг за період з 2010 по 2017 роки. Результати аналізу цього показника виробничої діяльності підприємств автомобільного транспорту повністю збігається з результатами попереднього аналізу кількості перевезених пасажирів.



Рисунок 1.3 – Кількість перевезених пасажирів всіма видами громадського транспорту у м. Кривий Ріг за період з 2010 по 2017 роки

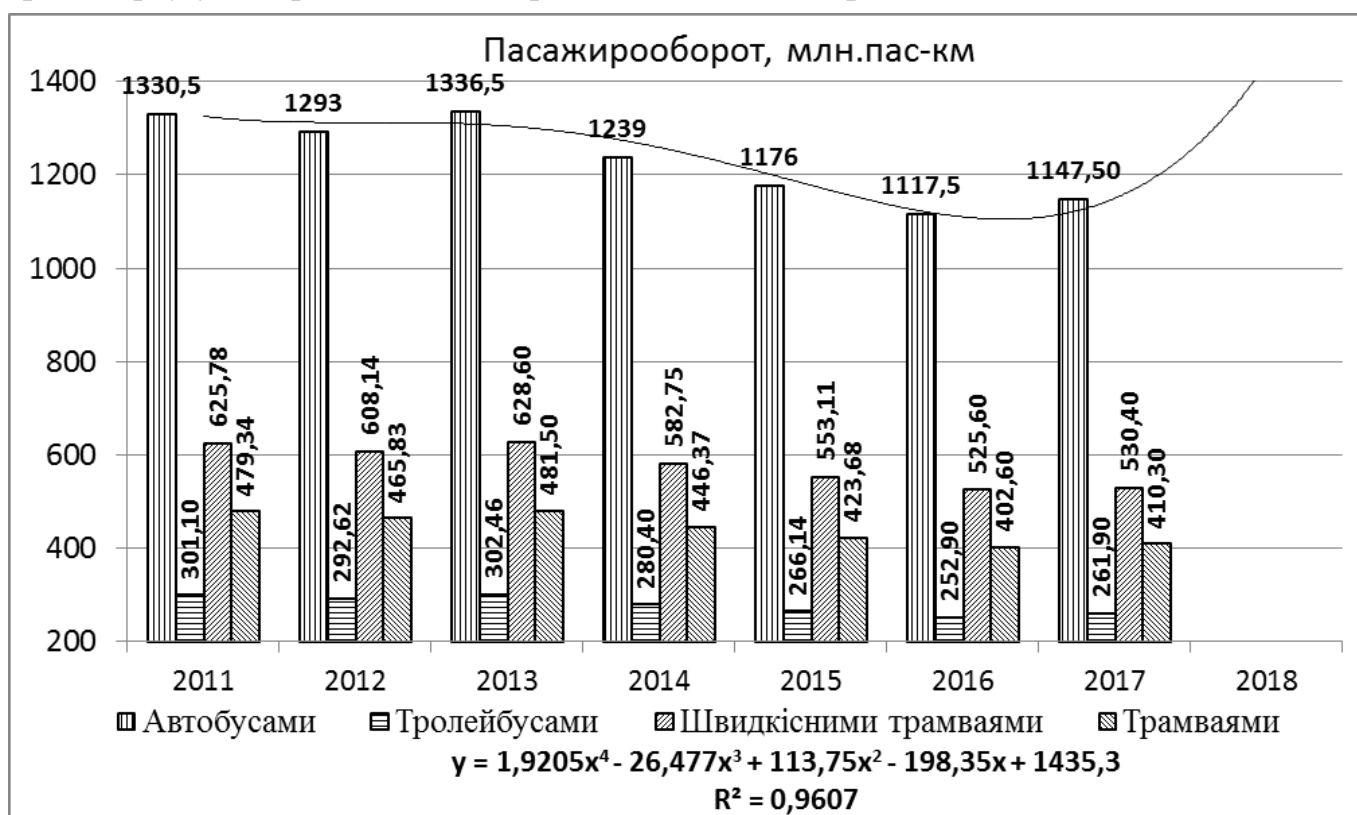


Рисунок 1.4 – Пасажи́рооборот, який виконаний всіма видами громадського транспорту у м. Кривий Ріг за період з 2010 по 2017 роки

У додатку А до дисертаційної роботи представлені порівняльні дані про роботу всіх видів громадянського транспорту міста Кривий Ріг за звітний період 2016 і 2017 років [25-27]. У цих даних простежується явна тенденція на зростаючий попит на пасажирські перевезення в великих містах.

Теорія пасажирських перевезень, не зважаючи на велику актуальність поставлених перед нею задач, до цього часу перебуває в стадії формування. Це пояснюється великою складністю досліджень транспортних проблем, які є глибоко соціальні в своїй основі. Розвиток теорії міських пасажирських перевезень заснований на поєднанні різних галузей знань – техніки, економіки, містобудування, соціології, економічної географії, маркетингу та ін.

Основні етапи наукових розробок в галузі пасажирських перевезень базуються на використанні математичного моделювання, теорії масового обслуговування, статистичного та соціального аналізів, теорії графів, кібернетики та інших наук [28, 29]. Вирішення питань транспортного забезпечення населення поділяється на два напрями: проектування міських транспортних мереж та організація руху міського транспорту [30].

В умовах вже існуючої транспортної мережі на якість та досконалість автобусних перевезень мають суттєвий вплив багато факторів. Окрім самої організації пасажирських перевезень, дуже важливим для них є технічне забезпечення оптимальним рухомим складом як за наявністю сучасних типів і моделей автобусів, так і за їх співвідношенням в загальній кількості, а також наявного сервісного обслуговування. В сучасний період це питання набуло гостроти через економічні складності роботи АТП. Неможливо обминути і значення регулярності та безпеки руху автобусів, економічної витрати паливних ресурсів. В групу соціальних факторів входять правильне забезпечення надійності водіїв з точки зору високої виробничої дисципліни, уважного обслуговування пасажирів, дотримання належного технічного стану та довговічності автобусів.

Транспорт в місті відіграє роль, подібну до кровоносної системи живого організму. Він забезпечує можливість життєдіяльності міста як цілісної системи з його адміністративними, культурними, виробничими та іншими функціями. В міру

зростання міст підвищуються і вимоги до транспорту та його екологічної безпеки. Такими вимогами стимулюється розвиток нових технічних засобів міського транспорту. Не зважаючи на це, досі зберігається розрив між потенціальними можливостями засобів міського транспорту та їх реальним використанням. Наприклад, сучасний легковий автомобіль або автобус реалізують свої швидкісні можливості у великому місті часом на 10...20%, а експлуатаційна швидкість сполучення на міських автобусних маршрутах іноді коливається від 13 до 18 км/год. До деякого часу уявлялось можливим вирішувати транспортні проблеми міст удосконаленням рухомого складу. В даний період цей напрям уже не дає високого ефекту, а тому назріла актуальність подальшого розвитку теорії організації руху засобів транспорту міською мережею. Взагалі, необхідно створити такі системи організації руху, які забезпечували б в перспективі максимальну якість пасажирських перевезень за умови зниження витрати транспортного часу пасажирями, мінімальної собівартості перевезень, комфорту і високої безпеки руху [31, 32]. Крім того, на автобусних перевезеннях мають бути стійке забезпечені рівномірність та частота обороту рухомого складу, бо ці фактори безпосередньо впливають на час очікування транспорту.

В даний момент існує ряд напрямів наукової думки відносно вибору показників для оцінювання рівня організації перевезень. Під рівнем організації перевезень слід розуміти задоволення пасажиропотоку в просторі та часі при заданій комфортності та певному рівні собівартості.

В попередні роки багато авторів [33-35] неодноразово приймали головним показником рівня організації перевезень час пересування пасажирів, год:

$$t = \frac{2 \cdot L_3}{V_n} + \frac{I}{2} + \frac{L}{V_e} + t_{nep}, \quad (1.1)$$

де: $2 \cdot L_3$ – відстань від місця проживання (роботи) до зупинки, км;

V_n – швидкість пішохода, км/год;

I – інтервал руху автобуса, год;

L – дальність поїздки пасажирів, км;

V_e – експлуатаційна швидкість автобуса, км/год;

t_{nep} – час на пересадку, хв.

Слід вказати на те, що час на поїздку пасажирів не дозволяє зробити висновок про рівень організації використання рухомого складу, бо він не охоплює ні комфортності, ні собівартості перевезень та безпеку пасажирів. Відомо, що від комфортності поїздок залежить транспортна втома, а звідси і продуктивність праці людей. Отже вираз (1.1) не відповідає усім вимогам якісної організації пасажирських перевезень.

Значущість для пасажирів параметрів якості транспортного обслуговування міським транспортом визначалася на підставі даних натурного обстеження. Воно полягало в опитуванні пасажирів щодо параметрів перевезення, якими вони оцінюють якість виконання пересування. При цьому пасажирів повинні були оцінити ці параметри за значущістю [36]. Загалом пасажирами було виділено шістнадцять показників (факторів). Для оцінки узгодженості думок експертів було використано коефіцієнт конкордації Кендела, а для перевірки статистичної ваги коефіцієнта конкордації було розраховано емпіричне значення критерію Пірсона.

Коефіцієнт конкордації Кендела характеризує ступінь погодженості суджень дослідників (експертів) по всім напрямкам (факторам, параметрам, показникам) і дорівнює наступному значенню:

$$W = \frac{12 \cdot \sum_{j=1}^n d_j^2}{(m^2 \cdot (n^3 - n) - m \cdot \sum_{i=1}^m T_i)}, \quad (1.2)$$

де n – кількість факторів;
 m – кількість експертів;
 d_j – відхилення суми рангів від середньої суми;
 T_i – результати проміжних розрахунків;

$$d_j = S_j - \frac{\sum_{j=1}^n S_j}{n}, \quad (1.3)$$

де S_j – сума рангів;

$$S_j = \sum_{i=1}^m R_{ij} \quad , \quad (1.4)$$

де R_{ij} – матриця оцінок факторів експертами.

Результати проміжних розрахунків визначаються наступною формулою, а саме:

$$T_i = \sum_{l=1}^L (t_l^3 - t_l) \quad , \quad (1.5)$$

де L – кількість груп зв'язаних (однакових) рангів;

t_l – кількість зв'язаних рангів в кожній групі.

Коефіцієнт конкордації приймає значення від 0 до 1. Чим більше значення коефіцієнта конкордації, тим більший ступінь узгодженості думок експертів. При $W = 1$ є повна узгодженість думок експертів; якщо $W = 0$, то узгодженість практично відсутня.

Одні й ті ж самі проміжні величини можуть мати різну значущість залежно від m і n . Випадкова величина W при $n > 7$ підлягає χ^2 – розподілу, а отже гіпотезу про наявність згоди експертів можна перевіряти за допомогою критерію Пірсона:

$$\chi_p^2 = \frac{12 \cdot \sum_{j=1}^n d_j^2}{(m \cdot n \cdot (n+1) - \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^m T_i)} \quad . \quad (1.6)$$

Якщо χ_p^2 більше, ніж табличне χ_{kp}^2 при числі ступенів вільності $n - 1$, то коефіцієнт конкордації W вважається значущим.

При оцінці узгодженості думок експертів важливо визначити, в якій мірі кожний експерт впливає на узагальнену узгодженість групи. Для цього послідовно з розрахунків виключається один експерт та обчислюється коефіцієнт конкордації без врахування думок виключеного експерта. Виключати з розрахунків окремих експертів, що мають оригінальну точку зору, необхідно з великою обережністю. В

процесі багатотурової експертизи можливі випадки, коли такі експерти повернуть на свій бік значну частину групи.

Було виявлено, що при оцінці якості міського пасажирського транспорту для пасажирів у першу чергу важливим є *час поїздки*. Другим за значущістю чинником є *час очікування транспортного засобу (ТЗ)*. Менш значущими виявилися показники: *час пішохідного руху до зупинного пункту*, *місткість*, поїздка без пересадки, комфортабельність, наповнюваність, безпека руху, зовнішній вигляд ТЗ та чистота салону, час простою на проміжних зупинках, культура обслуговування, зручність висадки-посадки, технічне обладнання ТЗ, наявність альтернативних способів пересування, наявність пілг та екологічність ТЗ.

Для оцінки якості транспортного обслуговування пасажирів з шістнадцяти факторів було відібрано чотири основних показники, які можна використовувати при плануванні якості проектів міського пасажирського транспорту: час поїздки; час очікування транспорту; час пішохідної складової транспортних пересувань, який включає час підходу до початкової та відходу від кінцевої зупинок; динамічний коефіцієнт використання місткості ТЗ.

Врахування ступеня значущості для пасажирів визначених параметрів проводилося з використанням величини їх рангів [37]. Допускаючи, що максимальне значення коефіцієнта якості дорівнює одиниці, було розраховано відповідні коефіцієнти вагомості одиничних показників якості при виконанні маршрутної поїздки:

- час поїздки $x_n = 0,465$;
- час очікування ТЗ $x_{оч} = 0,262$;
- час пішохідного руху до зупинки $x_{ни} = 0,137$;
- динамічний коефіцієнт використання місткості ТЗ $x_{вм} = 0,136$.

Внаслідок цього, комплексний показник якості міського пасажирського транспорту може мати такий вигляд:

$$K_{я}^{марш} = \frac{t_{n_{\min}}^{x_n}}{t_{n_{\phi}}} \cdot \frac{t_{оч_{\min}}^{x_{оч}}}{t_{оч_{\phi}}} \cdot \frac{t_{ни_{\min}}^{x_{ни}}}{t_{ни_{\phi}}} \cdot \frac{\gamma_{днорм}^{x_{вм}}}{\gamma_{д\phi}}, \quad (1.7)$$

де $t_{n_{min}}$ – мінімально можливий час поїздки, хв;
 $t_{n_{\phi}}$ – фактичний час поїздки, хв;
 $t_{oc_{min}}$ – мінімальний час очікування, хв;
 $t_{oc_{\phi}}$ – фактичний час очікування, хв;
 $t_{nu_{min}}$ – мінімальний час пішохідної складової транспортного пересування, хв;
 $t_{nu_{\phi}}$ – фактичний час пішохідної складової транспортного пересування, хв;
 $\gamma_{\partial_{норм}}$ – динамічний коефіцієнт використання місткості ТЗ у відповідності з чисельністю міста (нормативний);
 $\gamma_{\partial_{\phi}}$ – фактичний динамічний коефіцієнт використання місткості ТЗ.

Фактичний динамічний коефіцієнт використання місткості ТЗ $\gamma_{\partial_{\phi}}$ розраховується за наступною формулою:

$$\gamma_{\partial_{\phi}} = \frac{P_p}{q_n \cdot L_m}, \quad (1.8)$$

де P_p – обсяг виконаної транспортної роботи за рейс, пас.·км;
 q_n – номінальна пасажиромісткість автобуса, пас;
 L_m – довжина маршруту, км;

$$P_p = \sum_{i=1}^n H_i \cdot l_i, \quad (1.9)$$

де l_i – довжина i -го з n перегонів, км;

$$H_i = H_{i-1} + Z_i - B_i,$$

де H_{i-1} – потужність пасажиропотоку на попередньому перегоні, пас.;
 Z_i, B_i – відповідно кількість пасажирів, які зайшли й вийшли на початку перегону, пас.

Автори роботи [5, 38] пропонують оцінювати організацію пасажирських перевезень за допомогою категорії комфорту. Такою категорією приймають сумарний ефект впливу окремих ознак, а саме характеристик впливу комфорту на

фізичний та психологічний стан пасажирів в процесі їх пересування в транспортній системі. Зокрема при транспортно-соціологічних дослідженнях в містах Європи було визначено багато ознак комфорту, з яких відмічені лише вісім таких, які гарантують дотримання часу, що передбачається на поїздку і очікування транспорту, проїзд без пересадки, тиша в транспорті, наявність місця для сидіння, уникнення наслідків несприятливої погоди, невелика відстань до зупинки, мікроклімат в салоні. Вищенаведена характеристика автобусного сполучення, визначена як комфортність пересування, не є кількісною і враховує інтереси лише однієї сторони, а саме пасажирів.

Досить поширена оцінка рівня організації перевезень за допомогою декількох кількісних показників: часу поїздки, часу на пересадку, часу на очікування, часу щоб підійти до зупинки, загального часу на пересування. Проте такі показники, відповідаючи потребам пасажирів, не задовольняють інтереси власників транспортних засобів. Час, витрачений на поїздку, не дозволяє зробити висновок про те, чи повністю забезпечені якісні умови поїздки, бо це можливо оцінити лише тоді, коли відома та врахована відстань поїздки. Звичайно, розділивши відстань поїздки на час її здійснення і одержавши величину швидкості сполучення, в деякій мірі, можна частково судити про якість процесу поїздки. Але вона ще не враховує всього часу, потрібного для пересування пасажирів. Цей час залежить від відстані до зупинки, часу очікування та часу, що витрачається на пересадку.

На час поїздки пасажирів безпосередньо в автобусі впливає його експлуатаційна швидкість, яка, в свою чергу, залежить від цілої низки об'єктивних та суб'єктивних факторів. Найважливішими з них є відстань між зупинками, час простою на зупинках, щільність руху. Час простою на зупинках залежить як від кількості пасажирів, так і від ширини, кількості та розміщення дверей у автобусі, що є його важливою технічною характеристикою. Також важливим фактором при цьому залишається інтервал руху автобусів на маршруті.

Вкладаючи кошти в перевезення, можна значно зменшити час на пересування збільшенням кількості автобусів на маршруті (зменшується час на очікування), а також виділяти реверсні смуги для автобусів (збільшується швидкість). Але такий

підхід потребує великих капітальних вкладень, отже він є не оптимальним. Таким чином, наведені вище показники поки що не дозволяють зробити висновок про фактично досягнутий рівень організації роботи автобусів.

1.2 Аналіз моделей міського автобусного сполучення

Транспортний процес міських автобусних перевезень залежить від досконалості маршрутної мережі міста (МММ) і стану організації та управління безпосереднім переміщенням нею задіяного рухомого складу. Критичний огляд деяких робіт [39] показав, що моделі міських пасажирських перевезень мають однакову організаційну структуру і складаються з моделей маршрутної мережі, транспортної мережі міста, пасажирських кореспонденцій та їх розподілу по маршрутах в місті. Переважно, математичне моделювання міських пасажирських перевезень здійснюється з метою прогнозування пасажиропотоків транспортною мережею міста (ТММ). Поліпшенню організації та підвищенню ефективності використання автобусів присвячені наукові дослідження, результати яких представлені в багатьох роботах, проте вони мають часто принципово різні моделі перевізного процесу. На наш погляд, досить ґрунтовний аналіз різних моделей міських перевезень наведено в роботі [15, 28]. В результаті моделювання автор приходить до висновку, що найбільш виразних результатів моделювання перевезень пасажирів в місті можливо досягти на основі використання матриці міжрайонних кореспонденцій за допомогою анкетного методу. При цьому модель транспортної мережі повинна описуватись множиною зав'язків між суміжними мікрорайонами міста, а модель маршрутної мережі - множиною видів транспорту. Маршрути міського транспорту, які зв'язують між собою мікрорайони міста, можуть бути представлені у вигляді двох ланцюжків, що описують прямий та зворотній напрямки. Недолік такого методу моделювання полягає в його складності та малій імовірності одержати потрібну інформацію за допомогою анкет.

Значно меншої кількості розрахунків потребує модель, яка відома з роботи [40]. Автор пропонує перехід від міжрайонної матриці до матриці між зупинками і, виходячи з цього, будувати маршрутну та транспортну моделі. Недоліком такої

моделі є те, що автор передбачає її побудову лише за маятниковими маршрутами. Крім цього, в умовах ринкових відносин можуть бути різними тарифи на перевезення, чого не враховує така модель.

При моделюванні маршрутної мережі іноді приймають гіпотезу поведінки пасажирів при виборі шляху сполучення [39]. Такий підхід неможливо визнати достатньо коректним, тому що в даному випадку мінімізація часу переміщення кожним пасажиром веде до загального мінімуму часу пересування в транспортному засобі. Подібна тотожність результатів індивідуальної та системної оптимізації можлива тільки в тому випадку, коли час руху на маршрутній мережі не залежить від величини потоків на маршрутах. Пасажири, що прагнуть мінімізувати час пересування та його вартість, орієнтуються на реальні значення потоків та вартість проїзду і на основі цієї апіорної інформації обирають шлях переміщення. Процес вибору маршруту здійснюється усіма учасниками руху і веде до рівноважного потоку, що базується на принципі Вардропа. Згідно йому здатні до самоорганізації потоки прагнуть так розподілитися по маршрутній мережі, щоб досягти положення, в якому жоден пасажир не може зменшити витрати на свою поїздку в результаті зміни маршруту. З принципу Вардропа витікає методологічно важливий висновок про те, що сукупність індивідуальних оптимумів не узгоджується з загальносистемною метою оптимізації транспортної роботи автобусів. Зараз існують три основні моделі потоку розподілу пасажирів: ентропійна, дискретного вибору та Вебера-Фехнера.

Ентропійні моделі потребують знання внутрішньої структури і ґрунтуються на знанні ентропії системи [41]. В міських автобусних перевезеннях неможливо виділити знання всіх показників. Це основний недолік даної моделі, з причини якого цей метод в даний час не застосовується на практиці.

Моделі дискретного вибору розглядають обирання шляху переміщення на підставі витрат часу пасажирів. Деякі моделі навіть передбачають корегування залежно від завантаженості альтернативних шляхів. Недоліком такого методу є відсутність залежності імовірності поїздки від її вартості. Результати ряду досліджень [41] підтверджують, що шлях пересування пасажирів не залежить від

вартості поїздки. Для умов ринкових відносин, за наявності конкуренції між різними формами власників транспортних засобів, а також різної комфортності і вартості поїздки, такий метод моделювання просто неприйнятний.

Моделі Вебера-Фехнера припускають різні за змістом показники оцінки, що є їх позитивною стороною. Негативною ознакою таких моделей є необхідність проведення регресійного аналізу значної кількості даних з метою визначення коефіцієнтів вагомості кожного показника. В роботі [42] для оцінки функціонування транспортної мережі прийнято декілька кількісних критеріїв, які дозволяють оптимізувати безпосередньо існуючу транспорту мережу в умовах заданої організації перевезень.

Здійснений аналіз різних моделей щодо удосконалення міських пасажирських перевезень показує, що вони не мають комплексного системного підходу і не охоплюють багатьох факторів, які впливають на рівень організації перевезень [8]. Це пояснюється в першу чергу тим, що теоретичні розробки з питань удосконалення роботи автобусів у містах виконувались в умовах монополії держави на транспортні засоби та тарифи перевезень. Внаслідок сучасної жорсткої конкуренції між різними формами власності транспортних засобів існуючі моделі міських пасажирських перевезень не можуть бути використані без їх суттєвих змін. Крім цього, підвищувати рівень пасажирських міських перевезень за наявності економічної кризи та жорсткої конкуренції потрібно не єдиним шляхом оптимізації одного або декількох параметрів, але, в основному, комплексним удосконаленням усіх систем та параметрів, які впливають на транспортний процес. Особливістю поліпшення якості експлуатації автобусів в АТП державного та приватного секторів є необхідність його здійснення без суттєвих капітальних вкладень, що особливо відчутно в сучасний період.

1.3 Аналіз методів використання автобусів на транспортній мережі міста

Порівняння різних напрямів підвищення якості експлуатації автобусів у великих містах підтвердило, що застосовані методи досі ще не стали комплексною системою. Провідне місце серед них займають засоби удосконалення маршрутизації

перевезень. Їх аналіз показав, що вони поділяються на дві основні групи, а саме – проектування нових та корегування існуючих мереж. В тому та іншому випадках для оцінки маршрутної мережі приймається час на пересування пасажирів.

Окрема частина наукових праць спрямована на раціональний розподіл рухомого складу по маршрутах. Автор роботи [43] виклав модель розподілу прямо пропорційне до обсягу перевезень. В інших роботах [42] пропонують моделі розподілу рухомого складу між маршрутами пропорційне або відповідно значенню максимального пасажиропотоку, або обсягу транспортної роботи на маршрутах, а також прямо пропорційне часу очікування поїздки. Відома модель зрівнювання ймовірностей відмови пасажирів у поїзді. Недолік усіх цих моделей полягає в суттєвій неточності, тому що вони містять багато припущень, які не піддаються кількісній оцінці. Не зважаючи на велику кількість методик розподілу рухомого складу на маршрутах, до цього часу з них ще не визначена найбільш ефективна методика, яка була б прийнятна для великих міст-конгломератів та до ринкових умов.

Важливою основою оптимальної організації роботи автобусів в мережі міста є точне визначення пасажиропотоку, його розподілу в просторі та часі. В свою чергу, від точності визначення пасажиропотоків залежить той достатній рівень організації роботи автобусів у містах та населених пунктах, на якому будуть забезпечені перевезення пасажирів в просторі та часі із заданою комфортністю та мінімальними витратами на перевезення одного пасажирів. Безпосередньо організація роботи автобусів на маршрутах полягає у таких заходах як вибір оптимальних форм руху та відповідного їм типу рухомого складу, його розподілу на маршрутах по годинах доби, оперативне переміщення транспортних засобів з одного на інший маршрут, складання гнучкого розкладу руху.

Ряд авторів [42] оцінюють організацію роботи транспорту кількома категоріями. Основними з них є витрати часу на пересування, безпека руху (кількість ДТП), комфорт поза транспортними засобами в часі та просторі, а також безпосередньо в транспортних засобах.

Категорія витрат часу на пересування пасажирів є кількісною і може бути охарактеризована одним критерієм, а точніше відношенням загального для міста

середнього часу на пересування (t_s) до фактичного часу пересування (t_f). Цю категорію можна охарактеризувати і різницею між t_s та t_f . Категорію безпеки руху або кількість ДТП пропонували оцінювати питомими показниками за кількістю випадків з смертельними випадками та тяжкими пораненнями. Решта категорій не піддається кількісному визначенню. Отже і такий підхід до оцінки рівня перевезень не є достатнім, а крім того, він не пов'язаний з економічними показниками.

Для організації перевезень велике значення мають дані про тенденцію змін обсягів перевезень та середньої дальності поїздки на окремих маршрутах і відомості про закономірність їх коливання. Формування пасажиропотоків це складне соціально-економічне явище з всебічними кількісними зв'язками, які залежать від конкретних умов розташування маршрутів. Пасажиропотоки, як і усі економічні явища, змінюються в часі та просторі і тому бувають представлені у вигляді трьох компонентів: еволюції дії, періодичної зміни явища, випадкового коливання [39, 42]. Виходячи з цього, дані про величини характеристик пасажиропотоків є інтервальними (враховані дані) та моментними (дані обстежень пасажиропотоків) рядами. Тому автором [41] визначена еволюція пасажиропотоків як відношення чисельних характеристик пасажиропотоків у звітному та базовому періодах відповідно (у відсотках).

В роботі [42] закономірності зміни пасажиропотоків запропоновано описувати за допомогою рівняння тренду – аналітичного вирівнювання. Для знаходження параметрів аналітичних функцій вирішуються відповідні системи нормативних рівнянь. Недоліком цього методу є неточність та складність розрахунків.

На пасажирському маршрутному транспорті розрізняють дві основні форми сполучення: звичайну та комбіновану. Звичайна форма - це рух автобусів на маршруті з умовою їх зупинки на усіх зупинкових пунктах, а комбінована форма – є поєднанням звичайної форми з швидкісною, експресною чи скороченою.

Визначення комбінованої форми руху полягає у дослідженні розподілу пасажиропотоків та пасажирообміну зупинкових пунктів і пошуках такого їх розподілу, який виправдовує з економічної точки зору встановлення різних форм руху. Ці форми руху були відомі давно, але реалізувати їх було можливо лише за допомогою картограмного методу, недолік якого полягає у великій трудомісткості

та неточності. Ряд авторів спробували здійснити метод реалізації цих форм сполучення на електронно-обчислювальних машинах (ЕОМ) [2, 6]. Зміст цих методик полягає у перебиранні усіх можливих форм та їх поєднання. В ролі критерію автори використовували підвищення якості транспортного обслуговування без збільшення собівартості перевезень. Основним недоліком цих робіт були великі витрати на підготовчі і розрахункові роботи та складність методики, через що цей метод в АТП ніколи не використовувався. В даний час відомі і інші методики для встановлення різних форм руху автобусів на маршрутах, проте в них критерієм приймається час на пересування пасажирів без урахування собівартості. Звичайно, що в умовах економічної кризи такий підхід не може поширитися на практиці.

Автор роботи [30] запропонував для вибору форм руху принцип максимізації пасажиропотоку на маршруті. Недоліком такого методу є велика неточність, бо вона допускає спрощені процедури визначення пасажиропотоків. Відомо, що пасажиропотоки не є сталою величиною. Вони увесь час замінюються в просторі та часі і залежать від великої кількості факторів впливу (дня тижня, пори року, географічного стану міста, соціального та економічного становища населення, погоди, часу дня і т.п.). Жодна із запропонованих методик не визначає обсягу вибірки та часу обстежень і не дає відповіді на імовірну достовірність визначення реального пасажиропотоку. Крім цього, вищезгадані методи організації перевезень пасажирів на міських маршрутах не пропонують заходи для їх розгалуження. До цього часу ще немає методики, яка б розглядала вплив комплексу факторів на рівень організації та попередню оптимізацію кожного з параметрів пасажиропотоку. В зв'язку з переходом АТП до роботи в умовах ринку з жорсткою конкуренцією між різними формами власності розглянуті методики, а також попередні нормативні та довідкові видання не відповідають, в значній мірі, вимогам часу через те, що в них не враховані економічні та соціальні фактори нових економічних відносин. Актуальні питання, тісно пов'язані з впливом різних обставин на сучасний стан автомобільних перевезень в Україні, поставлені у ряді наукових публікацій останніх років [30, 44].

При визначенні напрямів досліджень в даній роботі приймалися до уваги недостатньо враховані у попередніх розробках такі суттєво специфічні, об'єктивні

особливості, якими визначаються автобусні перевезення у великих містах-конгломератах. При цьому слід підкреслити важливе значення комплексного підходу до їх вивчення. Для цього відповідним новим критерієм організації автобусного сполучення бажано охопити більш значну кількість діючих кількісних та якісних чинників. До них відносяться такі як наявність великої довжини найбільш навантажених пасажирами маршрутів, години "пік" на них, нерівномірне розміщення зупинок, складність дотримання погодинних графіків руху автобусів і контролю на маршруті, а також поява нових складових витрат на перевезення.

Для даного дослідження доцільно скористатися сучасними основами теорії логістики [45] та їх застосуванням до вирішення транспортних задач. Як наприклад, в літературних джерелах [46] наведено досвід застосування існуючих програм JIT (just-in-time), що використовуються багатьма зарубіжними підприємствами для оптимального вибору транспортних фірм, залучених до регулярних перевезень, пов'язаних з поставками сировини, комплектуючих виробів та вивозу готової продукції споживачам. Зважений вибір, здійснений за критеріями цих програм, покращував транспортне обслуговування і задовольняв підвищені вимоги стандартів щодо його надійності. При цьому вносилися корективи відносно збільшення, а частіше скорочення загальної кількості залучених транспортних фірм або їх заміни. Що стосується транспортних витрат, то вони знизилися у одній третини обстежених підприємств, а у решти - двох третин (майже порівну) або не змінилися або зросли. Разом з цим більшість з них визначили, що загальні логістичні витрати можна скорочувати зменшенням складських запасів і витрат на управління ними та завдяки зростаючій продуктивності. Таким чином, найвагоміші фінансові переваги нерідко виявляються саме від нетранспортної сфери. На цій підставі недостатньо розглядати транспортні витрати тільки під кутом зору їх скорочення, бо ця міра іноді має негативний вплив на роботу усієї транспортної системи. Враховуючи вищесказане, при удосконаленні міських автобусних перевезень разом із зниженням загальних витрат АТП, доцільно дослідити ефективність інших організаційних засобів. Зокрема, потребують аналізу та підвищення рівня функціонування ряд головних напрямів діяльності автотранспортних підприємств.

Досягнутий рівень використання автобусів у великих містах залежить від багатьох ланок організації транспортного процесу перевезень. Щоб здійснити аналіз, першочергово необхідно ґрунтовно вивчити існуючий розподіл пасажиропотоків по маршрутах по годинах доби, за довжиною маршрутів, визначити середню відстань поїздки та середній час пересування пасажирів.

На ефективність роботи рухомого складу в міській мережі можуть одночасно впливати декілька напрямів організації автобусних перевезень пасажирів (див. рис. 1.5).

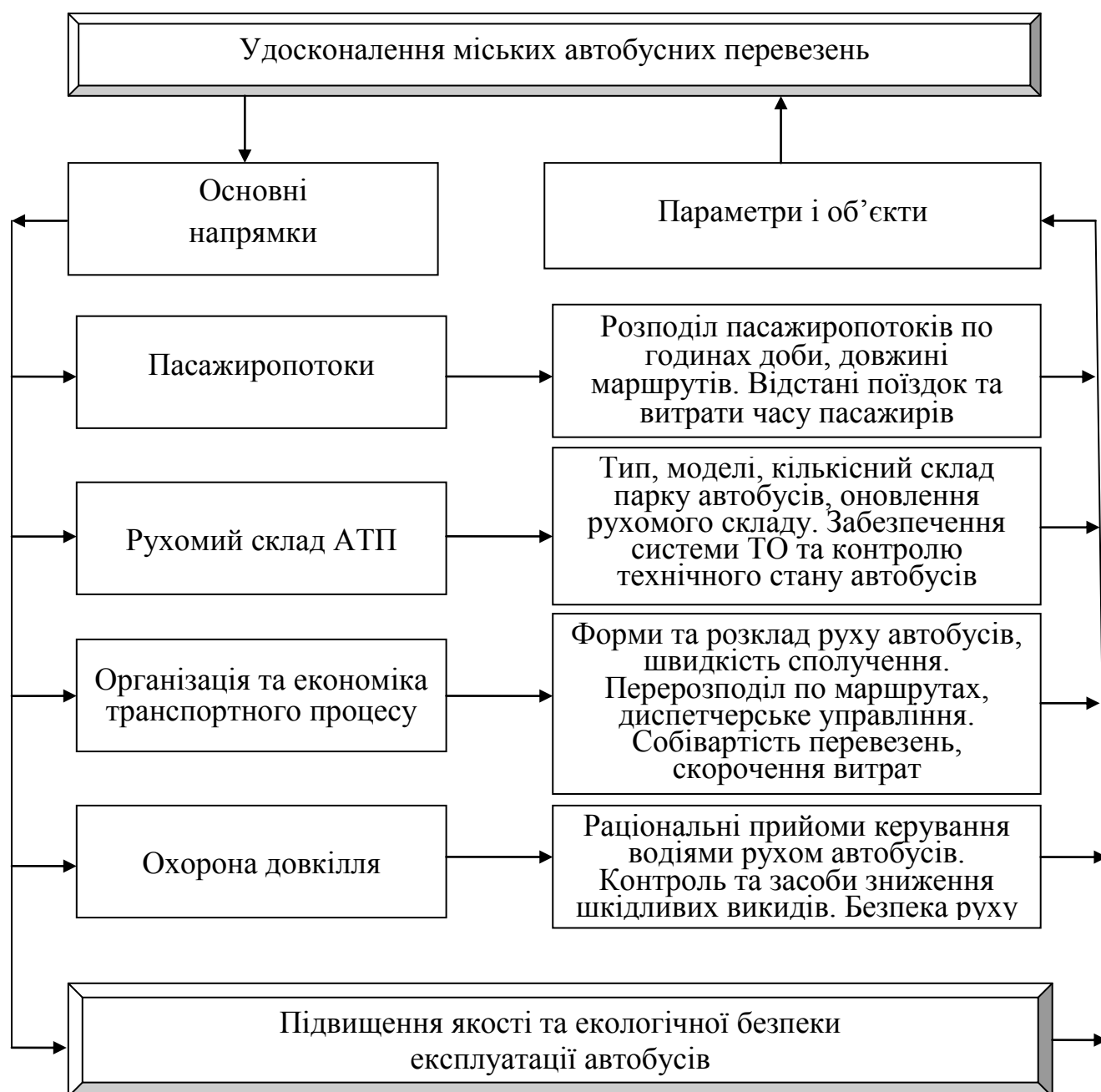


Рисунок 1.5 – Основні напрямки удосконалення міських автобусних перевезень

Як показано на схемі рис. 1.5, за такими напрямками доцільно систематизувати відповідні методи і заходи, якими забезпечується підвищення якості та екологічної безпеки експлуатації автобусів в містах [7]. Відповідно до схеми рис. 1.5 безумовно слід вказати на велике значення раціонального формування рухомого складу за типом, моделями і кількістю автобусів при вдосконаленій технології їх використання. Підвищена ефективність роботи автобусного парку буде досягнуто поліпшенням графіків руху, комплектацією одного маршруту автобусами великої, середньої та малої місткості (в оптимальному співвідношенні), узгодженістю роботи між представниками різних форм власності, розвитком комп'ютерної інформаційної системи. Окрім того, потребують вирішення тарифні та пільгові питання і удосконалення усієї маршрутної мережі як відносно її щільності і напрямків, так і розміщенням зупинок. Організація роботи автобусів також обов'язково має розглядатися з позицій скорочення витрат автотранспортних підприємств, економії палива, подовження строків пробігу рухомого складу та меншої вартості його технічного обслуговування. Послідовне зростання експлуатаційної швидкості руху автобусів в реальних межах сприятиме скороченню витрати часу пасажирями в автобусних поїздках.

З групи соціальних факторів неможливо обминути підвищення вимог до надійності роботи водіїв, а для інших працівників транспортних підрозділів АТП – проведення додаткового навчання з основ логістики та відповідних їй організаційних заходів.

Особливої уваги із соціальних факторів зараз потребує розроблення та здійснення заходів щодо різкого зниження забруднення міст шкідливими викидами від автомобільного транспорту. В цьому напрямі досі зовсім недостатньо використовуються можливості більш раціональної організації руху автобусів та оновлення рухомого складу АТП.

1.4 Соціально-економічне обстеження якості обслуговування пасажирів міськими автобусами

При плануванні та організації транспортних систем в містах залишається необхідність створювати і підтримувати надійний стан економіки, соціального життя населення та охорони довкілля. Для країн, які переживають зараз перехідний період, економічні показники відіграють домінуючу роль, проте на етапі переходу від соціалістичної до ринкової системи господарювання виникають чималі соціальні проблеми.

З метою визначення конкретних задач щодо удосконалення якості перевезень пасажирів в місті Кривий Ріг у листопаді 2013 року проведені соціологічні дослідження. На початку дослідження основним об'єктом було вивчення різних аспектів попиту та пропозиції на послуги державного або приватного транспорту серед різних зацікавлених груп населення, водіїв, користувачів транспортними засобами, підприємств. Така соціологічна оцінка здійснювалась групою соціологів міста Кривий Ріг за участю виконавців даної науково-дослідницької роботи (НДР). Вона включала опитування сімей, вибраних методом випадкової вибірки, беручи до уваги демографічні та соціально-економічні характеристики, а також індивідуальних користувачів транспортними засобами.

Під час проведення досліджень пасажиропотоків було опитано близько 1000 пасажирів. Опитування громадян проводились на зупинках в різних районах міста та в різні години доби. Для аналізу виділені головними такі запитання, як мета поїздки, час очікування, просторова та часова відстань пересування, якість обслуговування, доступність приватних перевезень мікроавтобусами, вартість проїзду. Жителі м. Кривий Ріг користуються послугами громадського транспорту (швидкісний трамвай,, тролейбус, автобус, мікроавтобус, державне таксі) та приватного (автобуси, мікроавтобуси, таксі) в основному для поїздок на роботу та навчання, за покупками, до друзів та рідних, на відпочинок. Опитування населення виявило, що 47% працюючих жителів міста використовують послуги приватного транспорту.

Найчастіше мешканці міста користуються автомобільним транспортом, а саме: автобусами пересуваються 69,1%пасажирів, мікроавтобусами – 21,2% і таксі – 9,7%.

Обстеження показали, що на вибір виду транспорту значно впливає фінансовий стан сім'ї. Мешканці міста з порівняно низькими прибутками користуються автобусами, а з більш високими – мікроавтобусами та інколи таксі. Щодо якості перевезень майже 90% респондентів висловили своє незадоволення роботою міського як приватного, так і комунального транспорту. Загальна оцінка запропонованих жителями міста змін спрямована на поліпшення організації та управління на пасажирському транспорті, в першу чергу, шляхом дотримання розкладу та інтервалів руку, особливо в години "пік".

Близько 80% пасажирів, які користуються приватним автобусним транспортом, на перше місце в його організації ставлять швидкість пересування (час поїздки), на друге - вартість проїзду, на третє – комфортність. Слід відмітити, що під комфортністю поїздки більшість пасажирів мають на увазі відсутність у салоні надмірного переповнення, а також імовірність посадки на зупинці в автобус. В період економічної кризи не забезпечена роботою певна частина працездатного населення міста, з них більшість молоді люди. З відвертих розмов з'ясувалось, що за проїзд вони сплачують тільки в критичних ситуаціях.

Розгляд сучасних економічних обставин показує, що за існуючих умов економічної кризи, які склалися в Україні, в даний час системи міського транспорту взагалі (та зокрема міста Кривий Ріг) не зможуть отримати достатніх субсидій. Внаслідок цього рівень транспортного обслуговування державним транспортом знижується, а витрати на їх експлуатацію зростатимуть. Попередній аналіз вказує на те, що для більшості автотранспортних підприємств можна стримувати рівень питомих витрат тільки завдяки удосконаленню організації міських автобусних перевезень. До першочергових реальних заходів відносяться: оптимізація типу рухомого складу, його кількості, форм руху; економія палива завдяки підвищенню кваліфікації водіїв; підтримування автобусів в належному технічному стані.

Не зважаючи на те, що плата за проїзд за останні чотири роки потроїлась, збір коштів за проїзд зменшився на 10%. Крім того, плата за проїзд дуже низька у порівнянні з витратами автотранспортних підприємств. Так останнім часом тариф

оплати однієї поїздки в місті Кривому Розі був 1,5 грн., проте у 2013 році середня собівартість перевезень одного пасажирів вже становила 2,0 грн. і продовжує зростати. Разом з цим, раніше проведений аналіз показує, що в Кривому Розі пасажирів сплачують загальну суму коштів, якою компенсується тільки 20...30% усіх експлуатаційних витрат АТП, а з урахуванням капітальних витрат лише 10...15%. Ця частка буде навіть нижчою, якщо узяти до уваги широкі субсидії витрат палива та інші приховані субсидії.

В Кривому Розі основу парку (до 20%) міського громадського транспорту складають старі автобуси, у більшості, з карбюраторними двигунами, які споживають велику кількість палива та значно забруднюють довкілля відпрацьованими газами [12]. За останні роки, коли уряд став різко обмежувати іноземну валюту на купівлю нових автобусів та запасних частин до старих моделей "Ікарусів", умови функціонування міського громадського транспорту різко погіршали. Крім цього діяльність АТП ускладнена загальним зниженням фінансового стану, викликаним швидким зростанням витрат, а також все більше обмеженими дотаціями з бюджету місцевих органів влади на потреби транспорту та несплатою близько 60% пасажирів своїх поїздок. Належному фінансовому стану не сприяє суттєва багаторічна залежність АТП від субсидій на покриття до 70% експлуатаційних витрат та звільнення великої частини населення (приблизно 35% жителів) від сплати за проїзд в громадському транспорті.

У діючих зараз АТП міста Кривий Ріг, як і в інших містах України, збільшується кількість автобусів, які знаходяться в непридатному для експлуатації стані. Відсутність валюти навіть на запасні частини призвела до того, що велика частина "Ікарусів" вже вийшла з робочого стану. Крім того, значна кількість автобусів в Криворізьких парках експлуатується після закінчення відведеного амортизаційного строку їх служби, а в цілому, загальний парк автобусів зменшився вже на третину. Якщо не будуть прийняті заходи, спрямовані на виправлення такого становища, то в даних умовах можна очікувати, що річні витрати кожного

автобусного парку зростуть на 8... 10%. Ці наслідки зокрема для міста і держави в цілому будуть відчутними.

На сьогодні в галузі планування та організації пасажирських перевезень в містах приймають участь не лише міські адміністративні органи та державні підприємства, але і приватні компанії, а також організовані і неорганізовані окремі громадяни. В даний час в Україні ця система виконавців перевезень є слаборозвиненою та нестабільною. Не зважаючи на те, що вже діють прийняті закони про дозвіл на міські пасажирські перевезення приватним та акціонерним транспортом, така діяльність тільки розпочалась. Досі немає достатніх правових актів для регулювання взаємовідносин та координаційних дій з державним транспортом. В нинішній період швидко реалізувати чітке планування загальноміських перевезень, створити однакову за можливостями конкуренцію між усіма власниками транспортних засобів практично нереально без впровадження узгоджених цілеспрямованих заходів. Розроблення і апробація таких заходів потребують часу з урахуванням особливостей конкуренції на транспорті.

Необхідність забезпечення пасажирів більш дешевими та ефективними перевезеннями посилила вагомість конкуренції між власниками громадського транспорту. Конкуренція може забезпечити не лише підвищення технічної ефективності перевезень, а і підняти їх на більш високий соціальний щабель, хоча вона має і низку негативних рис.

Основна перевага конкуренції полягає в її впливу на продуктивність перевезень та витрати на транспортний процес. Як показав досвід західноєвропейських країн, витрати на автобусні перевезення пасажирів в умовах конкуренції знизились на 25%. Третина цього зниження припадає на скорочення реальної заробітної плати, останні дві третини – на зміну експлуатаційних умов. До цих змін відноситься менш збиткове використання робочої сили, більш жорсткі організаційні домовленості, а в деяких випадках – застосування автобусів малого класу та збільшення амортизаційних строків їх експлуатації.

Конкуренція також дозволяє підвищити рівень регулювання попиту населення. По-перше, коли підприємства вільні у виборі надавання будь-яких видів

рентабельних послуг, то вони мають стимул до виявлення нових ринкових потреб. Це можуть бути не лише нововведенні маршрути, але і нові види послуг, наприклад, знижена плата за проїзд для пенсіонерів, інвалідів та ін. По-друге, конкуренція, як правило, приводить до скорочення внутрішніх перехресних субсидій, а це, в свою чергу, стимулює збільшення обсягу перевезень та зниження плати за проїзд на тих маршрутах, які на даний час є більш рентабельними, а також користуються найбільшим попитом. Відомо, що збільшення попиту приводить до активного реагування на проявлений таким чином попит. Побічний ефект цього явища полягає і в тому, що збереження нерентабельних "соціальних послуг" чи "соціальної плати за проїзд" має безпосередньо фінансуватися по лінії державних асигнувань. Це приведе до чіткого та систематичного аналізу того, що є вигідним вкладанням грошей в соціальну сферу, що є не вигідним.

Конкуренція здатна знизити фінансовий тягар на державний бюджет. Надзвичайно поширена уява про те, що громадський міський автомобільний транспорт може існувати лише за значних субсидій з державного сектору. Посилена конкуренція може вплинути на цей фактор двояко: в міру зниження витрат, під тиском конкуренції, можна забезпечити заданий рівень послуг при більш низькому рівні державної допомоги. В Англії державні регулювання є тим важелем, через який фінансові витрати на автобусні перевезення було зменшено наполовину не зважаючи на те, що пасажирооборот дещо зріс. Ті ж самі процеси проходять і в країнах, що розвиваються (Чилі, Шрі-Ланка) і де були втілені в життя заходи державного регулювання. Отже, конкуренція несе чимало позитивних факторів.

Не дивлячись на це, за відсутності регулювання відносин, між різними формами власності на транспортні засоби, конкуренція може нанести значних збитків не тільки державним автотранспортним підприємствам, але і суспільству в цілому. Чим більше перевізників, тим краще для пасажирів, бо їм надається ширша можливість вибору. Але самі перевізники, виходячи із зарубіжного досвіду, задихалися від конкуренції, до того ж, не завжди здорової. Тоді державні органи запроваджують поняття "соціальної необхідності". Згідно цього поняття на другому етапі розвитку ринку було введено квотування автопідприємств за окремими ознаками, з метою обов'язкового отримання ліцензії.

В Україні зробили одне – ліцензування, але не зробили друге – квотування, а таке напіврішення ефекту дати не зможе. Це досить наглядно показує ситуація, яка вже склалася у ряді міст. Там виникло кілька нових пасажирських автоперевізників, які конкурують між собою, не дотримуючись ніяких правил ділової гри, та заповнюють маршрути державного міського транспорту, руйнуючи його і до того слабкий фінансовий стан. Важливо чітко та обґрунтовано в принципі визначитися, що настав час вводити квотування. Разом з тим, з однієї сторони, не треба пригнічувати перевізників, позбавляючи їх можливості вільного пошуку роботи, а з другої – необмежено реєструвати нових. Інакше зміни кількості перевізників будуть постійно неконтрольованими. Від цього постраждає насамперед ефективно діюча система громадського державного транспорту. А той рівень обслуговування пасажирів, який, як вважають, сьогодні покращився, – завтра може знизитися до мінімуму.

В цілому, надалі потрібно реалізувати перший і самий головний принцип саморегулювання ринку – через державні стандарти і, тільки після цього, можна буде здійснювати його регулювання, виходячи з соціальних потреб населення. Нарівні з іншими проблемами, важлива соціальна потреба полягає в тому, що кількість автопідприємств повинна зростати для створення нових робочих місць. Одночасно з цим, перевізникам потрібно надати шанс заробити, а для цього створити умови для становлення їх на ринку, не перевантажуючи його податками.

В даний час у великих містах нашої країни приватний транспорт, а це переважно мікроавтобуси, складає значну конкуренцію не тільки маршрутним автобусам, але і екологічно чистому електричному транспорту. Таким чином, знову загострюється проблема екологічної безпеки міст під впливом автомобільного сполучення. На ранньому етапі економічної перебудови питання охорони довкілля стали, в певній мірі, другорядними, особливо тому, що перехідний процес протікає за неокласичними правилами. В сучасний період зростає небезпека від того, що безконтрольний розвиток різних форм власності під впливом ринкових інтересів спрямований тільки на короткотермінові цілі одержання максимальних прибутків і як найшвидше. Як наслідок, підсилюється недбайливість щодо питань екологічного стану міст і населених пунктів. Безсумнівно, що такі дії в перспективі призведуть до

негативних наслідків, у разі якщо не будуть впроваджені стримуючі адміністративні заходи. Для їх розробки вже зараз виявилися необхідними наукові дослідження в напрямі прогнозування параметрів руху та шкідливих викидів нових моделей автобусів. З урахуванням їх різної пасажиромісткості важливо вдосконалювати методику вибору типу і кількості автобусів залежно від пасажиропотоків на міських маршрутах [10].

Соціально-економічне дослідження умов діяльності приватних та державних автотранспортних підприємств визначає значні труднощі в питаннях оновлення автобусного рухомого складу та організації його раціонального використання за наявності конкуренції. Першочергово мають розглядатися здійснення таких реальних практичних заходів для виходу із скрутного транспортного стану, як покращення якості перевезень завдяки використанню внутрішніх резервів, зокрема підвищення рівня організаційної роботи автобусів на маршрутах, зменшення витрат палива, здійснення контролю на лінії та оперативного управління транспортом. В подальшому є підстави очікувати збільшення фінансування для гострої необхідної заміни старих автобусів на нові моделі. Доцільно вже тепер визначити наукові підходи до вибору раціонального співвідношення в автомобільних господарствах автобусів малої, середньої та великої пасажиромісткості. З метою послідовного вирішення поставлених питань належить комплексно дослідити теоретичні основи та фактори, від яких в цілому, залежать показники якості та економічної ефективності експлуатації автобусів у великих містах та населених пунктах.

1.5 Загальна характеристика транспортної мережі та автобусного сполучення у місті Кривий Ріг

За своїми властивостями і ознаками місто Кривий Ріг є унікальним не тільки в Україні, але і в Європі, бо це місто-конгломерат. Звичайно конгломератом називають декілька об'єднаних населених пунктів у одне місто зі своєю інфраструктурою і єдиною транспортною мережею. За своєю забудовою та інфраструктурою воно подібне до німецького Руру. Місто забудовувалось

відповідно до розгалуження шахт та кар'єрів, тому щільність його забудови мала і неоднорідна у порівнянні з іншими великими містами.

В місті розташовано багато як діючих так і закритих шахт, кар'єрів та інших підприємств гірничої промисловості. Ці об'єкти займають значні площі, якими проходять надто довгі артерії сполучення. Місто з 900 тисячним населенням простягається з півдня на північ майже на 120 км. Це одне з найдовших міст в Європі. На півночі місто сягає завширшки до п'яти, а на півдні - до 40 км, має форму витягнутого рівнобедреного трикутника.

В транспортній мережі міста (ТММ) функціонують різні види транспорту: швидкісний трамвай, тролейбус, автобус, маршрутне таксі та таксі. Міський автомобільний транспорт складається з різних форм власності: державний, приватний, акціонерний. До державного належать усі види пасажирського рухомого складу: автобусний, мікроавтобусний, таксі, а до приватного та акціонерного – близько 4800 одиниць мікроавтобусів та таксі.

Довжина маршрутної мережі м. Кривий Ріг становить близько 3140 км. За добу на маршрутах перевозиться до 660 тисяч пасажирів. Щільність маршрутної мережі неоднорідна і коливається від 3,4 км/км² в центрі міста до 0,9 км/км² на його околицях. При попередньому дослідженні було з'ясовано, що середній час на те, щоб підійти з місця висадки до місця призначення становить від 5 хвилин у центрі і до 14 хвилин на околицях. Час на очікування транспорту має велике коливання – від 7-8 хвилин у центрі міста до 20 хвилин на околицях. В цілому якість перевезень пасажирів на маршрутах ще низька, бо не відповідає сучасним вимогам транспортного обслуговування. Приватний транспорт дублює муніципальний і працює на прибуткових маршрутах.

Приватний транспорт складається з нових імпортованих автобусів та мікроавтобусів, тому при його експлуатації витрачаються значно менші кошти як на ремонт, так і на паливо-мастильні матеріали. Цей транспорт використовується лише на дублюванні тих міських маршрутів, де є хороший касовий збір від законослухняних пасажирів. Власники приватного транспорту, користуючись недосконалим законодавством України, відмовляють пільговим категоріям пасажирів у наданні транспортних послуг. Тарифи ж на перевезення у приватному

транспорті вищі, ніж у муніципальному. Відповідальність за забезпечення перевезень пасажирів на всіх маршрутах міста покладається лише на державний (муніципальний) транспорт.

Суттєво поліпшити якість автобусних перевезень збільшенням щільності автобусної мережі в місті та зростанням кількості автобусів на маршрутах в умовах загальної економічної кризи практично неможливо. Єдиним виходом з такого становища в сучасний період є оптимізація усіх параметрів, які впливають на продуктивність та якість експлуатації наявних в АТП автобусів.

Для оптимальної організації транспортного процесу на існуючій транспортній мережі потрібно заздалегідь визначити розподіл пасажиропотоків у просторі та часі. Для цього початковим етапом даної роботи постала необхідність детального обстеження по місту Кривий Ріг таких параметрів як розподіл пасажиропотоків по маршрутам і годинам доби, середня відстань поїздки пасажирів, час пересування, час очікування на зупинці та інші. Ці параметри носять переважно випадковий характер, через це для обстеження та визначення їх величин розроблена відповідна методика, яка ґрунтується на наукових положеннях теорії імовірності та математичної статистики [47].

Вибрані для дослідження параметри пасажиропотоків у місті характеризуються як змінні випадкові величини, більшість яких є дискретними, бо приймають скінчену множину значень. Закон розподілу дискретної випадкової величини можна задати рядом розподілу, а потім за ним побудувати, за необхідності, функцію її розподілу. Окремі параметри транспортного процесу автобусних перевезень визначаються як випадкова неперервна величина, яка приймає усі значення деякого скінченного інтервалу. Прикладом такого параметра може слугувати швидкість руху автобусів, а також такий параметр як швидкість сполучення. Для неперервної випадкової величини розглядаються неперервна функція і щільність розподілу. Графік функції називається кривою розподілу. Для кривої нормального розподілу визначають математичне очікування та дисперсію випадкової величини.

В дослідженні розподілення параметрів автобусних перевезень застосовано вибіркового метод обстежень для дальності поїздок пасажирів в цілому на маршруті та по напрямкам, розподілення їх кількості по годинах доби, пасажирообміну на

зупинках та інше. Вибіркова сукупність була використана для визначення середнього значення ознаки в генеральній сукупності, а також виявлення закону розподілення його параметрів.

Порівняно з суцільним спостереженням, яким досліджують усі об'єкти сукупності, вибірковий метод, застосований для вивчення пасажирських потоків на автомобільному транспорті, має низку переваг. Він дає значну економію коштів, скорочує час для проведення обстежень, дозволяє більш точно зареєструвати факти, досконаліше вивчити питання.

При проведенні вибіркових спостережень необхідно дотримуватися встановлених вимог щодо вибору одиниць сукупності, методу їх вибору, визначення обсягу репрезентативної вибірки. З такою метою була розроблена відповідна методика проведення вибіркових обстежень, деякі положення якої наведені нижче і пояснюються на прикладах.

В даному дослідженні є підстави вважати, що закони розподілення випадкових величин описуються нормальним законом Гауса або близьким за формою до нормального (Релея, Коші). В цьому разі об'єм вибірки n визначають за математичним виразом:

$$n = \frac{d^2 \cdot \delta^2}{\varepsilon^2}, \quad (1.10)$$

де: d – показник достовірності (надійності) для заданої довіреної імовірності β одержаного висновку;

δ – середнє-квадратичне відхилення сукупності;

ε – допустима похибка вибіркової середньої величини β .

Залежно від чисельного значення величини β знаходять показник надійності із залученням наступних формул:

$$\Phi(t) = \frac{\beta}{2}, \quad (1.11)$$

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (1.12)$$

Для прийнятої довіреної імовірності $\beta = 0,95$ отримано $\Phi(t) = 0,475$, далі за таблицею функцій Лапласа (1.10) встановлено, що $d = 1,96$. Допустима похибка визначалась відповідно до дослідженого параметра в межах 0,05-0,2 (для нашого випадку беремо значення $\varepsilon = 0,17$).

Крім довірчого рівня і помилки вибіркового дослідження, необхідно знати стандартне відхилення генеральної сукупності. На жаль, цей параметр майже ніколи не відомий. У деяких випадках стандартне відхилення генеральної сукупності можна оцінити на основі попередніх досліджень. В інших ситуаціях експерт може врахувати розмах вибірки і розподіл випадкової змінної. Наприклад, якщо генеральна сукупність має нормальний розподіл, її розмах наближено дорівнює 6σ (тобто $\pm 3\sigma$ в межах математичного очікування). Отже, стандартне відхилення наближено дорівнює одній шостій частині діапазону. У нашому випадку у якості досліджуваного параметру виступає середня дальність поїздки пасажирів міською автобусною мережею в інтервалі від 0 до 12 кілометрів, тому $\delta = 2$. Виходячи з цього, в результаті використання формули (1.9) було встановлено, що вибірка має бути не менше 500 пасажирів.

За такою вибіркою і було обстежено різні маршрути в місті. Спочатку складалося вихідне розподілення кількості пасажирів, що відповідає різним відстаням їх пересування на маршруті (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Вихідні дані до розподілення кількості пасажирів

Інтервал відстаней l , км	[0,1]	[1,2]	[2,3]	[3,4]	[4,5]	[5,6]	[6,7]	[7,8]	[8,9]	[9,10]	[10,11]	[11,12]
Середина інтервалу l_i , км	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5
Кількість пасажирів n_i в інтервалі	8	12	22	42	72	89	101	70	40	24	10	10

Використовуючи наведені вище дані обстеження пасажиропотоку, знаходимо вибіркове середнє значення дальності поїздок $\bar{L}$, км для сумарної загальної кількості n у вибірці перевезених пасажирів:

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (n_i \cdot l_i) = 6,014. \quad (1.13)$$

Вибіркова дисперсія знаходилась за наступним виразом:

$$S^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (n_i \cdot l_i - \bar{L})^2 = 4,8658. \quad (1.14)$$

За даними таблиці 1.1 одержано $S = 2,2059$.

Величина розходження R між теоретичним та статистичним розподіленням визначається як:

$$R = \chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(n_i - n \cdot P_i)^2}{n \cdot P_i}, \quad (1.15)$$

де: P_i – імовірність попадання нормально розподіленої випадкової величини з параметрами закону – математичне сподівання $a = \bar{l}$, середньоквадратичне відхилення $\delta = S$.

Для випадкової величини імовірності P_i знаходиться в окремих інтервалах, обмежених дискретними значеннями α та β за формулою:

$$P(\alpha < t < \beta) = \frac{1}{2} (\Phi(\frac{\beta - a}{\delta}) + \Phi(\frac{a - \alpha}{\delta})), \quad (1.16)$$

де: функція $\Phi(t)$ визначена за виразом (1.11) з відповідної таблиці функцій Лапласа.

Оскільки в таблиці 1.1 в перших двох та двох останніх інтервалах значення n_i малі ($n_i \leq 10$), то об'єднуємо перші та два останні інтервали відстаней. Для розглянутого прикладу одержано такі кінцеві результати розрахунку, що приведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Дані розрахунку ймовірностей для різних відстаней поїздки

Інтервали відстаней l_i	[0,2]	[2,3]	[3,4]	[4,5]	[5,6]	[6,7]	[7,8]	[8,9]	[9,10]	[10,12]
---------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	---------

км										
Імовірність P_i	0,033	0,053	0,096	0,142	0,176	0,174	0,142	0,096	0,053	0,033

Розподілення величини χ^2 залежатиме від кількості степенів свободи r .

Вона визначається як різниця між кількістю інтервалів I (дорівнює 10) та накладених зв'язків (незалежних умов):

$$r = I - X - 1, \quad (1.17)$$

де: X – кількість числових характеристик (параметрів) розподілення.

Зокрема, вибраний в дослідження нормальний закон розподілення є двох-параметричним, бо визначається математичним сподіванням та середньоквадратичним відхиленням, тому приймається $X = 2$. Для нашого прикладу $r = 10 - 2 - 1 = 7$. Виходячи з цього, маємо міру розходження $R = \chi^2 = 6,922$.

За допомогою величин r та χ^2 таблиць визначена імовірність P – узгодження теоретичного і статистичного розподілу дальності поїздок. Якщо імовірність P буде більшою за 0,05-0,2, то досягається узгодження. За таблицею встановлено, що при $r = 7$ і $r = 6,922$ одержуємо $P = 0,44$. Оскільки дана імовірність не мала ($P > 0,2$), то підтверджується гіпотеза про нормальний розподіл дальності пересування пасажирів, з середньою дальністю 6 км.

Згідно договору № 171 від між Криворізьким приватним підприємством «ОДІУМ - ПРЕСТИЖ» та Національним транспортним університетом з метою встановлення раціональної організації руху автобусів, покращання їх розподілу по автобусній маршрутній мережі були обстежені пасажиропотоки всіх автобусних маршрутів міста та пасажирообміну зупинкових пунктів була складена програма цієї роботи та здійснено поглиблений узагальнюючий аналіз зібраних матеріалів щодо обстеження автобусних перевезень. Проведенню дослідження передувала підготовча робота, яку умовно можна розділити на організаційну та технічну.

Організаційна робота полягала в збиранні вихідних даних по маршрутній мережі, а також виконанні орієнтовних розрахунків щодо необхідної кількості

обліковців, старших по маршрутах, достатньої кількості документації (карток обстеження, інструкцій учасникам та старшим по маршрутах, об'яв, розпорядку роботи). Попередньо проведено інструктажі старших та обліковців. Обліковцями запрошувались студенти вузів та технікумів м. Кривого Рогу за певну платню. Технічна підготовка передбачала виготовлення необхідної документації за допомогою комп'ютерної та розмножувальної техніки, забезпечення учасників цієї роботи канцелярськими товарами та науковими пов'язками.

Дослідження проводились табличним методом, суть якого полягає у тому, що в кожній одиниці рухомого складу (автобус) були розміщені обліковці відповідно до кількості дверей. Обов'язком кожного обліковця була реєстрація пасажирів, які входили (+11³⁰ – зайшов на другій зупинці об 11 годин 30 хвилин) та виходили (-12¹⁵ – вийшов на чотирнадцятій зупинці об 12 годин 15 хвилин) з автобусу на кожній зупинці (зразок картки показано на рис. 1.6).

	Дата			Автобус			
	Маршрут			Обліковець			
	+11 ³⁰						
1	2	3	4	5	6	7	8
					-12 ¹⁵		
9	10	11	12	13	14	15	16
16	15	14	13	12	11	10	9
8	7	6	5	4	3	2	1

Рисунок 1.6 – Картка обстеження пасажиропотоків

Методика обстеження наступна: обліковець на своєму посту при вході пасажирів в автобус проставляє в картці (в клітинці з номером зупинки) знак "+", записує час входу пасажирів на відповідній зупинці. При виході пасажирів другий обліковець (а може бути і той самий, який фіксував і вхід саме цього пасажирів), в свою чергу, проставляє знак "-" і записує час виходу пасажирів в клітинці з номером відповідної зупинки. Після закінчення кожного рейсу автобуса за маршрутом дані з

усіх карток обліку входу-виходу, кількість яких збігається з кількістю дверей в автобусі, узагальнюються в одній, що є об'єктивною інформацією щодо рейсу. Оскільки пасажиропотоки в просторі та часі змінюються залежно від багатьох факторів, тому заміри мають проводитись не менше семи разів (для будніх та вихідних днів, що відповідає імовірності $P = 0,95$).

Результати обстеження пасажиропотоків за даною методикою дозволяють після оброблення матеріалів обстеження (карток) одержати такі дані, необхідні для удосконалення експлуатації автобусів на маршрутах, а саме: 1) наповненість одиниці рухомого складу; 2) пасажирообміну зупинкових пунктів за весь період обстеження в прямому та зворотному напрямках; 3) кількість перевезених пасажирів; 4) транспортна робота автобусів на різних маршрутах; 5) характеристика зміни величин наповненості автобусів за довжиною маршруту (розподіл пасажиропотоку по довжині маршруту); 6) дальність поїздки пасажирів в цілому на маршруті та по напрямках; 7) коефіцієнт змінюваності пасажирів; 8) зміни пасажиропотоку по годинах доби; 9) коефіцієнт використання пасажиромісткості автобусів.

В результаті проведених досліджень пасажиропотоків були побудовані гістограми їх розподілу по годинах доби та дальності поїздки на 10 автобусних маршрутах приватного підприємства «ОДІУМ - ПРЕСТИЖ» міста Кривий Ріг № 9, № 11, № 14, № 15, № 240, № 275, № 279, № 287, № 293, № 300. У Додатку Б наведені характеристики та вихідні дані про ці маршрути.

Для підвищення якості транспортного обслуговування та ефективного використання пасажиромісткості автобусів в години "пік" важливого значення набуває маневрування рухомим складом, яке враховує динаміку пасажирських потоків у часі і просторі. На рисунках 1.7 та 1.8 ці гістограми зображені для маршруту № 9. Для решті маршрутів аналогічні графіки представлені у Додатку В.

Слід зазначити, що площі фігур, утворені стовпчиками побудованих гістограм, збігаються (у нашому прикладі це 7520). Це пояснюється тим, що обидві гістограми будувалися на основі даних про пасажиропотік, який досліджувався протягом одного і того ж дня.

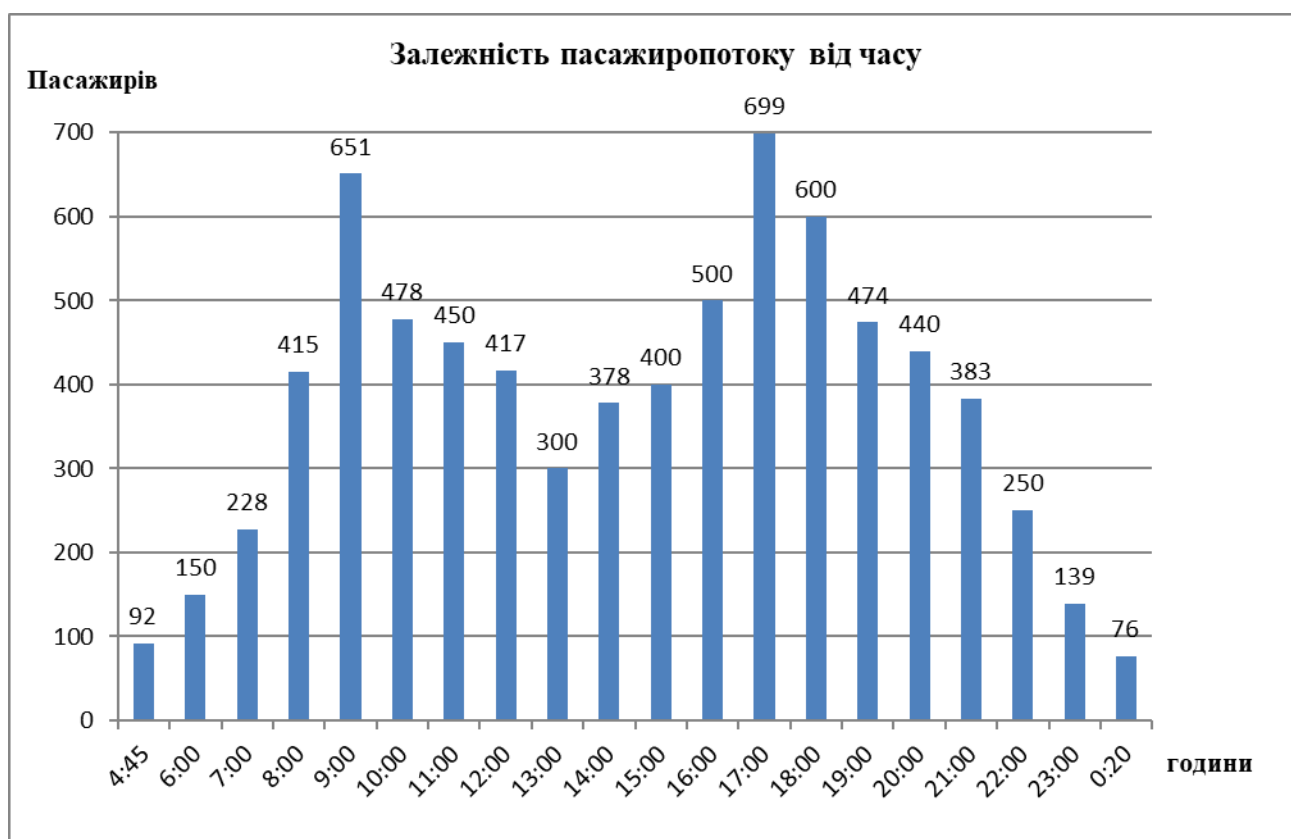


Рисунок 1.7 – Розподіл пасажиропотоку по годинах доби на маршруті № 9

Аналіз літературних джерел з проблеми удосконалення міських автобусних перевезень [9, 12, 48] визначив сучасний стан розвитку наукової думки в цій галузі. Невирішеними залишаються питання організації автобусного сполучення у великих містах-конгломератах, що пов'язано з відсутністю відповідного критерію для оцінки рівня автобусних пасажирських перевезень, недосконалістю існуючих моделей функціонування міської автобусної мережі [49, 50].

Актуальність дослідження базується на реально сформованій потребі підвищення якості експлуатації автобусів з урахуванням впливу перехідної економіки держави, ринкових відносин, зростаючих вимог від населення та необхідністю покращення екологічного стану міст. Нові розробки щодо удосконалення використання автобусів мають комплексно враховувати необхідність здійснювати раціональний вибір форм руху автобусів, розподіл їх кількості по маршрутах, регулювання пасажиропотоків у години "пік", скорочення витрат часу пасажирів на поїздки автобусами, зниження витрат автотранспортних підприємств [51, 52].



Рисунок 1.8 – Розподіл пасажиропотоку по дальності поїздки на маршруті № 9

До цього часу обмежено досліджувалися засоби удосконалення транспортного обслуговування міст на основі детального дослідження існуючих пасажиропотоків та відповідного до них удосконалення організації роботи автобусів. Не проводився ґрунтовний техніко-економічний аналіз характеристик забруднення міст шкідливими викидами автобусів та засобів щодо його зниження. Не запропоновані методичні підходи до поновлення рухомого складу АТП новими моделями автобусів з дотриманням доцільного співвідношення їх пасажиромісткості[53, 54].

1.6 Висновки до розділу 1

1. Аналіз літературних джерел з проблеми удосконалення міських автобусних перевезень визначив сучасний стан розвитку наукової думки в цій галузі. Виходячи з нього невирішеними залишаються питання організації автобусного сполучення у великих містах, що пов'язано з недосконалістю існуючих моделей організації міських пасажирських перевезень.

2. Актуальність дисертаційного дослідження базується на реально сформованій потребі підвищення якості експлуатації автобусів з урахуванням впливу ринкових відносин, зростаючих вимог від населення та необхідністю покращення екологічного стану міст.

3. До цього часу обмежено досліджувалися засоби удосконалення транспортного обслуговування міст на основі детального дослідження існуючих пасажиропотоків та відповідного до них удосконалення організації роботи автобусів. Необхідно, щоб нові розробки щодо удосконалення використання автобусів на маршрутах міської пасажирської мережі комплексно враховували необхідність здійснювати раціональний вибір форм руху автобусів, розподіл їх кількості по маршрутах, регулювання пасажиропотоків у години "пік", скорочення витрат часу пасажирів на поїздки автобусами, зниження витрат автотранспортних підприємств.

4. Значущість для пасажирів параметрів якості транспортного обслуговування міським транспортом визначалася на підставі даних натурного обстеження, яке полягало в опитуванні пасажирів щодо показників перевезення, якими вони оцінюють якість виконання пересування. Пасажири оцінювали за значущістю шістнадцять таких показників (факторів). Для оцінки узгодженості думок експертів було використано коефіцієнт конкордації Кендела, а для перевірки статистичної ваги коефіцієнта конкордації було розраховано емпіричне значення критерію Пірсона. Внаслідок цього, комплексний показник якості міського пасажирського транспорту включає такі показники, як час поїздки, час очікування ТЗ, час пішохідного руху до зупинки, динамічний коефіцієнт використання місткості ТЗ.

5. Система пасажирського транспорту у великих містах є складною та динамічною, тому що на параметри, від яких залежить рівень організації пасажирських перевезень, впливає ряд різноманітних факторів: соціальних, економічних, природних і т.п. Такі параметри як розподіл пасажиропотоків у просторі та часі, середня відстань поїздки пасажирів, час пересування носять випадковий характер, отже при вивченні та визначенні цих параметрів необхідно використовувати теорію ймовірностей, а основою оптимальної організації

транспортного процесу на існуючій транспортній мережі є точне визначення розподілу пасажиропотоків в просторі та часі.

6. На підставі одержаних експериментальних результатів обстеження пасажиропотоків у місті Кривій Ріг встановлена сукупність вихідних параметрів, зміною яких можна досягти необхідного підвищення якості експлуатації автобусів. До визначених параметрів увійшли табличні дані та епюри або картограми про пасажиропотоки на різних маршрутах по годинах доби, "пікові" навантаження автобусів, пасажирообміну зупинкових пунктів, розподіл пасажиропотоків по довжині маршрутів, коефіцієнт змінюваності пасажирів на зупинках, середні дальності поїздок, величині швидкості автобусного сполучення.

7. Достовірність отриманих у результаті обстежень даних забезпечена застосуванням удосконаленої методики дослідження, яка ґрунтується на теоретичних методах і критеріях математичної статистики, а також сучасних засобах інформаційних технологій.

8. Результати досліджень даного розділу викладено у наступних публікаціях [3, 8, 9, 13].

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

2.1 Обґрунтування критерію оцінки та методика удосконалення міських автобусних перевезень

В сучасний період існування ринкових відносин на транспорті необхідно здійснювати системний комплекс заходів щодо покращення продуктивності та якості автобусних перевезень. Для державних автотранспортних підприємств (АТП) першочергово потрібно визначити і оперативно реалізовувати внутрішні виробничі резерви, спираючись при цьому на наукові засади. Міське автобусне сполучення має бути спрямованим на те, щоб із скороченням соціальних, економічних та екологічних витрат задовольняти комфортне пересування пасажирів у просторі і часі.

Основними показниками вдосконалення процесу організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом є продуктивність пасажирських перевезень та якість обслуговування пасажирів.

Продуктивність пасажирських перевезень визначається наступною формулою:

$$P = \frac{N_{nn}}{S_{na}}, \quad (0 < P \leq 1; \quad P \rightarrow \max \rightarrow 1), \quad (2.1)$$

де N_{nn} – кількість перевезених пасажирів за звітний період;

S_{na} – сумарна пасажиромісткість автобусів на всіх маршрутах за звітний період.

$$S_{na} = \sum_{i=1}^n \Pi_{ai} \cdot K_{ai}, \quad (2.2)$$

де Π_{ai} – пасажиромісткість автобуса i -го класу (n – кількість класів автобусів);

K_{ai} – кількість рейсів автобусами i -го класу на всіх маршрутах за звітний період (зміну, добу, тиждень, місяць, квартал, півроку, рік).

Підвищення продуктивності пасажирських перевезень досягається шляхом раціональної організації автобусного сполучення, а саме поєднання різних форм організації руху – звичайної, скороченої та швидкісної.

Якість обслуговування пасажирів визначається наступною формулою:

$$Q = (t_1^{oc} + t_2^{oc}) \cdot P(S), \quad (Q \leq \overline{I_{ef}}; \quad Q \rightarrow \min), \quad (2.3)$$

де t_1^{oc} – час очікування пасажиром посадки в автобус з урахуванням втрат першого роду, які виникають внаслідок появи кратних інтервалів руху (відсутність або недостатність резервних автобусів);

t_2^{oc} – час очікування пасажиром посадки в автобус з урахуванням втрат другого роду, які виникають внаслідок непродуктивних простоїв деякої кількості автобусів в резерві внаслідок відсутності потреби в них на даний момент часу. Якщо б цього не було, то використання даних автобусів на маршрутах привело б до зменшення витрат часу пасажирів на пересування;

$P(S)$ – ймовірність знаходження системи в стійкому стані, який характеризується певною кількістю особливих моментів;

$\overline{I_{ef}}$ – середній маршрутний ефективний інтервал руху автобусів.

Підвищення якості обслуговування пасажирів досягається шляхом скорочення втрат їх часу на очікування посадки в автобус за рахунок визначення необхідної кількості резервних автобусів на маршруті.

В умовах ринкових відносин, коли в конкурентне суперництво вступають різні форми власності, важливим є побудова транспортного процесу таким чином, коли він відповідатиме вимогам усіх його учасників, тобто щоб він функціонував за концепцією соціально-етичного маркетингу [28, 30, 55]. Ця концепція стверджує, що запорукою досягнення цілей підприємства є визначення потреб та інтересів цільових ринків споживачів і забезпечення бажаної задоволеності цих потреб ефективнішими та більш продуктивнішими (ніж у конкурентів) методами, з одночасним збереженням благополуччя як споживача зокрема, так і суспільства в цілому. Соціально-етичний маркетинг (СЕМ) стосовно пасажирського міського транспорту повинен бути поширеним на три групи населення з різними напрямками інтересів (рис. 2.1).

Зокрема пасажирів зацікавлені в комфорті перевезень та їх нижчій вартості, власники транспортних засобів – в прибутках, а суспільство стурбовано станом і збереженням довкілля, основним забруднювачем якого у великих містах (більш на 60%) є автомобільний транспорт.

Сформульовану концепцію зручно виразити комплексним оцінювальним критерієм, який враховує задоволення усіх учасників транспортного процесу. Стосовно до кожної із трьох вищеназваних сторін, це буде визначено наступним положеннями [38].

Для пасажирів безпосереднім показником комфорту є мінімум сумарного часу, витраченого на пересування $t \rightarrow \min$ в годинах, який дорівнює:

$$t = t_{nid} + t_{оч} + t_{авт} + t_{відх}, \quad (2.4)$$

де t_{nid} – час підходу до зупинки, хв;

$t_{оч}$ – час очікування транспорту на зупинці, хв;

$t_{авт}$ – час поїздки безпосередньо в автобусі, хв;

$t_{відх}$ – час відходу від зупинки до місця призначення, хв.

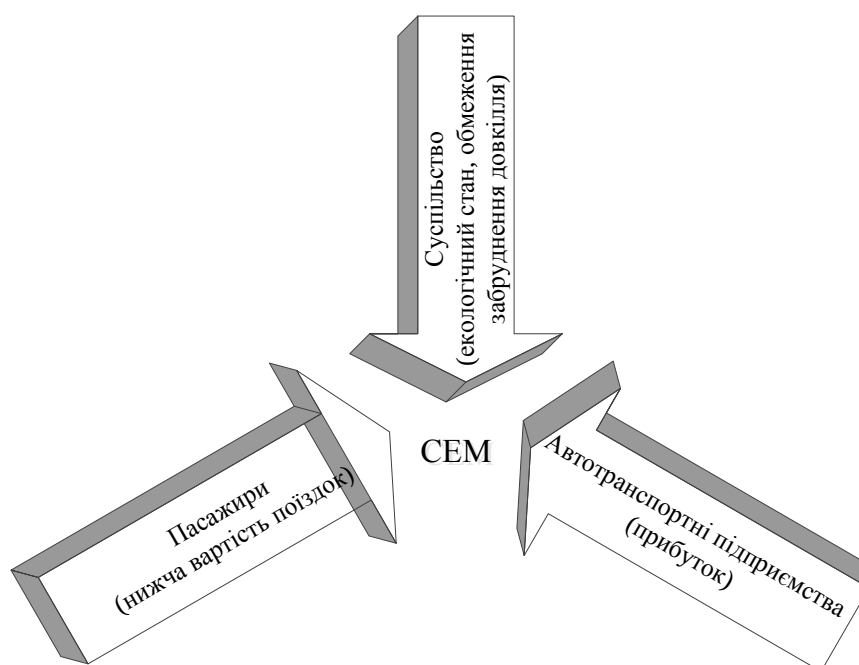


Рисунок 2.1 – Схема концепції соціально-етичного маркетингу стосовно пасажирського міського транспорту

Витрати часу на пересування $t_{пер}$ можна показати в грошах, якщо відома для заданих умов реальна соціальна вартість однієї години, що втрачається пасажиром на поїздку автобусом.

Для власників транспортних засобів бажано досягти можливий максимум прибутку $P \rightarrow \max$, в гривнях, що визначається як

$$P = D - B, \quad (2.5)$$

де D – сукупний дохід АТП від перевезення пасажирів, грн;

B – загальні витрати на перевезення пасажирів, грн.

Згідно (2.5), чим меншими будуть витрати на перевезення пасажирів, тим більші прибутки отримуватиме АТП. Проте слід відзначити, що для маршрутних транспортних засобів збільшення одиниць рухомого складу не приводить до зростання загальної кількості перевезених пасажирів, бо пасажиропотоки є умовно сталою величиною, а це лише підвищує витрати на перевезення одного пасажирів, а саме собівартість перевезення.

Суспільство в цілому зацікавлено в тому, щоб при перевезенні пасажирів як можна менше забруднювалося довкілля, і в першу чергу, атмосферне повітря [13, 38], а нанесені автомобільним транспортом збитки $B_{екол}$ своєчасно та в достатній мірі були матеріально відшкодованими від АТП до міської адміністрації. Відповідно, при організації роботи автобусів для АТП важливо зменшувати витрати, тобто усіма можливими засобами мінімізувати шкідливий вплив факторів, від яких залежать витрати $B_{соц}$. Країни Європи критерієм забруднення довкілля визначають витрати на 1000 пас/км в екю. Досі там вважалося, що транспортна робота в 1000 пас/км дає збитки від екологічного забруднення при перевезеннях автобусами у 2,6 екю.

Виходячи з прийнятого критерію і згідно концепції соціально-етичного маркетингу, транспортний процес має бути побудований таким чином, щоб сумарні витрати $\sum B$ трьох сторін (учасників цього процесу) були мінімальними:

$$\sum B = B_{пер} + B_{експ} + B_{екол} \rightarrow \min, \quad (2.6)$$

де $B_{пер}$ – соціальні витрати, пов'язані з витраченим часом пасажирями в автобусному сполученні, грн;

$B_{експ}$ – експлуатаційні витрати автотранспортного підприємства, грн;

$B_{екол}$ – екологічні витрати на компенсацію забруднення довкілля автобусами, грн.

Введений критерій (2.6) надає системності дослідженням засобів покращення якості організації міського автобусного сполучення, зосереджуючись спочатку на складових чинниках $B_{пер}$, $B_{експ}$, та $B_{екол}$ цього оцінювального критерію, а потім – на аналізі очікуваних від їх впливу змін у сумарних витратах $\sum B$ [14].

В подальшому дослідженні складових частин критерію (1.3) започатковані та висвітлені вихідні теоретичні передумови, якими мають бути враховані як конкретні особливості експлуатації автобусів у великих містах, так і вплив ринкових відносин.

Соціальні витрати $B_{пер}$ пасажирів залежатимуть від зекономленого часу та вартості поїздки, а також від тієї матеріальної цінності, яку надає для користувачів покращання якості перевезень.

Загалом виробничі втрати через смерть, травми, каліцтва людей можна підрахувати на основі національної статистики [10]. Проте основна проблема виникає у випадках оцінки смертних випадків та каліцтв. Звичайно для суспільства людське життя має більш високу цінність, ніж та, яка відображається у витратах ресурсів. Для розгляду цього показника користувалися методом контингенту. В ході аналізу, проведеного раніше інститутом INFRANS і ВМ (2009 рік), для 17 європейських країн вартість нещасних випадків оцінювалась таким чином: вартість життя однієї людини – 1,1 млн. екю, а середнє каліцтво – 44000 екю. На той час в СРСР вартість життя оцінювалась залежно від віку, статі, професії. Тоді прийнята середня величина вартості життя становила 40 тис. крб. Таким чином, організовуючи автобусні перевезення, постійну і велику увагу належить приділяти безпеці дорожнього руху автобусів. Обов'язково це стосується підтримування їх в належному технічному стані, а також передбачення контр аварійної підготовки кваліфікованого складу водіїв з обов'язковим їх контролем перед виїздом та під час

діяльності на лінії. На соціальні витрати пасажирів постійно впливатиме адміністративне вирішення міських тарифів на проїзд в автобусах та пільгових питань.

Експлуатаційні витрати АТП на автобусні перевезення $B_{експ}$ визначаються через собівартість перевезення пасажирів, грн, або відповідну собівартість в цілому. Така собівартість може визначатися відношенням загальних витрат B до кількості N перевезених пасажирів (одиниць) за розглянутий період часу:

$$C = \frac{B}{N}. \quad (2.7)$$

Сукупні витрати АТП на перевезення пасажирів взагалі включають в себе різні складові, грн.

$$B = B_n + B_{зн} + B_{ав} + B_{ш} + B_{нв} + B_{то, тр}, \quad (2.8)$$

де B_n – витрати на паливо, грн;

$B_{зн}$ – витрати на заробітну плату усіх працівників АТП, грн;

$B_{ав}$ – витрати на амортизаційні відрахування, грн;

$B_{ш}$ – витрати на заміну зношених автобусних шин, грн;

$B_{нв}$ – накладні витрати, грн;

$B_{то, тр}$ – витрати на поточне технічне обслуговування та ремонт рухомого складу автомобільного транспорту, грн.

Для експлуатаційних витрат АТП мають суттєве значення типаж і технологія використання автобусів, запроваджена структура сервісного технічного обслуговування та поточного ремонту [44, 45, 56]. Безпосередньо впливають такі параметри, які пов'язані з організацією автобусних перевезень та визначаються за відомою залежністю [57]:

$$B = \frac{L_{заг} \cdot n_n \cdot C_n}{100} + \frac{L_{заг}}{V_e} \cdot k_2 + \frac{L_{заг} \cdot C_{ба} \cdot N_{ам}}{100000} + \frac{L_{заг} \cdot C_{бш} \cdot n_{ш} \cdot N_{вш}}{100000} + A_n \cdot H_{нв} + \frac{L_{заг} \cdot n_{то тр}}{1000}, \quad (2.9)$$

де $L_{заг}$ – загальний пробіг, км;

n_n – норма витрати палива на 100 км пробігу, л/100 км;

C_n – ціна 1 л палива, грн;

V_e – експлуатаційна швидкість автобусів, км/год;
 k_z – годинний тариф оплати праці водія, грн/год;
 $C_{ба}$ – балансова вартість автобуса, грн;
 $N_{ам}$ – норма амортизаційних відрахувань на 1000 км пробігу, %;
 $C_{би}$ – балансова вартість однієї шини, грн;
 $n_{ш}$ – кількість шин у комплекті, шт;
 $N_{ви}$ – норма відрахувань на шини на 1000 км пробігу, %;
 A_n – кількість працюючих автобусів, шт;
 $H_{нев}$ – норма накладних витрат на експлуатацію одного автобуса, грн;
 $n_{то, тр}$ – норма відрахувань на проведення ТО і ТР на 1000 км пробігу, грн.

З метою зменшення експлуатаційних витрат $B_{експ}$ мають впроваджуватися такі заходи, як удосконалення маршрутної схеми, правильний вибір типу та форми руху автобусів, їх розподіл по маршрутам і годинам доби. Вдосконаленим управлінням транспортного процесу слід передбачати вплив на пасажиропотоки, оперативний і автоматизований контроль за роботою всього рухомого складу на міській мережі [47].

В сучасних умовах доцільно особливо підвищити увагу до зниження витрат палива при виконанні рейсів автобусами. Головним шляхом в цьому напрямку можна назвати організацію роботи з водіями щодо економії палива під час управління автобусами існуючого парку, а на перспективу – заміна старих моделей більш економічними новими марками автобусів малого, середнього, великого класу за рахунок залучення інвестицій та лізингу. Не можна також обминути питання про поліпшення пасажиронаповнення автобусів в рейсах, досягаючи налагоджених конкурентних відносин між державними та приватними АТП на спільно обслуговуваних маршрутах. Витрати суспільства $B_{еколь}$ пов'язані із забрудненням довкілля автомобільним транспортом, в першу чергу погіршує стан повітряного стану міст.

За результатами обстежень, встановлено, що пасажиропотоки міської транспортної мережі мають властивість змінюватися щомісячно, по днях тижня, годинам доби, довжині маршруту та напрямкам руху автобуса. З такої точки зору, важливими для даної роботи постали результати систематизованих досліджень пасажиропотоків та пасажирообміну на зупинкових пунктах автобусної мережі, проведених у місті Кривому Розі [12]. На основі цих даних була складена методика по удосконаленню експлуатації автобусів на міській мережі (рис. 2.2).

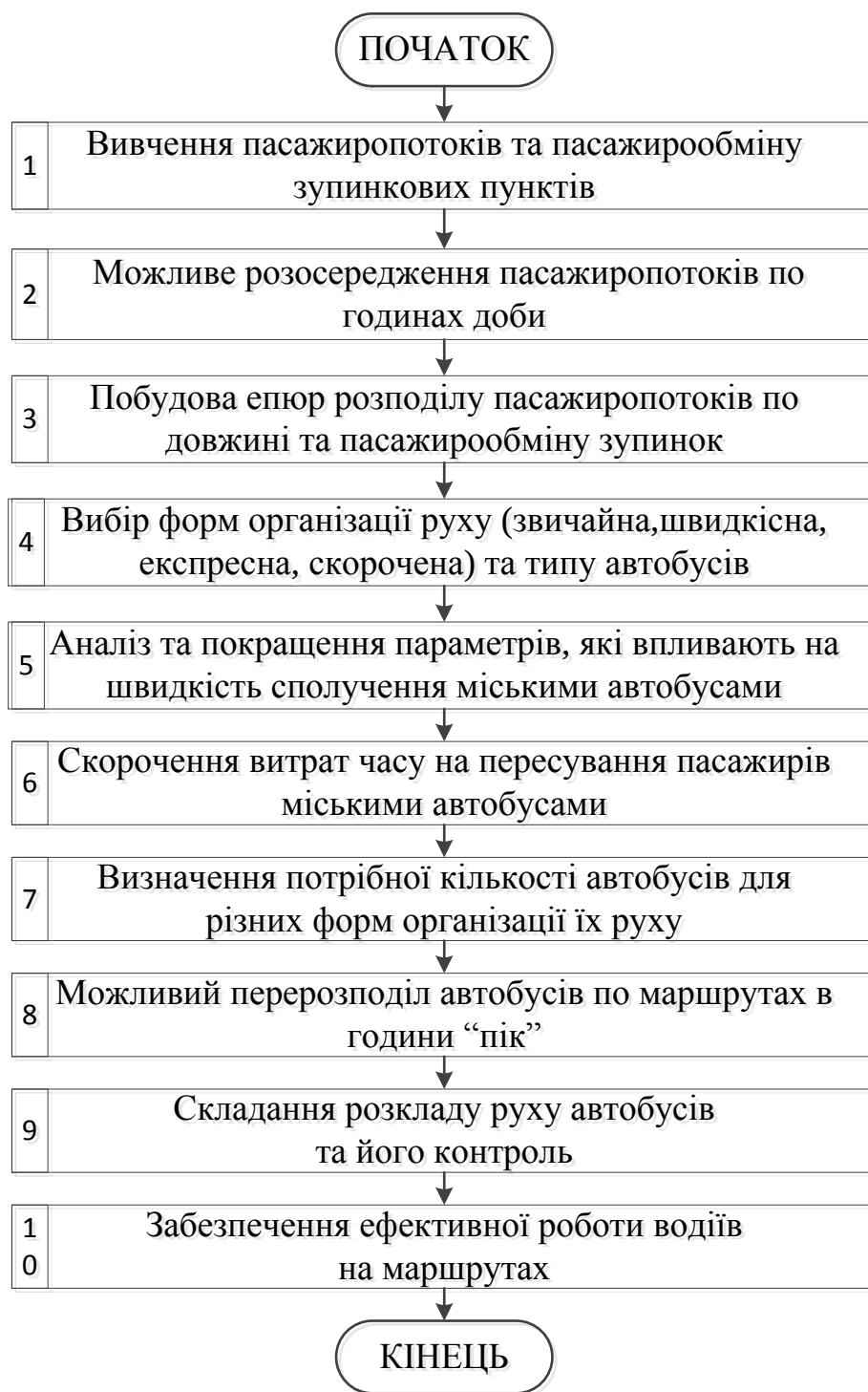


Рисунок 2.2 – Блок-схема методики удосконалення експлуатації автобусів на міській мережі

Блоки 1-3 цієї блок-схеми пов'язані з обстеженням маршрутів міської транспортної мережі і побудовою відповідних епюр. Згідно блоків 4-6, з метою покращення організації роботи автобусів на маршрутах, мають визначатися конкретні параметри цього процесу. Далі у блоці 7 проводиться розрахунок

раціональної кількості автобусів на маршруті з вибором інтервалів їх руху. В блоці 8 передбачається кількісний аналіз можливого перерозподілу автобусів по маршрутах в години "пік". Далі вже безпосередньо для процесу управління автобусними перевезеннями міською мережею введено блоки 9 і 10 стосовно складання розкладу руху та забезпечення ефективної роботи водіїв під час керування автобусами на маршрутах.

Новизна складеної схеми полягає в широкому охопленні ним основних сторін усього перевізного процесу. На початковому рівні впроваджуються заходи щодо покращання параметрів, які впливають на якість експлуатації автобусів. На досягнутому ступені оптимізації цих параметрів обираються форми та інтервали руху, потім автобуси розподіляються по маршрутах, з огляду економічної та екологічної оцінки вибраних варіантів.

На підставі вивчених пасажиропотоків та пасажирообміну зупинкових пунктів, з урахуванням подальшого можливого розосередження пасажиропотоку по годинах доби, можна більш ґрунтовно визначати форми руху автобусів. При цьому реалізується відоме положення про те, що підвищення ефективності транспортного обслуговування базується не тільки на обґрунтованому виборі загальної кількості залучених автобусів, але і на доцільному їх використанні на певних маршрутах. Вихідними конкретними даними для такого предметного дослідження використано числові дані про пасажиропотоки в місті-конгломераті Кривий Ріг [12].

Після визначення пасажиропотоків в просторі та часі, виконується їх аналіз, в результаті якого пасажиропотоки із значними "піками" підлягають розосередженню в часі.

2.2 Вибір форм організації руху та заходи щодо підвищення швидкості сполучення міських автобусів

Особливості автобусної мережі у великому місті підтверджують, що реальні епюри розподілу пасажиропотоків та пасажирообміну зупинок надають змогу застосовувати такі форми руху автобусів як *звичайна*, *скорочена*, *швидкісна*, або *експресна* [16, 48].

Під *звичайною* формою розуміють рух автобусів від початку до кінця маршруту з зупинками на усіх проміжних пунктах (зупинках). Основою для організації такої форми руху є рівномірний пасажирообмін зупинкових пунктів. Згідно [30] звичайна форма руху приймається тоді, коли коефіцієнт нерівномірності пасажирообміну не перевищує значення 1.2. Цей коефіцієнт прирівнюється чисельне до відношення максимального пасажиропотоку $P_{\max}$ до його середньої величини $P_{\text{ср}_1}$, пас.

Скорочена форма руху автобусів визначається за допомогою епюри розподілу середнього значення пасажиропотоку по довжині маршруту, схема якої спрощено показана на рисунку 2.3.

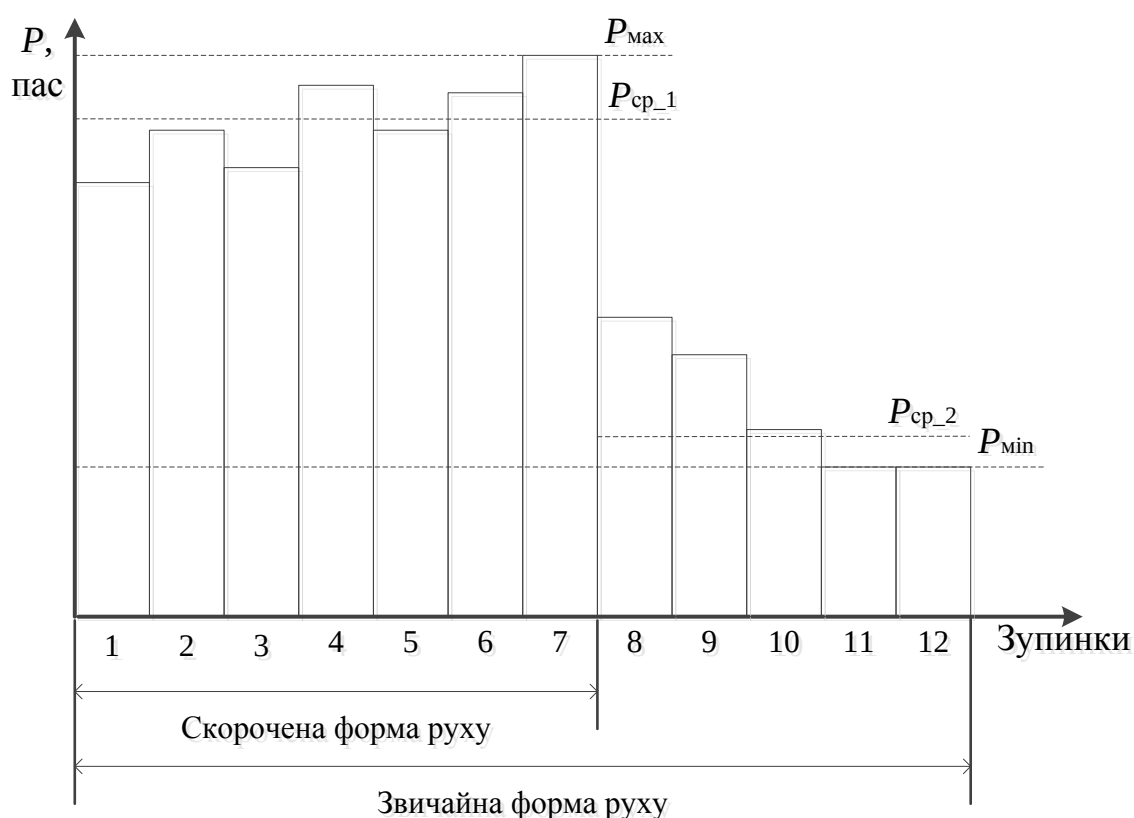


Рисунок 2.3 – Епюри звичайної та скороченої форм руху автобусів

де $P_{\max}$ та $P_{\min}$ – максимальне та мінімальне значення пасажиропотоку на заданому маршруті

Коли встановлено значне падіння пасажиропотоку після певної зупинки (у нашому випадку після 7 зупинки), тоді на цьому відрізку маршруту раціонально ввести скорочений маршрут в поєднанні із звичайною формою руху, якщо

витримується умова про те, що відношення максимального $P_{\max}$ пасажиропотоку до мінімального $P_{\text{ср}_2}$ перевищує величину 1.2.

Слід зауважити, що за такого скорочення маршруту щогодинне значення пасажиропотоку на вибраному відрізку має бути не меншим необхідної кількості пасажирів для заповнення одного міського автобуса середньої місткості (80-100 пас.). Разом з цим, для визначення можливості впровадження скороченого маршруту може бути використана також і така умова

$$\frac{P_{\max} - P_{\min}}{q_n} \geq 1, \quad (2.10)$$

де q_n – пасажиромісткість одного автобуса, пас.

Швидкісна (напів-експресна) форма руху автобусів на маршруті визначається залежно від пасажирообміну зупинок (рис. 2.4). Така форма руху доцільна, якщо на початковій одній або декількох проміжних зупинках (але не на всіх) пасажирообмін значно більший ніж на інших, тобто для випадку, коли витримується відношення

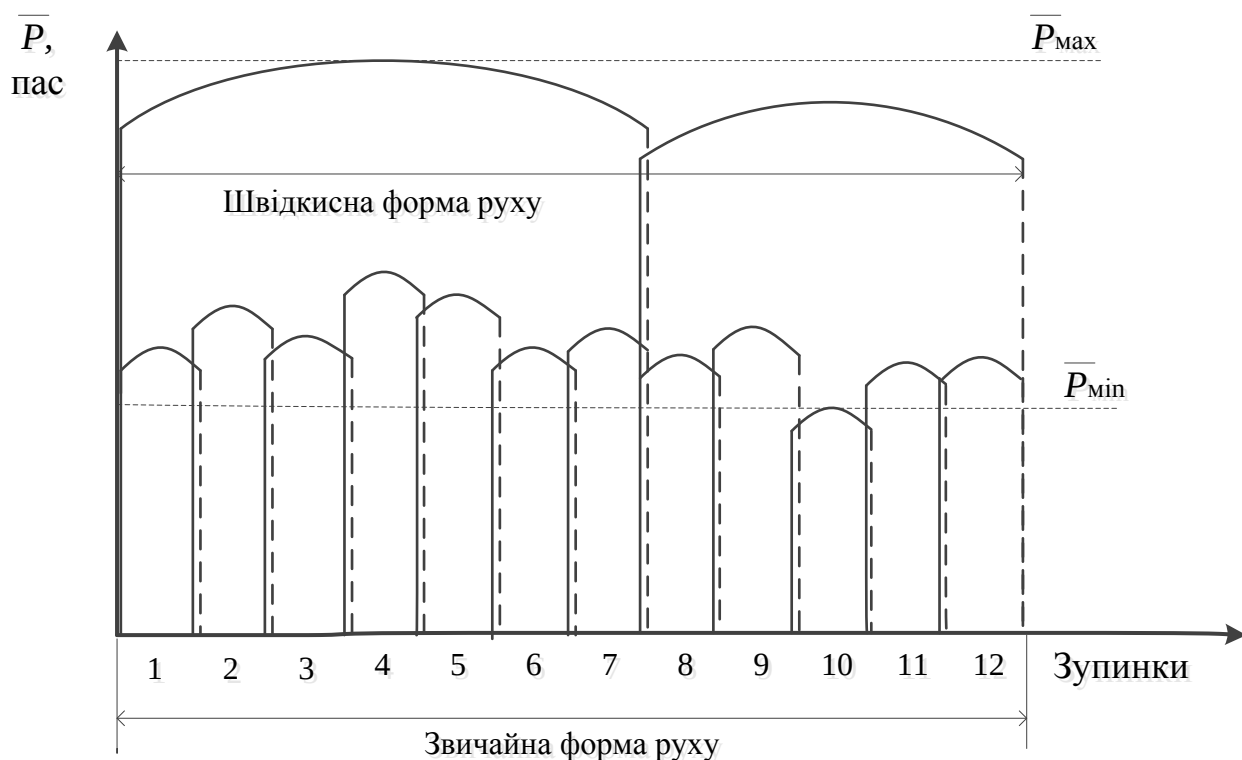


Рисунок 2.4 – Схема організації швидкісної форми руху автобусів

де: — кількість пасажирів, що зайшли в автобус;
 -- кількість пасажирів, що вийшли з автобуса.

максимального $\bar{P}_{\max}$ до мінімального $\bar{P}_{\min}$ середніх значень пасажирообміну (пас/год), на рівні 1.2 або більше. Якщо при цьому значення $\bar{P}_{\min}$ співпадає або перевищує пасажиромісткість автобуса, то приймається швидкісна форма руху паралельно із звичайною. У випадку однакових значень $\bar{P}_{\max}$ і $\bar{P}_{\min}$ доцільна лише швидкісна форма руху.

Експресна форма руху може бути прийнята, як в поєднанні із звичайною, так і окремо. Цю форму визначають також залежно від епюри розподілу пасажиропотоку, при цьому така епюра відрізняється взагалі саме тим, що на жодній з проміжних зупинок немає максимального значення пасажирообміну.

Номери маршрутів з бажаним впровадженням різних форм руху зводять в спеціальні таблиці, які складають відповідно до пасажиропотоків у місті. Для інших варіантів в ці таблиці формуються маршрути, в яких поєднані звичайна і скорочена форми руху.

Використовуючи ці параметри та викладені вище положення, були визначені більш раціональні форми руху та їх поєднання. При цьому встановлено, що в розрахунках параметрів до вибору форми руху автобусів на маршрутах краще користуватись не середньою відстанню поїздки пасажирів міста Кривий Ріг (близько 6 км), а приймати її конкретно для кожного маршруту, тому що ця величина здатна коливатися від 2 до 9 км. Відповідно до розроблених і впроваджених за ініціативою авторів рекомендацій про заходи до покращення організації використання автобусів встановлено, що на мережі міста Кривого Рогу будуть раціональними різні форми руху. Разом з загальною формою руху, в години «пік» виявилось доцільним впровадження експресної форми [9]. В результаті проведених заходів значно скоротився середній час пересування пасажирів (на 1÷8%) та поліпшена комфортність поїздок. Ці заходи в значній мірі дозволили конкурувати з приватним сектором перевезень, задовольняючи транспортними послугами значно ширші верстви населення. Впроваджені форми руху автобусів доцільно переглядати в межах міста, приміром, раз у півроку, враховуючи наявні зміни у пасажиропотоках, особливо для навантажених маршрутів.

Вибір форми руху корисно одночасно пов'язувати з визначенням типу автобусів, задіяних для обслуговування тих чи інших розглянутих маршрутів, бо від цього потім залежатиме розрахунок кількості потрібних моделей автобусів.

За існуючими відомостями про типізацію складу автомобільного транспорту в основу класифікації автобусів покладено єдиний параметр – загальна довжина, в метрах. Відповідно до цього визначені такі класи автобусів: особливо малий (до 5 м); малий ($6 \div 7.5$ м); середній ($8 \div 9.5$ м); великий ($10.5 \div 12$ м); особливо великий (зчленований) – 16.5 м і більше.

В кожному класі автобусів передбачається поділ за основним призначенням по категоріям перевезень: міські, приміські, міжнародні, шкільні та інші. Техніко-експлуатаційні властивості різних типів автобусів висвітлені в літературних джерелах [38, 58, 59].

Для транспортної мережі великих міст можна використовувати автобуси малого, середнього, великого та особливо великого класу, обираючи їх правильне співвідношення залежно від пасажиропотоку на різних маршрутах .

Державні автотранспортні підприємства протягом довгого періоду комплектувалися обмеженою кількістю типів автобусного рухомого складу вітчизняного або зарубіжного виробництва. Зокрема Криворізькі АТП в сучасний період мають міські автобуси середнього і великого класу та зовсім мало мікроавтобусів. Проте зараз назріла потреба в обґрунтованому перегляді потрібного співвідношення автобусів різного класу у відповідності з реальними пасажиропотоками великих міст. Визначення початкових вихідних передумов для розгляду цього питання передбачається розробленою методикою.

В період поступового оновлення рухомого складу державних АТП слід очікувати на збільшення цільових субсидій та введення різних видів лізингу на придбання нових моделей автобусів. Одночасно мають вирішуватися питання щодо скорочення парку старих автобусів шляхом їх списання, а також продажу. Крім того, в процесі реструктуризації великих автотранспортних підприємств не виключена приватизація як безпосередньо рухомого складу, так і різних інженерних споруд або обладнання. В роботі [60] автором розглянуто принциповий підхід до

вирішення практичних питань оцінки ринкової вартості та встановлення ціни для продаж сучасних автомобілів.

В процесі руху міських автобусів сталою відміною від інших автотранспортних засобів виявляється циклічність повторення таких складових фаз як розгін-усталений рух-сповільнення в сукупності з гальмівним процесом. Відношення пройденого шляху до витраченого на рух автобуса часу визначають як експлуатаційну швидкість V_e руху на одному циклі або на відстані між двома зупинками чи відносно всього маршруту. При її розрахунках виходять з конструктивних характеристик автомобіля та заданих параметрів доріг (тип покриття, поздовжній профіль та інші). Згідно існуючим методикам [61] враховують наявність світлофорного регулювання на вулицях міста, інтенсивність транспортного потоку, вплив кількості перехресть вулиць та інших перешкод руху автомобілів. З цією метою розрахована теоретична експлуатаційна швидкість повинна множитись на коефіцієнт зниження швидкості автомобілів, який для міст приймається на рівні 0,7. Для міст-конгломератів значення цього коефіцієнта доцільно скоригувати до 0,65 на маршрутах у центрі міста та збільшувати до 0,75 на околицях.

Для організації пасажирських перевезень має безпосереднє значення не тільки експлуатаційна швидкість автобуса під час руху між окремими зупинками, але і така узагальнена характеристика, яку названо далі швидкістю сполучення V_c . При її визначенні враховано власне не тільки час руху автобусу, а також витрати часу на усі зупинки, здійснені для посадки і висадки пасажирів та в кінцевих пунктах всього маршруту. Визначена як середня величина швидкості сполучення чисельне буде меншою від технічної швидкості руху автобуса на маршруті, але при тому, вона суттєво залежатиме від її рівня.

З багаторічних досліджень відомо [62], що на швидкість сполучення міських автобусів впливає велика кількість факторів. Найбільший вплив чинять: кількість зупинок; відстані між зупинками інтенсивність руху; погодні умови; величини пасажиропотоків; кваліфікація водіїв. Рівень швидкості сполучення в м. Кривому Розі за даними проведених спостережень становлять $25,5 \div 28$ км/год. Зокрема, швидкість сполучення автобусів суттєво знижується через затримки біля

зупинкових пунктів, а також з причини нерегулярності руху маршрутних автобусів. Відзначимо, наприклад, що в місті Кривий Ріг, у його центральних районах, через зупинки проходять від одного до шести окремих маршрутів. Виходячи з цього, тільки орієнтовно можна оцінювати затримки окремого автобусу, який перебуває в потоці автомобілів.

З метою скорочення часу простою необхідно передбачати (де це можливо) збільшену довжину посадкових площадок для одночасної зупинки автобусів, яка відповідала б кількості маршрутів, що проходять цю зупинку. У місті Кривий Ріг в останній період часу збільшилась інтенсивність вуличного руху, що в свою чергу, призвело до зниження швидкості руху автомобільного транспорту взагалі. В місті Кривий Ріг маршрутні автобуси рухаються у загальному потоці автомобілів. Як показали хронометражні спостереження за загальним транспортним потоком та пасажиропотоком, це значно впливає на швидкість сполучення.

Проведені у попередні роки в місті Кривий Ріг дослідження дозволили встановити залежність експлуатаційної швидкості автобусів від інтенсивності руху [11]. За умови високого рівня інтенсивності руху спостерігається зниження цієї швидкості до межі $12 \div 15$ км/год від початкового значення $25 \div 30$ км/год. За результатами дослідження на 10 міських маршрутах побудована гістограма частоти рейсів по інтервалам швидкостей сполучення для автобусів на різних маршрутах, яка показана на рис. 2.5. З цих даних видно, що середнє значення швидкості сполучення на маршрутах міста Кривого Рогу із звичайною формою руху було близьким до 17 км/год.

Потужність пасажиропотоку впливає на швидкість руху автобусів залежно від пасажиронаповнення салону та пасажирообміну на зупинках [63]. Взаємний зв'язок швидкості сполучення та наповнення салону пасажирями досліджувався для автобусів Богдан А701. На рис. 2.6 показана тенденція зміни швидкості сполучення автобусу залежно від зростання наповненості салону пасажирями. Крім того, вивчалась залежність швидкості сполучення V_c від довжини перегону L_n між окремими зупинками (в інтервалі від 300 до 1500 м), а також часу простою автобуса під час посадки та висадки пасажирів, який становить від 10 до 60 сек.

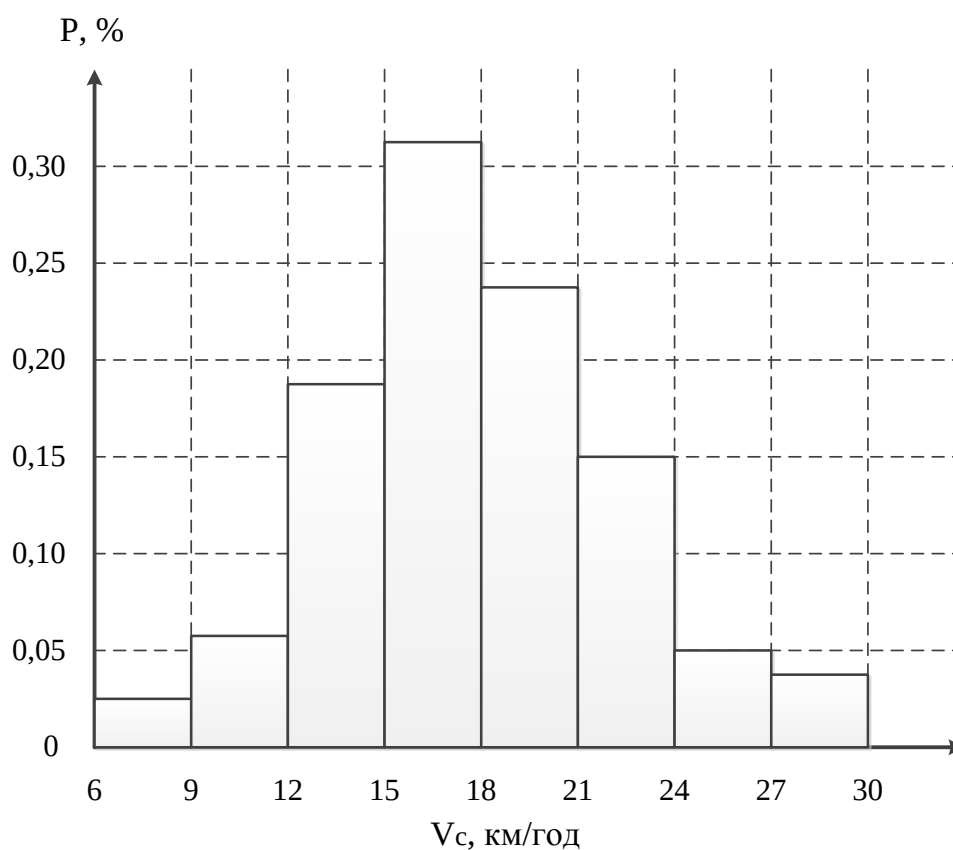


Рисунок 2.5 – Гістограма швидкості сполучення автобусів на мережі м. Кривий Ріг при звичайні формі руху

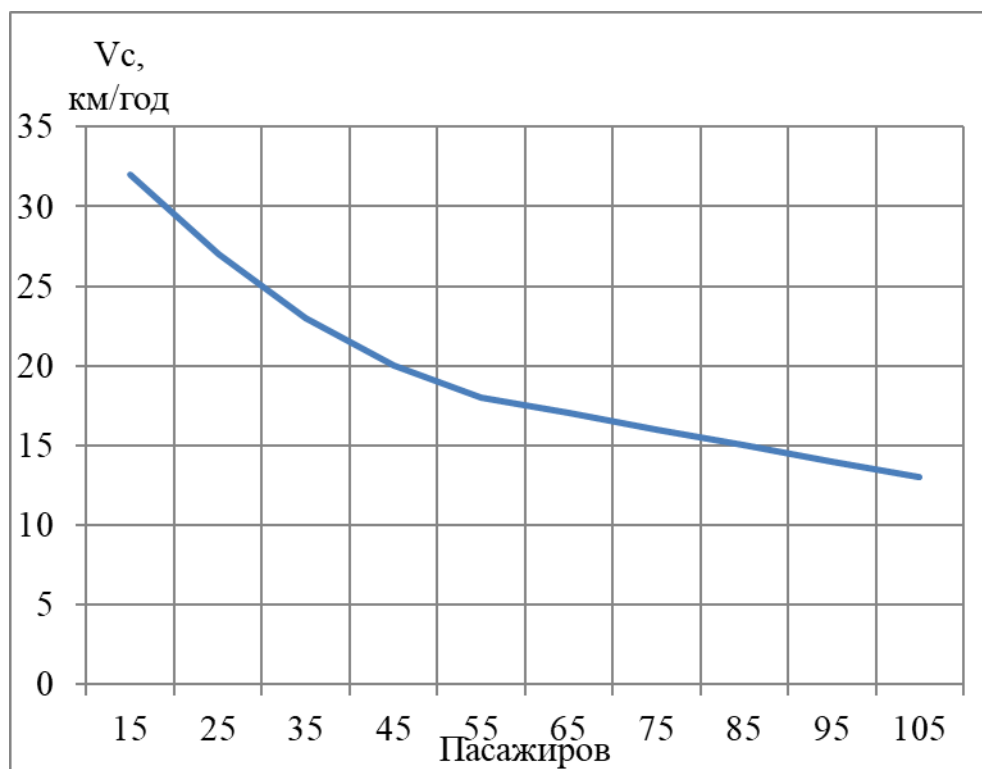


Рисунок 2.6 – Характер залежності швидкості сполучення автобусів Богдан А701 від наповненості їх салону

Обидва фактори мають суттєвий вплив на швидкість сполучення. Вона значно знижується за коротких відстаней між зупинками, наприклад, по місту Кривий Ріг коливається від 28 км/год при $L_n = 1,5$ км до 10 км/год при $L_n = 0,3$ км. Навіть невеликі скорочення часу простою на зупинках сприяють зростанню швидкості V_c , особливо це помітно для інтервалу 30 ... 50 с.

Швидкість сполучення в умовах оптимізованих відстаней між зупинками можна значно підвищити завдяки подальшому удосконаленню усієї організації дорожнього руху в місті. При цьому, на швидкість сполучення автобусів по маршрутах значно впливатимуть кваліфікація та стаж роботи водіїв. Проведені дослідження показали, що досвідчені водії витрачають часу на зупинках на 8... 10 секунд менше від водія-новачка. Висока кваліфікація водія також сприяє скороченню витрати палива. Виходячи з цього важливого фактору, доцільно запровадити в АТП систему підвищення кваліфікації водіїв з метою забезпечення їх ефективності роботи на різних за складністю маршрутах.

В комплексі заходів щодо підвищення рівня швидкості сполучення обов'язково в межах існуючої міської мережі мають бути вдосконалені розміщення зупинок, а також методика визначення інтервалів руху та кількості автобусів по окремих маршрутах.

Виходячи з розгляду наявних внутрішніх резервів державних автотранспортних підприємств з існуючим парком рухомого складу автобусів застарілих моделей, досить складно впроваджувати будь-які заходи стосовно підвищення швидкості сполучення на міських маршрутах. Тепер потрібно орієнтуватися на поновлення парку сучасними новими марками автобусів. На рівні АТП необхідно впровадити нескладні, проте науково обґрунтовані методики розрахункового дослідження очікуваних параметрів руху автобуса з визначенням технічної швидкості.

2.3 Скорочення витрат часу на пересування пасажирів містом та розрахунок потрібної кількості автобусів для різних режимів руху

Введений до критерію (2.3) показник витрат часу пасажирями для поїздок автобусами – є важливою кількісною характеристикою організації роботи автобусів.

Безпосередньо вона буде оцінюватись у абсолютному вимірі в частках години. Окрім того, у відносному безрозмірному вигляді також можна розглянути відношення загального для міста середнього часу t_z пересування пасажирів до фактичного конкретного часу t пересування пасажирів на розглянутому маршруті в заданий часовий період. Роль такого показника, як витрата часу на поїздку, зростає за останній період через конкуренцію між АТП з різними формами власності на автобуси, бо пасажирів віддаватимуть перевагу рейсам більш швидкої, надійної або дешевої поїздки.

Розгляд витрат часу пасажирів тісно пов'язаний з реалізацією засобів покращання таких параметрів організації автобусних перевезень, як відстань між зупинками, інтервали руху та швидкість сполучення автобусів, скорочення витрат часу на підхід до зупинки та відхід від зупинки до кінцевого пункту призначення. Попередньо вже має бути вирішене питання про розподіл на міських маршрутах автобусів в експресному, швидкісному та скороченому режимах руху. Крім того, принципово різняться витрати часу на безпосередній рух в транспортному засобі та додаткові допоміжні витрати часу пасажирів.

Згідно виразу (2.1) складовими частинами загальної витрати часу t пасажирів будуть (в годинах або частіше в хвилинах) такі відрізки часу: на підхід до зупинки t_{nid} , очікування автобуса $t_{оч}$, пересування маршрутом безпосередньо в автобусі $t_{авт}$, відхід від зупинки $t_{відх}$ [61].

Для визначення в першому наближенні середньої витрати часу на поїздку в автобусі (в хвилинах) можна скористатися виразом

$$t_{авт} = \frac{60 \cdot l_{сер}}{V_c}, \quad (2.11)$$

де $l_{сер}$ – середня відстань поїздки пасажирів, км;
 V_c – швидкість сполучення автобусів, км/год.

Встановлено [28], що чим коротша відстань поїздки, тим менше пасажир користується швидкісним автобусом, тому що ефект більшої швидкості гаситься

витратами часу на очікування автобусів та пересадки. Для вирівнювання витрат часу на пересування автобусів звичайного режиму руху з автобусами в швидкісному режимі необхідно, щоб різниця в додаткових витратах часу компенсувалась економією часу від збільшення швидкості руху, визначену як

$$t_{3в} - t_{ш} = \frac{60 \cdot l_{сер_3в}}{V_{с_3в}} - \frac{60 \cdot l_{сер_ш}}{V_{с_ш}}, \quad (2.12)$$

де $t_{3в}$ – час на пересування при звичайному русі автобусів, хв;

$t_{ш}$ – час на пересування швидкісному русі автобусів, хв;

$l_{сер_3в}$, $l_{сер_ш}$ – відповідно середні відстані поїздки при звичайному та швидкісному русі автобусів, км;

$V_{с_3в}$, $V_{с_ш}$ – швидкість сполучення у звичайному та швидкісному русі автобусів, км/год.

Необхідна кількість автобусів при швидкісному режимі руху паралельно з звичайним визначається за виразом

$$A_{ш} = \frac{(P_{max} - P_{шв}) \cdot t_{об_шв} \cdot k_n}{q_n}, \quad (2.13)$$

де P_{max} , $P_{шв}$ – пасажиропотоки максимальний та в швидкісному режимі руху, пас/год;

$t_{об_шв}$ – час обороту в швидкісному режимі, хв;

k_n – коефіцієнт внутрішньо-годинної нерівномірності пасажиропотоку;

q_n – пасажиромісткість автобуса, пас.

Обмежуючим критерієм кількості автобусів для роботи в швидкісному режимі може бути інтервал руху на звичайному основному маршруті.

Інтервал руху для автобусів, які працюють в швидкісному режимі, визначається так

$$I_{ш} = I \cdot \frac{P_{max} \cdot t_{об_3в}}{P_{шв} \cdot t_{об_ш}}, \quad (2.14)$$

де I – інтервал руху в звичайному режимі, хв;

$t_{об_3в}$ – час обороту автобусів в звичайному режимі, хв.

Час обороту автобусів в звичайному режимі дорівнює

$$t_{об_зв} = t_{зв} + t_{нз} + t_{кз} + n \cdot t_{зуп} \quad (2.15)$$

де $t_{зв}$ – час на пересування у звичайному режимі, хв;

$t_{нз}, t_{кз}$ – відповідно витрати часу на початковій та кінцевій зупинках, хв;

n – кількість проміжних зупинок на маршруті;

$t_{зуп}$ – середні витрати часу на зупинках, хв.

Як видно з формули (2.15) на витрати часу в швидкісному сполучені, а також і в звичайному режимі, найбільше впливає кількість зупинок, яка в свою чергу залежить від відстані між зупинками. Дослідження показали, що введення скорочених маршрутів значно підвищує швидкість пересування пасажирів, бо це дає можливість при одній і тій же кількості автобусів зменшити інтервал руху. При організації скорочених маршрутів основна трудність полягає в пошуку конкретного місця кінця цього маршруту для розвертання автобусів в зворотному напрямку. Інтервал руху автобусів на основному маршруті, після введення скорочених рейсів може бути встановлений як

$$I_o = I \cdot \frac{P_{дск}}{P_{пск}}, \quad (2.16)$$

де I – інтервал руху до введення скороченого маршруту, хв;

$P_{дск}, P_{пск}$ – число наданих пасажиромісць на основному маршруті відповідно до і після введення скороченого рейсу.

Інтервал руху автобусів на скороченому маршруті можна визначити по формулі

$$I_{ск} = I \cdot \frac{P_{дск}}{P_{дск} + \Delta P}, \quad (2.17)$$

де ΔP – ступінь покриття дефіциту запропонованих пасажиромісць.

Потрібна кількість одиниць автобусів для основного маршруту складає

$$A_o = \frac{t_{об_зв}}{I_o} \quad (2.18)$$

для скороченого

$$A_c = \frac{t_{об_ск}}{I_{ск}} \quad (2.19)$$

де $t_{об_зв}$, $t_{об_ск}$ – час обороту автобусів по звичайному та скороченому маршрутах, хв.

При цьому слід враховувати вираз, за яким

$$t_{об_ск} = \frac{2 \cdot l_{ск} \cdot 60}{V_{с_ск}} + t_{нз} + t_{кз}, \quad (2.20)$$

де $2 \cdot l_{ск}$ – довжина скороченого маршруту, км;

$V_{с_ск}$ – швидкість сполучення на скороченому маршруті, км/год.

Швидкість на скороченому маршруті повинна бути рівною швидкості сполучення для основного маршруту, тобто $V_{с_ск} = V_o$ і дорівнювати

$$V_{с_ск} = \frac{2 \cdot l_{ск} \cdot 60}{t_{об_ск}}. \quad (2.21)$$

Отже і на скороченому маршруті, аналогічно основному, на швидкість руху автобусів найбільший вплив мають як час обороту, так і кількість зупинок та відстані між ними. При скорочений і звичайній формах руху швидкість пересування пасажирів залежить від загальної відстані поїздки, інтервалу руху, швидкості сполучення, пасажиропотоку.

Для підвищення швидкості сполучення необхідно збільшувати відстані між зупинками, а це приводить до небажаного збільшення часу руху на відстані до зупинки, яку пасажир долає пішки.

Згідно моделей пішохідного руху [62] витрата часу на подолання зони пішохідної доступності до зупинки автобуса оцінюється за виразом

$$t_{нід} = \frac{k_{nn}}{V_n} \cdot \left(\frac{1}{\delta} + \frac{L_n}{4} \right), \quad (2.22)$$

де $k_{nn} = 1.2$ – коефіцієнт не прямолінійності підходу (відношення фактичної відстані пересування пішоходів до віртуальної найкоротшої відстані до зупинки по "повітряній лінії");

L_n – довжина перегону між зупинками, км;

$V_n = 4$ км/год – середня швидкість руху пішохода;

δ – щільність маршрутної автобусної мережі, км/км².

При оптимізації розміщення зупинок приймають до уваги відому залежність між швидкістю сполучення автобус в та довжиною перегонів

$$V_c = a \cdot L_n^b, \quad (2.23)$$

де a, b – емпіричні коефіцієнти, які для міських маршрутів становлять $a = 27,1$; $b = 0,387$.

Орієнтовно середні витрати часу пасажирів на очікування поїздки t_{oc} приймають такими, що дорівнюють половині інтервалу руху автобусів.

Вищевикладеними положеннями обґрунтовано вираз для обчислення витрат часу пасажирами на пересування, де враховані складові частини від підходу (відходу) до зупинки, очікування автобусу та поїздки в ньому, а саме

$$t = \frac{2 \cdot l_{zn}}{V_n} + \frac{I}{2} + \frac{l_{мзв}}{V_e}, \quad (2.24)$$

де $2 \cdot l_{zn}$ – відстань підходу (туди-назад) до зупинки, км;

$l_{мзв}$ – міжзупинкові відстані на маршруті, км.

Згідно виразу (2.24), при наперед визначених оптимальних відстанях між зупинками та середніх значеннях параметрів V_n та V_e найбільш суттєво та безпосередньо впливатиме на витрати часу пасажирами інтервал руху автобусів. В зв'язку з цим для організації автобусних перевезень суттєву роль відіграватиме обґрунтований вибір кількості автобусів, бо від нього залежить інтервал руху. Відомо, що саме відношення часу обороту $t_{об}$ автобуса на маршруті до загальної кількості обслуговуючих його одиниць рухомого складу чисельне приймають за певний інтервал руху.

Після визначення величини часу на пересування пасажирів, для розрахунку соціальних витрат B_{nep} до критерію (2.6) у грошовому вираженні за одиницю часу слід скористатися виразом

$$B_{nep} = t \cdot B_{nac}, \quad (2.25)$$

де B_{nac} – прийнята нормативна оцінка вартості витрат часу пасажиром, грн/год.

Вибір раціональної кількості певних марок автобусів за існуючими методами [61, 64] проводиться в залежності від наявного рухомого складу АТП, при детальному урахуванні відомостей про пасажиропотоки на маршрутах і протягом доби, місткості автобусів, тривалості рейсів, нерівномірності пасажиропотоку та інших параметрів. Базуючись на поширеній практиці використання таких методик, далі стисло розглянемо можливість їх розширення шляхом застосування запропонованого критерію (2.6) оцінки якості автобусних перевезень.

Як прийнято [28], час обороту одного автобуса при i -й формі руху на маршруті загальною довжиною L визначається залежністю

$$t_{об_i} = \frac{L}{V_{c_i}}, \quad (2.26)$$

де V_{c_i} – швидкість сполучення при i -й формі руху, км/год.

Швидкість сполучення встановлена з урахуванням кількості зупинок, довжини перегонів між ними на кожному маршруті.

Інтервал руху автобусів дорівнює, як відомо, відношенню часу обороту до кількості одиниць рухомого складу, які працюють на даному маршруті. Таким чином, впливати раціонально на інтервал руху, який має важливе значення для скорочення витрат часу пасажирів, можна в результаті вибору оптимальної кількості автобусів. За існуючою методикою [58] на початку розраховують проміжний параметр, який вказує на необхідну сумарну кількість пасажиромісць у рухомому складі (автобусах) для задоволення заданого потоку пасажирів за годину

$$A_q = \frac{P_{max_i} \cdot I \cdot k_n}{60}, \quad (2.27)$$

де P_{max_i} – максимальне значення пасажиропотоку на i -му маршруті, пас/год;

I – інтервал руху автобусів, год;

k_n – коефіцієнт внутрішньо-годинної нерівномірності пасажиропотоку.

Далі використовуючи дані щодо пасажиромісткості обраних конкретних марок автобусів, визначають необхідну їх кількість для кожного маршруту. Для загальної форми руху складено такий вираз

$$A_{n_i} = \frac{P_{max_i} \cdot t_{об_i} \cdot k_n}{60 \cdot q_n}, \quad (2.28)$$

де A_{n_i} – мінімально необхідна кількість одиниць автобусів на i -му маршруті;

$t_{об_i}$ – час обороту автобусів на i -му маршруті, год;

q_n – номінальна пасажиромісткість одного автобуса, пас.

Для скороченої форми руху тип і кількість автобусів визначаються аналогічно загальній формі, але виходячи із особливостей розподілу пасажиропотоку по довжині маршруту. Для швидкісної та експресної форм руху вибір автобусів залежить від максимального значення пасажирообміну початкового пункту. При цьому використовують епюру пасажирообміну зупинок по годинах доби (часу роботи автобусів), середнє значення максимального пасажирообміну має бути обчисленим, згідно положенню теорії експерименту, не менше ніж із семи вимірів.

Відносно формули (2.28) слід зауважити, що до неї включена пасажиромісткість q_n вибраної однієї марки автобуса. В сучасних умовах поширюється практика експлуатації на одному маршруті одночасно кількох типів автобусів, наприклад, середньої та малої місткості. Відповідно до цієї обставини слід очікувати на певну трансформацію даної формули, проте після проведення окремого самостійного дослідження.

В даній роботі прийнято положення про те, що згаданий вище розрахунок за існуючої методикою слід вважати за необхідний початковий або попередній етап для визначення кількості автобусів. Така методика в цілому придатна забезпечити перевезення усіх пасажирів даного маршруту в просторі і часі. Проте, остаточна раціональна кількість автобусів повинна обиратися після того, як будуть визначені та враховані параметри критерію (2.6) якості автобусного сполучення. Таке завдання визначено, як другий етап розрахунку кількості автобусів, а для його здійснення складено описану нижче нову методику.

Практичний досвід показав, що мінімальною кількістю автобусів A_{n_i} забезпечується існуючий пасажиропотік в просторі та часі на граничному рівні. Поряд з цим, бажано передбачити певний резерв автобусів для надійності та вищої якості сполучення. Досі вважалося, що від необґрунтованого збільшення кількості

автобусів на маршруті, проти необхідної мінімальної, загальний обсяг перевезених пасажирів не збільшиться, бо пасажиропотік є відносно стабільною величиною. Однак зараз мають підвищуватись також рівень обслуговування та комфортність поїздок. З другого боку, через збільшення кількості задіяних на маршрутах автобусів не повинні помітно зростати витрати автотранспортного підприємства на пасажирські перевезення. Щоб узгодити таке протиріччя, у даній методиці запропоновано звернутися до критерію (2.6) щоб оптимально спланувати вибір кількості рухомого складу на маршруті при заданому пасажиропотоці.

Мінімізація складових частин критерію (2.6) у вигляді соціальних $B_{пер}$, експлуатаційних $B_{експ}$ і екологічних $B_{екол}$ витрат та їх суми $\sum B$ буде досягнуто використанням певної оптимальної кількості автобусів A_{n_i} , розраховану за виразом (2.28) для i -го маршруту. Забезпечуючи заданий пасажиропотік по мінімуму часу, названа величина A_{n_i} відповідатиме мінімуму сумарних витрат $\sum B$. Крім того, кількість автобусів A_{n_i} ще знаходиться в зоні початкове обмежених значень інших складових витрат, а саме від екологічного забруднення міста $B_{екол}$ та експлуатаційних витрат $B_{експ}$ АТП. Головним позитивним результатом методики є те, що помітно знижуються соціальні витрати $B_{пер}$ пасажирів, пов'язані із загальним часом поїздки.

Якщо надалі не обґрунтовано збільшувати кількість автобусів відносно A_{n_i} , для того щоб зменшувати соціальні витрати пасажирів, тоді помітно та швидко зростатимуть екологічні та експлуатаційні витрати, враховані критерієм (2.6). Виходячи з того, що протягом доби на кожному маршруті найбільша потрібна кількість автобусів припадає на ранкові та вечірні години "пік", то розрахунки параметра A_{n_i} раціонально проводити орієнтуючись на ці години. При тому загальні витрати обчислюватимуться відносно однієї години.

За запропонованою послідовністю операцій спочатку слід розрахувати мінімальну кількість автобусів на маршруті, якою забезпечується пасажиропотік P_{max_i} , за відповідними формулами (2.27) та (2.28). Під час цих розрахунків корисно передбачити можливу оптимізацію параметрів, впливаючи на швидкість

сполучення, а загалом і на продуктивність автобусів. На наступному етапі визначаються складові частини та сумарні витрати відповідно до критерію (2.6).

Соціальні витрати пасажирів від поїздок автобусами спочатку мають бути визначеними для нормативного часу пересування, який буде забезпечено вибраною кількістю автобусів $A_{\min}$ саме:

$$t' = \frac{2 \cdot l_{3n}}{V_n} + \frac{t_{об_i}}{2 \cdot A_{n_i}} + \frac{l_{мзв}}{V_e}. \quad (2.29)$$

При збільшенні параметра A_{n_i} на один автобус час пересування кожного пасажирів можна знизити відповідно до величини

$$t'' = \frac{2 \cdot l_{3n}}{V_n} + \frac{t_{об_i}}{2 \cdot (A_{n_i} + 1)} + \frac{l_{мзв}}{V_e}. \quad (2.30)$$

Збільшення кількості автобусів на одиницю дає скорочення часу пересування пасажирів $\Delta t = t' - t''$.

На підставі загального виразу (2.25) скорочення соціальних витрат пасажирів перераховується для усього пасажиропотоку $P_{\max}$ у грошовому вираженні як

$$\Delta B_{пер} = \frac{P_{\max} \cdot \Delta t}{60} \cdot B_{нас}. \quad (2.31)$$

де $B_{нас}$ - оцінка вартості витрат часу пасажиром, грн/год.

Започаткований аналіз може бути продовжено таким чином, що зменшуючи інтервал руху на хвилину, підраховують скорочення витрат часу пасажирів для цих інтервалів руху. З одержаних результатів обирають раціональне значення кількості автобусів A_{n_i} .

Експлуатаційні витрати АТП на перевезення пасажирів автобусами $B_{експ}$ можна визначити, спираючись на початкові вирази (2.7), (2.10) і традиційні методики нормування пасажирських перевезень [59].

Відомо, що ефективність діяльності будь-якої галузі господарювання базується на категоріях продуктивності та собівартості. Застосовуючи ці поняття до

пасажирських перевезень, слід враховувати продуктивність використання автобусів, яка залежить від таких факторів як енерго-забезпеченість, кваліфікація, організація роботи. Для автобусів продуктивність може бути визначена в пас/добу

$$PR = \frac{q_n \cdot \gamma_{cm} \cdot V_e \cdot \beta}{L + V_e \cdot \beta \cdot t_n} \cdot t_{об_i} \cdot n_{об}, \quad (2.32)$$

де q_n – пасажиромісткість автобусів в години "пік", пас;

γ_{cm} – статичний коефіцієнт використання пасажиромісткості;

V_e – експлуатаційна швидкість автобуса, км/год;

β – коефіцієнт використання пробігу;

L – відстань поїздки пасажирів, км;

t_n – сумарний простій автобусів за оборот, год;

$t_{об_i}$ – тривалість обороту автобуса на маршруті, год.

До фактору енерго-забезпеченості можна умовно відносити пасажиромісткість автобусів q_n , до кваліфікації – швидкість руху (частково), на яку має вплив управління автобусом з боку водія. Решта параметрів у виразі (2.32) залежить від організації та управління перевезень (повністю), хоча частково існує залежність від швидкості V_e .

Раніше встановлено, що чим більшою буде досягнута продуктивність автобусів, тим нижчою стане собівартість перевезень для автотранспортного підприємства, грн/пас

$$C = \frac{\sum_{i=1}^m B}{Q}, \quad (2.33)$$

де $\sum_{i=1}^m B$ – сума витрат, що складається з m видів затрат АТП, грн;

Q – обсяг перевезень, пас.

Визначення суми витрат краще відносити до одного кілометра пробігу автобусів, а через річний пробіг підраховувати усі витрати, включаючи постійні. Це дасть можливість встановити собівартість одного кілометра пробігу, а знаючи

середню відстань поїздки пасажирів, можна знайти собівартість перевезення одного пасажирів на i -му маршруті.

Надалі неможливо обминути того факту, що коли з метою зниження соціальних витрат пасажирів здійснюється певне збільшення кількості автобусів на маршруті від A_{min} до A_{opt} то цим зменшуватиметься коефіцієнт використання їх пасажиромісткості. А звідси будуть зростати питомі витрати, тобто собівартість перевезень [58]. Виходячи з цього, необхідною умовою для розрахунку собівартості є визначення статичного коефіцієнта використання пасажиромісткості γ_{cm} при кожному новому значенні інтервалу руху. Слід зауважити, що при початково розрахованому інтервалі руху I_p забезпечується вимога перевезення пасажирів з умовою повного використання пасажиромісткості кожного автобуса і тоді $\gamma_{cm} = 1$. А при зменшеному інтервалі $I - 1$ коефіцієнт γ_{cm} стане меншим одиниці. Відповідно записується пропорція

$$\frac{I_p}{\gamma_{cm}} = \frac{I_{p-1}}{\gamma'_{cm}} \quad (2.34)$$

де I_p – інтервал руху (розрахунковий), хв;

γ_{cm} – коефіцієнт використання пасажиромісткості при інтервалі I_p ;

I_{p-1} – інтервал руху, зменшений на 1 хвилину, хв;

γ'_{cm} – значення коефіцієнту використання пасажиромісткості при зменшенні інтервалу до I_{p-1} .

Звідси визначено, що

$$\gamma'_{cm} = \frac{\gamma_{cm} \cdot I_{p-1}}{I_p}. \quad (2.35)$$

Тоді кількість автобусів при I_{p-1} буде

$$A_{n-i} = \frac{t_{об-i}}{I_{p-1}} \quad (2.36)$$

З метою перевірки важливого положення, наскільки при зменшенні коефіцієнта використання місткості автобуса будуть збільшуватись питомі витрати на перевезення одного пасажирів, проводяться за формулами (2.10), (2.32) і (2.33) послідовні математичні розрахунки собівартості перевезення одного пасажирів залежно від статичного коефіцієнту використання місткості автобусів на певному маршруті. Умовою оптимізації згідно критерію (2.6) буде мінімальна сума витрат $\sum B$ на перевезення за умови необхідного задоволення пасажиропотоку в просторі та часі.

Екологічні витрати на відшкодування наслідків забруднення довкілля міст і населених пунктів в наслідок експлуатації автобусів досі оцінюють орієнтовно. За даними з опублікованих джерел, узагальнено знаходять екологічні витрати за годину перевезення потоку з Q пасажирів мінімальною кількістю автобусів A_{min} за виразом

$$t_{екол} = \frac{Q \cdot L_{заг} \cdot B_{1000}}{1000} / A_{min}, \quad (2.37)$$

де $L_{заг}$ – загальна довжина маршруту, км;

B_{1000} – екологічні витрати на перевезення 1000 пас-км, грн.

У виразі (2.37) екологічні витрати віднесені до одного автобуса. Тоді сумарні екологічні витрати за годину на маршруті залежно від кількості автобусів A_{opt} , які фактично працюють на лінії, дорівнюватимуть

$$B_{екол} = t_{екол} \cdot opt. \quad (2.38)$$

Проведений аналіз результатів розрахунку за вищевикладеною методикою підтвердив її прийнятність для використання з метою оптимізації вибору кількості автобусів для міських пасажирських перевезень поряд з існуючими методиками. Застосування критерію (2.6) загалом сприяє поліпшенню комфорту і якості перевезень, що корисно не тільки пасажирів, але і автотранспортним підприємствам в умовах конкуренції з іншими перевізниками. Визначена за введеним критерієм (2.6) тенденція до зменшення інтервалів руху може

впроваджуватись тепер більш реально чим раніше, завдяки застосуванню автобусів малої місткості для часткової заміни автобусів середнього класу, а також у поєднанні з ними на одному і тому ж маршруті.

Проведені розрахунки прикладів показали, що із застосуванням критерію для загальної форми руху автобусів іноді можливе певне збільшення потрібної їх кількості (на 8 ... 10%), хоча це виправдовується поліпшенням якості перевезень. Проте наступними дослідженнями визначено, що уникнути цього збільшення рухомого складу дозволяє запровадження одночасно загальної та комбінованої форм руху автобусів.

В цілому викладений загальний підхід до вибору "оптимальної" кількості автобусів відповідає впровадженню принципів логістики в організацію процесів експлуатації рухомого складу на автомобільному транспорті [64].

2.4 Теоретичні основи перерозподілу автобусів по міській пасажирській транспортній системі в години "пік" та контролю за розкладом їх руху

Для покращання експлуатації автобусів у великих містах і особливо конгломератах, на розширених мережах яких задіяна досить вагома кількість рухомого складу, підвищується практичне значення регулювальних заходів. До них належать оперативне запровадження швидкісних та скорочених рейсів, перерозподіл частини автобусів з одного маршруту на другий, у разі коли години "пік" не співпадають [58], гнучке корегування щоденно розкладів руху та оперативне управління роботою автобусів на міських маршрутах.

Маршрутом називається регламентований шлях слідування рухомого складу при виконанні перевезень. Маршрути бувають маятникові та кільцеві. Маятниковим називають такий маршрут, при якому шлях руху у прямому та зворотному напрямках проходить по одній і тій же дорозі. Кільцевим називають такий маршрут, при якому шлях руху проходить по замкнутому контуру (рис. 2.7).

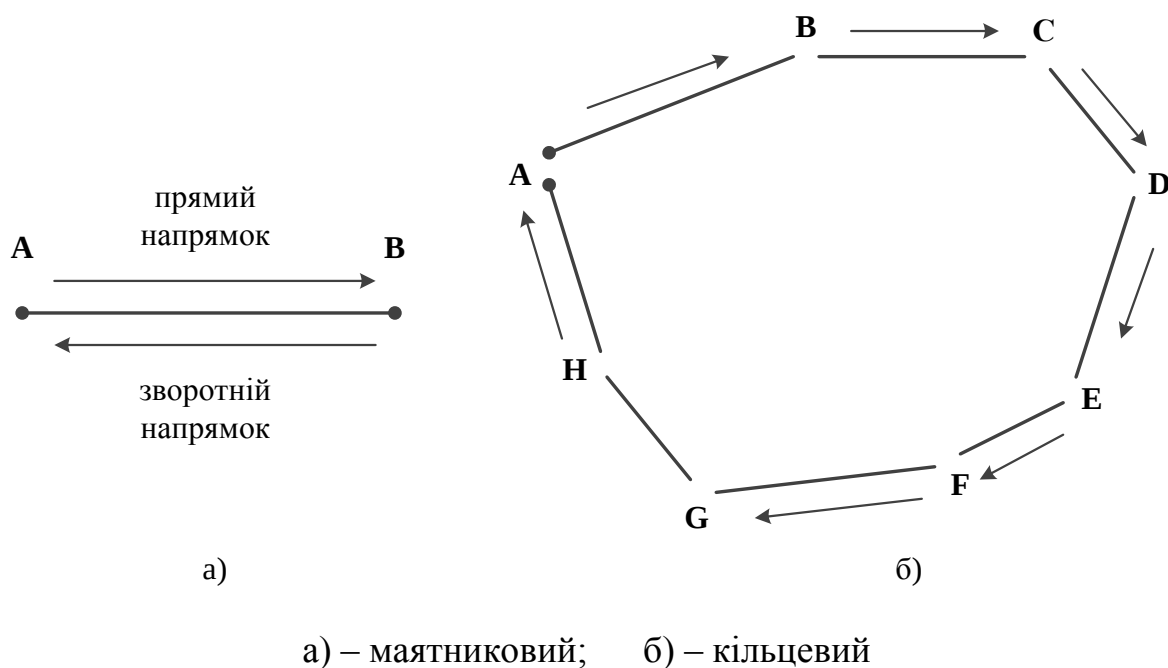
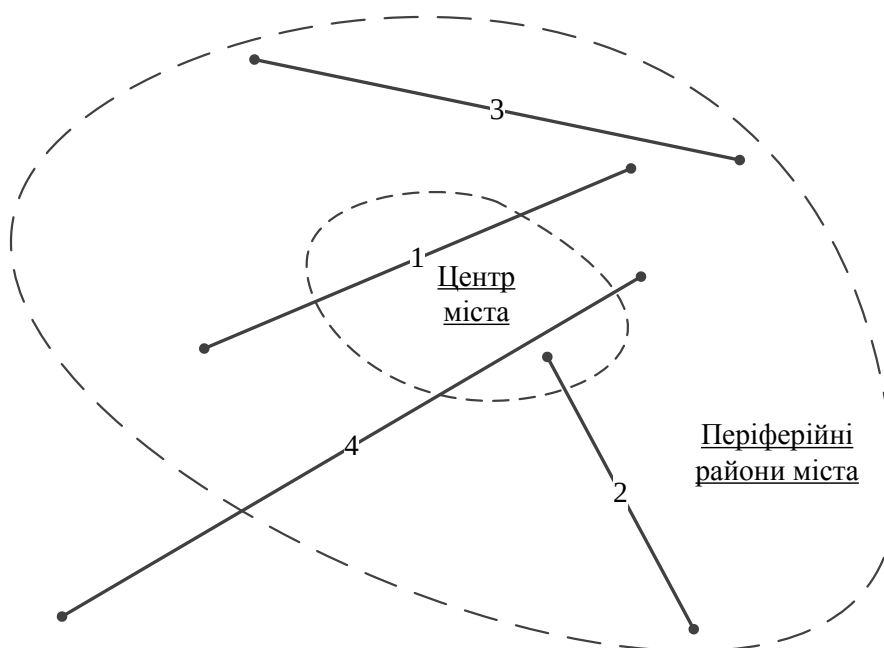


Рисунок 2.7 – Схема маятникового та кільцевого маршрутів

Міські маршрути в залежності від розташування на території міста поділяються на діаметральні, радіальні, тангенціальні та вільотні (рис. 2.8).



1 – діаметральний; 2 – радіальний; 3 – тангенціальний; 4 – вільотний

Рисунок 2.8 – Види маршрутів в залежності від розташування на території міста

Діаметральний маршрут – це такий маршрут, що з'єднує периферійні райони міста і проходять через центр. Радіальний маршрут з'єднує периферійні райони

міста з центральною частиною. Тангенціальний маршрут – це такий маршрут який з'єднує периферійні райони міста і не проходить через центр міста. Вильотні маршрути виходять за межі обслуговуючого району, але за характером відповідні основним маршрутам міської транспортної мережі.

Сукупність міських маршрутів утворює транспортну мережу міста. Міська мережа для кожного міста є індивідуальною в залежності від історії розвитку міста.

Дослідження, проведені на автобусних маршрутах м. Кривий Ріг, показали, що в години "пік" можливо як постійних захід впроваджувати більш рівномірне використання рухомого складу за місткістю шляхом перерозподілу автобусів у відповідності до зміни пасажиропотоків на маршрутах. Виходячи з цього положення, за пропозиціями автора розроблялася та була впроваджена методика перерозподілу автобусів по маршрутах в години "пік".

Для формування можливих варіантів перерозподілу автобусів необхідно, щоб коефіцієнт використання місткості автобусів на лімітованому піковому перегоні за контактний період був більшим одиниці, а на передислокованому перегоні в цей же період був меншим одиниці. Взагалі вважається, що вибираючи оптимальну пасажиромісткість автобусу на міжпікові періоди доцільно приймати інтервал руху наближеним до інтервалу пікового режиму.

Під контактним періодом розуміти час, за який здійснюється перестановка автобусів з маршруту на маршрут. Інтервал руху між періодами "пік" на двох маршрутах має дорівнювати (або бути більшим) часу перегону автобусів з маршруту на маршрут. Формування можливих варіантів перерозподілу здійснюється в такій послідовності [56].

Спершу визначають коефіцієнт наповнення автобусів на лімітованому перегоні за контактний період спостереження

$$K_{на} = \frac{P_{max_n} \cdot k_n \cdot t_{об} \cdot l_{сер}}{A_{пik} \cdot q_n \cdot t_k \cdot l_m}, \quad (2.39)$$

де P_{max_n} – кількість пасажирів, перевезених за години "пік", пас;

k_n – коефіцієнт внутрішньо-годинної нерівномірності пасажиропотоку;

$t_{об}$ – час обороту автобусів на маршруті, год;

$l_{сер}$ – середня відстань поїздки пасажирів, км;

A_{nik} – кількість автобусів в години "пік"

q_n – пасажиромісткість автобуса, пас;

t_k – тривалість контактного періоду спостереження на маршрутах, год;

l_m – довжина маршруту, км.

Як маршрут, на якому буде виконуватись передислокація, слід обирати маршрут з найбільшим коефіцієнтом k_n . Оптимальна кількість автобусів, що підлягають передислокації, повинна визначатись, виходячи з мінімуму сумарних витрат часу очікування пасажирів на зупинках, год:

$$t_{30ч} = \frac{(P_{max} \cdot t_{оч} + t_{від}) + P_{max_nep} \cdot (t_{оч_nep} + t_{від_nep})}{60}, \quad (2.40)$$

де P_{max} – максимальне значення пасажиропотоку на маршруті, з якого можна вилучити автобуси за контактний період, пас;

P_{max_nep} – максимальне значення пасажиропотоку на маршруті, на який передислокують автобуси, пас;

$t_{оч}, t_{оч_nep}$ – відповідно середні витрати часу очікування пасажирів на зупинках маршрутів, з якого можна вилучити і на який можна передислокувати автобуси за контактний період, хв;

$t_{від}, t_{від_nep}$ – відповідно середні витрати часу пасажирів з причини відмови від поїздки через переповнення транспорту на зупинках маршрутів, з якого можна вилучити і на який можна передислокувати автобуси за контактний період, хв;

Мінімальне значення витрат часу на пересування пасажирів відповідає оптимальній кількості передислокованих автобусів на маршруті

$$A_{nep} = A_n - A_{opt}, \quad (2.41)$$

де A_n, A_{opt} – кількість автобусів, відповідно, при вихідному та оптимальному їх розподіленні на маршруті.

Після визначення оптимальної кількості автобусів, що підлягають передислокації між маршрутами за усіма можливими варіантами перерозподілу,

обирається їх раціональна кількість. Критерієм вибору цієї кількості є максимальне скорочення витрат часу пасажирів на пересування. Величина скорочення сумарних витрат часу на пересування визначається за формулою, год:

$$\Delta t_{\text{сум}} = t_{\text{сум}} - A_{\text{сум_opt}}, \quad (2.42)$$

де $t_{\text{сум}}$, $t_{\text{сум_opt}}$ – сумарні витрати часу на пересування, відповідно, при вихідному та оптимальному їх розподіленні на маршруті, год

Щоб визначити сумарні витрати часу пасажирами на пересування $t_{\text{сум}}$, використовується вже відомий вираз з урахуванням обсягу перевезень

$$t_{\text{сум}} = \left(\frac{2 \cdot l_{\text{зн}}}{V_n} + \frac{I}{2} + \frac{L}{V_c} \right) \cdot P_{\text{пас}}, \quad (2.43)$$

де $2 \cdot l_{\text{зн}}$ – відстань від (до) зупинки, км;

V_n – швидкість пішохода, км/год;

I – інтервал руху для вихідного маршруту, год;

L – відстань поїздки пасажирів, км;

V_c – швидкість сполучення автобуса, км/год;

$P_{\text{пас}}$ – обсяг перевезень за добу, пас.

Після вибору раціонального варіанту, відповідна пара автобусів виключається з групи попередньо відібраної кількості. Формування можливих варіантів перерозподілу автобусів для вибору чергового раціонального варіанту здійснюється аналогічним методом.

При складанні розкладу рейсів інтервал руху автобусів визначається як

$$I = \frac{t_{\text{об}}}{A_n \pm A_{\text{пер}}}, \quad (2.44)$$

де $t_{\text{об}}$ – час обороту автобусів на маршруті, год;

A_n – кількість працюючих автобусів, шт;

$A_{\text{пер}}$ – кількість передислокованих автобусів.

Економічний ефект підраховується, виходячи з економії часу пасажирів, а також з урахуванням зменшення лінійних витрат палива.

Важливим заключним етапом організації роботи автобусів, після визначення форм руху і потрібної загальної кількості, постає складання розкладу руху автобусів, розподілених по маршрутах. Різні методики вирішення такого завдання у теоретичному та практичному напрямках висвітлювались багаторазово в літературі з питань пасажирських перевезень [65, 66].

В даній роботі проведено порівняльний критичний аналіз з оцінкою таких методів, які в сучасних умовах більш прийнятні у містах–конгломератах. Далі викладено послідовність операцій складання розкладу руху автобусів, яка застосована у ряді АТП міста Кривого Рогу, і не є складною та узгоджується з існуючими відомими положеннями. Перш ніж скласти розклад руху автобусів, потрібно виконати розрахунок необхідного обсягу роботи автобусів на маршруті в автобусо-годинах:

$$t_{a2} = \sum t_{a2m} + (t_2 - t_1), \quad (2.45)$$

де $\sum t_{a2m}$ – сумарні автобусо-години роботи автобусів на маршруті;

t_1 – додаткові автобусо-години, кореговані рівнем "мінімум";

t_2 – додаткові автобусо-години, кореговані рівнем "максимум".

Кількість автобусо-змін на маршруті обчислюється за виразом

$$A_3 = \frac{t_{a2} + \sum t_0}{t_{3m}} \quad (2.46)$$

де $\sum t_0$ – сумарний час нульових рейсів, автобусо-години;

t_{3m} – тривалість зміни, год.

Індикатор кількості змін роботи автобусів визначається як

$$\Delta A_3 = A_3 - 2 \cdot A_n \quad (2.47)$$

де $2 \times A_n$ – подвоєна кількість автобусів, які виділені для роботи на маршруті.

Вирішення цього рівняння може мати три результати, які враховуються у розкладі руху, а саме:

- якщо $\Delta A_3 = 0$ – автобуси працюють у дві повні зміни по A_n автобусів;
- коли $\Delta A_3 > 0$ – кількість автобусів, які працюють в третю зміну, має становити ΔA_3 , а решта працюють в дві зміни;
- при $\Delta A_3 < 0$ – кількість автобусів, які працюють в одну зміну, дорівнюватиме $A_n + \Delta A_3$ (фактично $A_n - \Delta A_3$), а A_n автобусів – в другу.

Розглянемо на прикладі, який представлений на рис. 2.9 всі перераховані вище варіанти значень індикатора кількості змін роботи автобусів ΔA_3 . На рисунку виписані по осі абсцис послідовно години доби (у зростаючому порядку з ранку до ночі), а по осі ординат у масштабі відкладені величини кількості працюючих A_n автобусів на маршруті. На рис. 2.9 також проведено дві горизонтальні лінії, якими відмічені максимальний та мінімальний рівні використаної кількості автобусів.

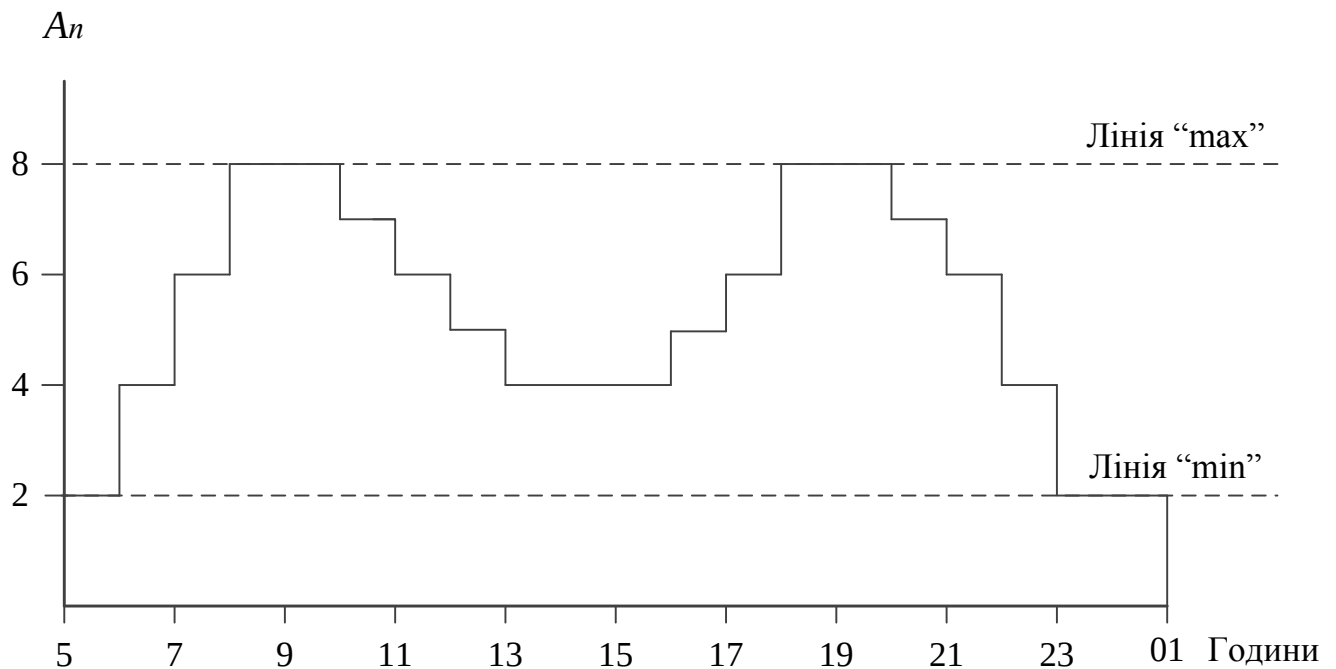


Рисунок 2.9 – Розподіл працюючих автобусів на маршруті по годинам доби

Розрахуємо обсяг роботи автобусів на маршруті в автобусо-годинах, а саме:

$$\begin{aligned}
 \sum t_{a2m} = & 2_{авто} \cdot 1_{год} + 4_{авто} \cdot 1_{год} + 6_{авто} \cdot 1_{год} + 8_{авто} \cdot 2_{год} + 7_{авто} \cdot 1_{год} + \\
 & + 6_{авто} \cdot 1_{год} + 5_{авто} \cdot 1_{год} + 4_{авто} \cdot 3_{год} + 5_{авто} \cdot 1_{год} + \\
 & + 6_{авто} \cdot 1_{год} + 8_{авто} \cdot 2_{год} + 7_{авто} \cdot 1_{год} + 6_{авто} \cdot 1_{год} + 4_{авто} \cdot 1_{год} + \\
 & + 2_{авто} \cdot 2_{год} = 106_{автогод}.
 \end{aligned}$$

Підрахуємо кількість годин, які припадають на мінімальну та максимальну кількість працюючих автобусів, тобто лінії "min" і "max" рис. 2.9. Таким чином

додаткові автобусо-години, кореговані рівнем "мінімум", а саме $t_1 = 2_{авто} \cdot 3_{год} = 6_{автогод}$, і додаткові автобусо-години, кореговані рівнем "максимум", а саме $t_2 = 2_{авто} \cdot 4_{год} = 8_{автогод}$ (прийmemo у цьому прикладі 2 додаткових (резервних) автобуса).

$$t_{a2} = \sum t_{a2m} + (t_2 - t_1) = 106_{авто} \cdot год + (8_{авто} \cdot год - 6_{авто} \cdot год) = 108_{автогод}.$$

Приймаючи сумарний час нульових рейсів $\sum t_0$ рівним 4 *автогод*, а тривалість зміни t_{3m} рівною 8 год, відповідно (2.46) маємо:

$$A_3 = \frac{t_{a2} + \sum t_0}{t_{3m}} = \frac{108_{авто} \cdot год + 4_{авто} \cdot год}{8_{год}} = 14_{авто}.$$

Відповідно (2.47) індикатор кількості змін роботи автобусів визначається як $\Delta A_3 = A_3 - 2 \cdot A_n$. Покладемо A_n , тобто кількість автобусів, які виділені для роботи на маршруті, відповідно 7, 6 і 8. Виходячи з цього, маємо:

- при $A_n = 7$ $\Delta A_3 = 0$ – усі автобуси працюють у дві зміни (по 7 автобусів);
- при $A_n = 6$ $\Delta A_3 > 0$ – кількість автобусів, які працюють в третю зміну, має становити ΔA_3 , а решта працюють в дві зміни (тобто 6, 6 і 2 автобусів);
- при $A_n = 8$ $\Delta A_3 < 0$ – кількість автобусів, які працюють в одну зміну, дорівнюватиме $|\Delta A_3|$, а решта – в другу (тобто 8 і 6 автобусів).

Розглянемо розподіл автобусів по змінах при значенні індикатора кількості змін роботи автобусів ΔA_3 , якій дорівнює 0, тобто коли на маршрут виділено 7 автобусів. На рис. 2.10 перші 2 автобуса пропрацюють дві повні зміни і чотири години у третю (на рис. 2.10 вони позначені штриховкою наступного вигляду ).

Наступні 2 автобуса також пропрацюють дві повні зміни і одну годину у третю (на рис. 2.10 вони позначені штриховкою наступного вигляду ). 5-ий автобус відпрацює по шість годин у кожен з двох змін (на рис. 2.10 вони позначені штриховкою наступного вигляду ). Шостий автобус відпрацює по п'ять годин у кожен з двох змін (на рис. 2.10 вони позначені штриховкою наступного вигляду .

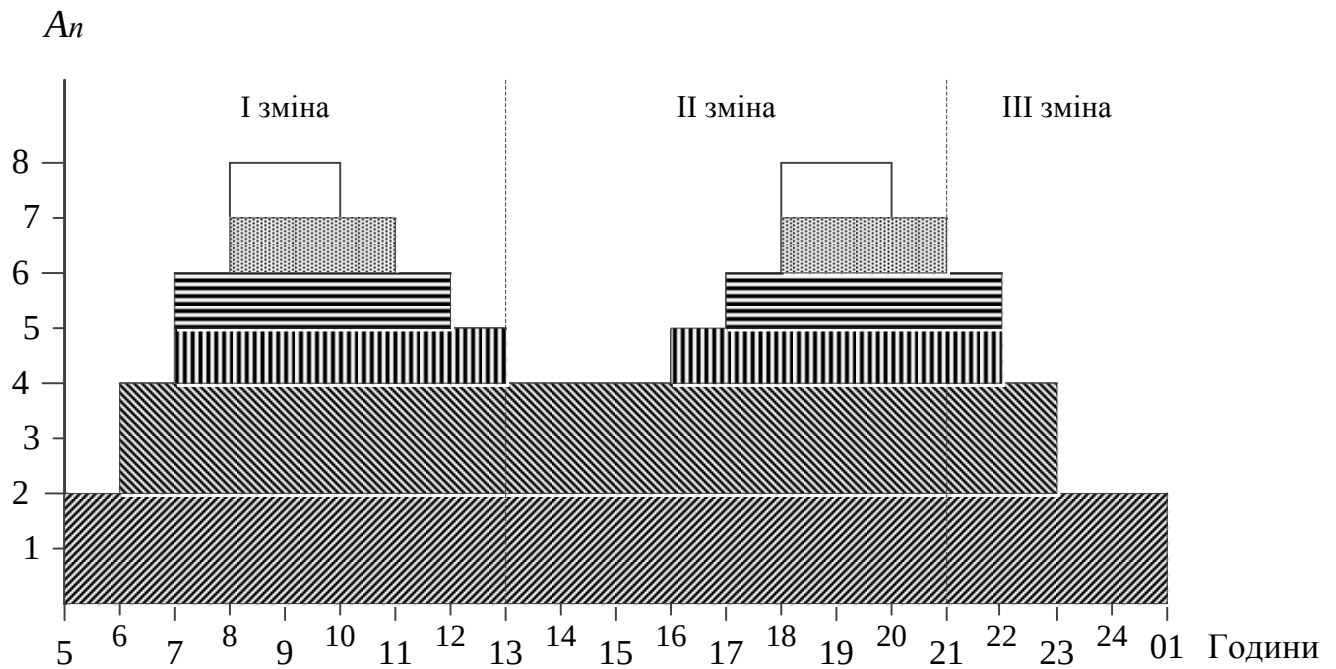


Рисунок 2.10 – Розподіл працюючих автобусів на маршруті по змінам

Сьомий автобус відпрацює по три години у кожну з двох змін (на рис. 2.10 вони позначені штриховкою наступного вигляду ■). Восьмий автобус буде взятий з числа резервних автобусів і відпрацює по дві години у кожну з двох змін (на рис. 2.10 вони взагалі не мають штриховки). У відповідності з [67] достатня кількість транспортних засобів визначається як кількість автобусів, необхідних для виконання перевезень, та кількість резервних транспортних засобів, яка становить 10 відсотків для міського, приміського сполучення та 20 відсотків для міжміського сполучення. Для нашого прикладу це складає принаймні один резервний автобус.

Кількість водіїв, необхідних для виконання розкладу руху автобусів на маршруті за місяць обчислюють за наступним співвідношенням

$$B_m = \frac{T_{z_mic}}{T_{v_mic}} \quad (2.48)$$

де . T_{z_mic} – загальний час роботи водіїв на маршруті за місяць, год;

T_{v_mic} – фонд робочого часу одного водія за місяць, год.

Попередньо слід встановити значення необхідного загального часу роботи водіїв на маршруті за місяць

$$T_{3_mic} = A_{n_max} \cdot T_{a_d} \cdot D_{mic}, \quad (2.49)$$

де A_{n_max} – максимальна кількість працюючих на маршруті автобусів;

T_{a_d} – час роботи автобуса на маршруті за добу, год;

D_{mic} – кількість днів у місяці.

Використовуючи годинні групи, розраховують кількість водіїв в кожній часовій групі

$$B_z = \frac{B_m}{N}, \quad (2.50)$$

де N – кількість автобусів в кожній годинній групі.

Маршрутний розклад руху автобусів оформлюють таблицями. До параметрів розкладу руху входять: час виходу автобусів із АТП та витрачений на нульовий пробіг час; час прибуття в пункти початку (А) та кінця (Б) маршруту, час простою на кожній зупинці.

Оперативне управління та контроль за виконанням розкладу руху автобусів має враховувати, в цілому специфічну організацію пасажирських перевезень у містах-конгломератах. Головними відмінними особливостями автобусних перевезень в м. Кривому Розі є найбільша в Україні довжина маршрутів та середня дальність переміщення пасажирів, а також різке коливання пасажиропотоків в просторі і в часі. Все це призводить до того, що в один і той же період на частині маршрутів не вистачає пасажиромісць, а на інших навпаки.

На одних і тих же маршрутах пасажиропотоки мають (залежно від ділянки маршруту) потребу в пасажир-місцях від 0.5 до 1.5. В таких умовах поліпшити пасажирські перевезення можна лише їх оптимізацією (розгалуження пасажиропотоків, впровадження різних форм руху автобусів) та шляхом оперативного управління транспортним процесом (перестановка автобусів з одного маршруту на інший, контроль за регулярністю руху, тощо).

У великих містах оперативно впливають на транспортний процес пасажирських перевезень заходи по впровадженню автоматизованих систем диспетчерського управління автобусами. В літературі широко висвітлені досягнення в галузі розроблення і застосування різного типу автоматизованих систем для міського транспорту [68]. Глибоко змістовними є математичні методи моделювання систем

управління на базі ЕОМ, створення високотехнічного електронного обладнання для керування потоками транспортних засобів, вдосконалення світлофорного регулювання рухом автомобілів. Темпи впровадження таких складних систем у містах значно сповільнилися в сучасний період, тому заслуговує на увагу використання локальних нескладних систем диспетчерського управління міським транспортом.

Удосконалення засобів управління та контролю роботи рухомого складу особливо ускладнилося зараз з багатьох причин. В сучасний період це пов'язано з тим, що на міських маршрутах з'явилися автобуси різних форм власності. Тому виникла необхідність адміністративного посиленого контролю не лише за оплатою проїзду згідно тарифу, а і за зборами коштів водіями приватних та орендних автобусів.

Певний контроль тепер здійснюється за допомогою мобільних груп по районах маршрутної мережі міста на службових автомобілях. До складу мобільної групи входять працівники податкової інспекції та поліції. Така об'єднана група проводить оперативну перевірку ліцензії на право здійснення пасажирських перевезень, санітарного та технічного стану автобусів, дотримання водіями фінансової дисципліни, а також маршрутів і графіків руху.

2.5 Науково-методичні основи організації міських автобусних перевезень у рамках теорії масового обслуговування

У виробничій діяльності і повсякденному житті часто виникають такі ситуації, коли з'являється необхідність в обслуговуванні вимог, або заявок, що поступають в систему. Інколи системи обслуговування володіють обмеженими можливостями для задоволення попиту, і це приводить до утворення черг.

Особливістю всіх задач, пов'язаних з масовим обслуговуванням, є випадковий характер досліджуваних явищ. Кількість вимог на обслуговування, часові інтервали між їх надходженнями і тривалість обслуговування випадкові. Тому основним апаратом опису систем обслуговування виявляється апарат теорії випадкових процесів, зокрема марківських.

Кожній з систем масового обслуговування (СМО) властива певна організація. По складу системи обслуговування бувають одноканальні (з одним каналом) і багатоканальні (з багатьма каналами). Багатоканальні системи можуть складатися з приладів як однаковою так і різній продуктивності.

У системах з очікуванням, заявка, заставши всі обслуговуючі прилади зайнятими, стає в чергу і чекає до тих пір, поки один з обслуговуючих приладів не звільниться. Це найбільш багато чисельна група СМО.

У системах з очікуванням можуть бути наступні різновиди в дисципліні обслуговування черги вимог:

- вимоги до обслуговування приймаються в порядку черговості надходження їх в систему;
- в першу чергу обслуговуються ті вимоги, які мають великий ступінь пріоритету;
- вимоги до обслуговування приймаються у випадковому порядку.

Кожна вимога характеризується моментом надходження в систему масового обслуговування та деякими додатковими ознаками (виражають його пріоритет, необхідність термінового обслуговування і т.д.). Частіше всього розглядають однорідні вимоги, які відрізняються лише моментами надходження в систему.

Всякій СМО характерна структура, яка визначається складом елементів і функціональними зв'язками. Основні елементи системи наступні: вхідний потік вимог, прилади (канали) обслуговування, черга вимог і вихідний потік.

Вхідний потік представляє множину вимог, які надходять в систему і потребують обслуговування. Потік вимог може створюватися і в середині системи (наприклад, після виконання одних операцій потребується виконання наступних). Крім того, надходження вимог може залежати від стану СМО. Але в більшості випадків вхідний потік розглядається як об'єкт, зовнішній по відношенню до СМО і задається своїми статистичними властивостями незалежно від її функціонування.

Оскільки вхідний потік – це деяка множина моментів часу, його властивості можна вивчати, абстрагуючись від конкретної природи вимог. Вважається, що в момент надходження вимоги відбувається подія. Тоді множина моментів, коли

відбуваються події, називається потоком однорідних подій. Випадковим потоком подій називається поява однорідних подій у випадкові моменти часу [69, 70].

Розглянемо часову ось рисунка 2.11. Потік подій – це послідовність «випадкових» точок $\delta_1 < \delta_2 < \dots < \delta_n$ на осі, розділених часовими інтервалами $T_i = (\delta_{i+1} - \delta_i)$, $i \in N$, довжина яких випадкова.

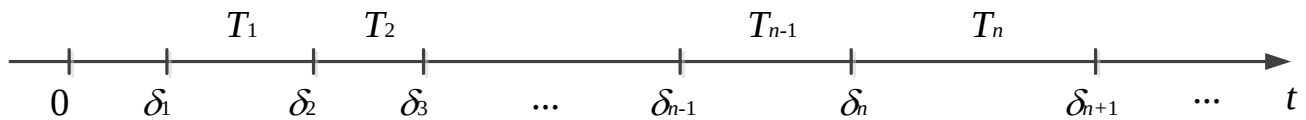


Рисунок 2.11 – Часова вісь надходження випадкових подій

Потоки подій різняться за законами розподілу довжин інтервалів T_i між подіями, за їх залежністю або незалежністю, регулярністю та ін.. Найбільш вивчені потоки, які мають такі властивості:

- а) стаціонарність – всі імовірнісні характеристики не змінюються з часом;
- б) відсутність післядії – для будь-яких непересічних тимчасових інтервалів на тимчасовій осі, число подій які знаходяться на одному інтервалі, не залежить від того, скільки їх і як вони опинилися на іншому інтервалі;
- в) ординарність – практична неможливість на досить малому часовому інтервалі з'явитися двом і більше подіям.

Якщо в деякій системі S переходи від одного її стану в будь-який інший задовольняють умови найпростішого потоку, то говорять, що має місце пуассонівський процес з безперервним часом. Зворотне також справедливо.

Дисципліна черги. Вимоги, що надходять до системи обслуговуються в порядку черги – дисципліни черги: «перший прийшов – перший обслугований». Інша дисципліна черги: «останній прийшов – перший обслугований» – це обслуговування за пріоритетом. Обслуговування вимог може також бути випадковим.

Механізм обслуговування характеризується тривалістю і характером процедури обслуговування. Обслуговування може здійснюватися за принципом: «одна вимога – один канал обслуговування». Якщо в системі декілька каналів обслуговування, то паралельно можуть обслуговуватися декілька вимог. Часто використовують групове

обслуговування, тобто одну вимогу обслуговує одночасно декілька каналів, або один канал одночасно обслуговує декілька вимог одночасно. Якщо вимога обслуговується послідовно декількома приборами – це багатофазне обслуговування. Після закінчення обслуговування вимога покидає систему.

Аналіз СМО дозволяє зробити раціональний вибір структури та процесу обслуговування [71, 72]. Для цього потрібно розробити показники ефективності СМО. До показників, які характеризують ефективність функціонування системи відносяться: середня довжина черги; середній час очікування обслуговування; середнє число зайнятих каналів; середній час простою каналу обслуговування; коефіцієнт завантаженості системи та інші. Часто вводяться економічні показники. Розглянемо загальну структуру СМО (рис. 2.12) й призначення її основних компонентів.

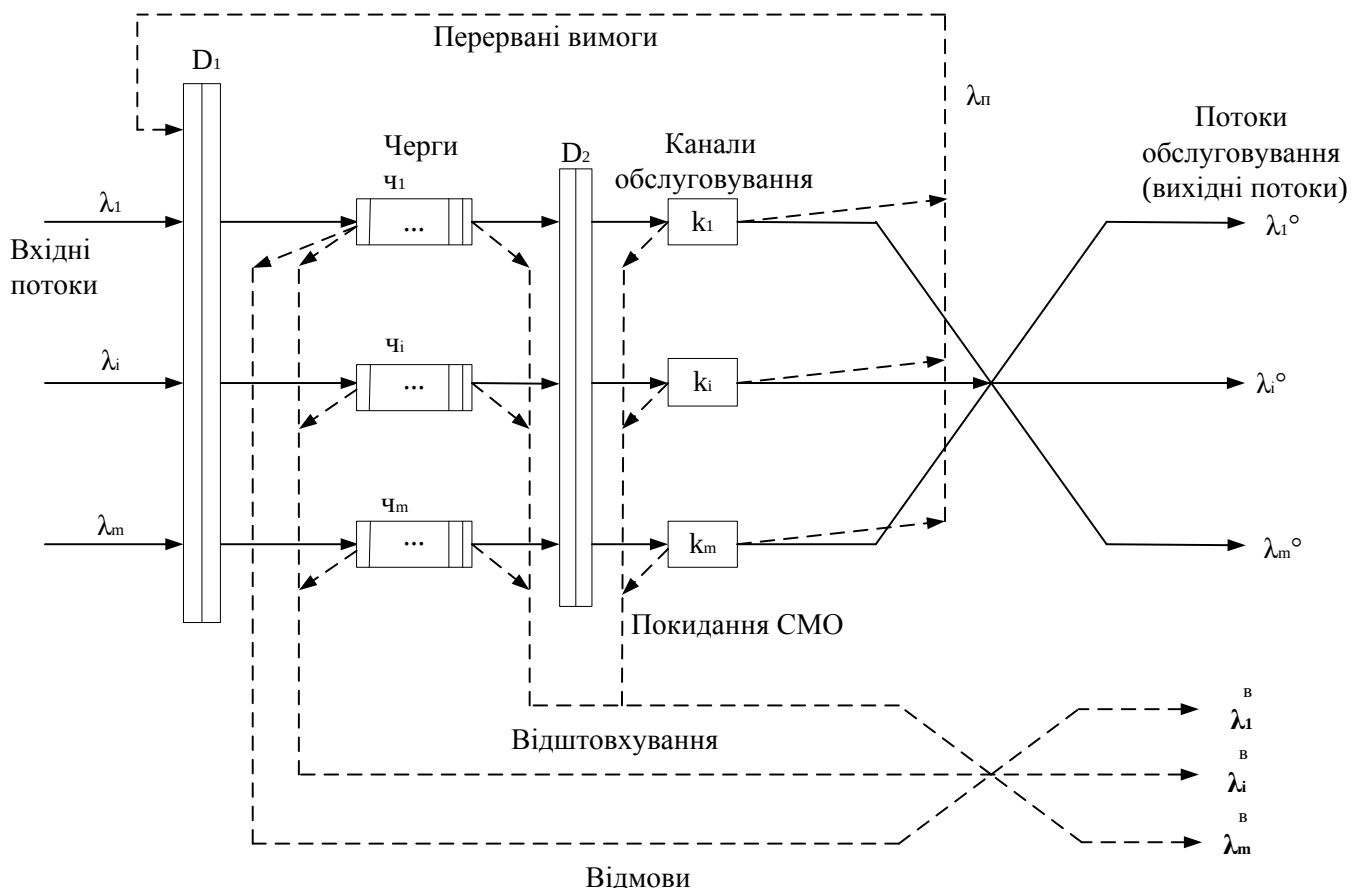


Рисунок 2.12 – Загальна схема системи масового обслуговування

Вимоги на обслуговування, які поступають у систему з інтенсивністю ($\lambda_1 \dots \lambda_m$) надходять на вхід до СМО і в залежності від типу вимог за допомогою дисципліни черги D_1 ставиться у відповідні черги ($ч_1 \dots ч_m$). Їх обслуговування виконується

каналами обслуговування ($k_1 \dots k_m$). Для кожного каналу обслуговування вважаються відомими функції розподілу часу обслуговування цих вимог. Призначення кожної з вимог черги c_i ($i = \overline{1, m}$) до каналу k_j ($j = \overline{1, m}$) здійснюється в загальному випадку за допомогою дисципліни D_2 , що призначає черговість обслуговування.

В результаті роботи каналів обслуговування формуються вихідні потоки обслужених вимог з інтенсивністю ($\lambda_1^0 \dots \lambda_m^0$). Якщо в момент надходження вимоги є вільні канали, обслуговування починається без очікування. Але у випадку, коли канали зайняті, то вимога за допомогою дисципліни обслуговування D_1 ставиться в одну з черг ($c_1 \dots c_m$).

Також в СМО існують ще два побічних потоку вимог – потік перерваних вимог λ_{Π} і вимог, які покинули систему не обслугованими ($\lambda_1^B \dots \lambda_m^B$). Перший потік вимог знову повертається в систему, другий же покидає її безповоротно. Причинами формування першого потоку можуть бути, наприклад, якась невідповідність умовам, що пред'являються до вимог, а другого потоку – також якась невідповідність умовам, що пред'являються до вимог, або поява в системі більш пріоритетної вимоги, або завершення часу, яке було виділено на вимогу тощо.

Час обслуговування – одна з найважливіших характеристик каналу обслуговування, яка визначає пропускну спроможність системи.

В теорії масового обслуговування час обслуговування $t_{обс}$ прийнято вважати випадковою величиною [73, 74]. Причиною цього може бути нестабільність роботи самих каналів обслуговування, різновид параметрів вимог, які надходять до системи.

Випадкова величина $t_{обс}$ повністю характеризується відповідним законом розподілу:

$$F(t) = P\{t_{обс} < t\}. \quad (2.51)$$

Цей закон визначається шляхом статистичних досліджень. На практиці найчастіше припускають гіпотезу про експоненціальний закон розподілу обслуговування:

$$F(t) = 1 - e^{-\mu t}, \quad (2.52)$$

де $\mu = \frac{1}{t_{\text{обс}}}$ інтенсивність обслуговування, а $t_{\text{обс}}$ – математичне очікування часу обслуговування.

Оскільки припущення про експоненціальний закон розподілу часу обслуговування не завжди відповідає дійсності, то запропоновано використовувати щільність розподілу часу обслуговування Ерланга.

Закон Ерланга описує розподіл суми k незалежних випадкових величин, кожна з яких розподілена експоненціальне:

$$\varphi_k = \frac{(\mu \cdot k)^k \cdot t^{k-1}}{(k-1)!} e^{-\mu k t}, \quad k = 1, 2, \dots, \quad \varphi_k(t) \equiv 0 \text{ при } t < 0. \quad (2.53)$$

Тому (2.50) описує розподіл сумарного часу обслуговування в системі із k послідовно з'єднаних каналів.

Вихідний потік має велике значення особливо, якщо він сам утворює вхідний потік для подальших каналів обслуговування. Це буває в багатофазних системах, що складаються з послідовно розташованих груп або одиночних каналів. При цьому потік вимог повинен пройти через всі канали, розташовані послідовно. Природно, що пройшовши через групу каналів, потік спотворюється. У загальному випадку вихідний потік вже не буде простим – йому властива післядія.

Під ефективністю обслуговуючої системи розуміють характеристику рівня виконання цією системою функцій, для яких вона призначена. Показники ефективності залежать від трьох груп чинників: характеристик якості і надійності системи обслуговування; економічних показників (її вартості, витрат на експлуатацію і ін.); особливостей ситуації, в якій експлуатується система (параметрів потоку вимог, обмежень на довжину черги і т. д.).

Ефективність систем обслуговування можна характеризувати великим числом різних кількісних показників. Найчастіше застосовуються наступні [75, 76]:

1. Ймовірність втрати вимоги в СМО. Стосовно систем обслуговування ця величина дорівнює ймовірності того, що всі n каналів зайняті обслуговуванням. Її позначають P_n або $P_{\text{втрата}}$.

2. Ймовірність того, що обслуговуванням зайняті k каналів – P_k . Окремим випадком є P_0 – вірогідність того, що всі канали вільні.

3. Середнє число зайнятих каналів характеризує ступінь завантаження системи і визначається:

$$N_z = \sum_{k=1}^n k \cdot P_k. \quad (2.54)$$

4. Середнє число каналів, вільних від обслуговування визначається:

$$N_o = \sum_{k=0}^{n-1} (n - k) \cdot P_k. \quad (2.55)$$

5. Похідним від цього показника є коефіцієнт простою каналів:

$$K_n = \frac{N_o}{n}. \quad (2.56)$$

6. Коефіцієнт завантаження каналу обслуговування:

$$K_z = \frac{N_z}{n}. \quad (2.57)$$

Для систем з очікуванням використовують додатково характеристики:

а) середній час очікування вимог:

$$T = M(t_{oc}) = \int_0^{\infty} t dP_1(t_{oc} > t), \quad (2.58)$$

$$\text{де } P_1(t_{oc} > t) = \sum_{k=0}^n k \cdot P_k(t_{oc} > t) \quad (2.59)$$

де $P_1(t_{oc} > t)$ – умовна ймовірність того, що час очікування $t_{oc} > t$ за умови, що у момент надходження вимоги у систему в ній вже обслуговувалося k вимог;

б) ймовірність того, що час перебування вимоги в черзі не продовжиться більше певної величини:

$$P_2(t_{оч} > t) = \sum_{k=n}^{\infty} k \cdot P_k(t_{оч} > t). \quad (2.60)$$

в) середня довжина черги:

$$M_{оч} = \sum_{k=n}^{\infty} (k - n) \cdot P_k, \quad k \geq n. \quad (2.61)$$

г) середнє число заявок у системі обслуговування:

$$M = \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot P_k = M_{оч} + N_3. \quad (2.62)$$

д) ймовірність того, що число вимог в черзі, які очікують початку обслуговування, більше деякого числа:

$$P_{k>m} = \sum_{k=m+1}^{\infty} P_k \quad (2.63)$$

Окрім перерахованих критеріїв, при оцінці ефективності СМО можуть бути використані економічні показники:

$q_{обс}$ – вартість обслуговування кожної вимоги в системі за одиницю часу, грн;

$q_{оч}$ – вартість втрат, пов'язаних з очікуванням вимог в черзі за одиницю часу, грн;

$q_{зб}$ – вартість збитків, пов'язаних з тим, що вимога покинула систему (для систем з втратами), грн;

$q_{ек}$ – вартість експлуатації в системі кожного каналу в одиницю часу, грн;

$q_{нк}$ – вартість простою каналу обслуговування за одиницю часу, грн.

2.6 Висновки до розділу 2

1. В попередніх наукових розробках недостатньо вивчався вплив ринкових відносин та конкуренції між перевізниками на рівень обслуговування пасажирів особливо у великих містах. Для підвищення продуктивності та якості міських

автобусних перевезень було розроблено методику та визначено параметри, з використанням яких можна удосконалювати транспортний процес відповідно до сучасних умов діяльності АТП.

2. Вибір форми організації руху, а саме звичайної, скороченої, швидкісної, експресної або їх комбінацій був визначений за допомогою епюр розподілу середнього значення пасажиропотоку по довжині маршруту і одночасно пов'язувався з визначенням типу автобусів, задіяних для обслуговування тих чи інших розглянутих маршрутів, бо від цього потім залежатиме розрахунок кількості потрібних моделей автобусів.

3. Проведені розрахунки витрат часу на пересування пасажирів містом та потрібної кількості автобусів для різних форм організації руху показали, що із застосуванням критерію для загальної форми руху автобусів іноді можливе певне збільшення потрібної їх кількості (на 8...10%), що виправдовується поліпшенням якості перевезень. Проте наступними дослідженнями визначено, що уникнути цього збільшення рухомого складу дозволяє запровадження одночасно звичайної та комбінованої форм руху автобусів.

4. Важливим етапом організації роботи автобусів на маршрутах міської пасажирської транспортної мережі, після визначення форм руху автобусів і потрібної їх загальної кількості, постає складання розкладу руху автобусів, розподілених по маршрутах. В роботі використовується методика, яка пов'язана з розрахунком необхідного обсягу роботи автобусів на маршрутах в автобусо-годинах.

5. Науково-методичні основи організації міських автобусних перевезень у рамках теорії масового обслуговування дозволяють зробити раціональний вибір структури та процесу обслуговування міських пасажирських транспортних систем та визначити основні показники їх функціонування, а саме: середню довжину черги; середній час очікування обслуговування; середнє число зайнятих каналів; середній час простою каналу обслуговування; коефіцієнт завантаженості системи та інші.

6. Результати досліджень даного розділу викладено у наступних публікаціях [2, 10, 11, 15].

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ ЗАСАДИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

3.1 Ймовірнісний підхід щодо визначення оптимальної кількості резервних автобусів на маршруті

При моделюванні розв'язується задача визначення оптимальної кількості *резервних* автобусів. Задача резервування автобусів у загальному випадку може бути описана в термінах теорії надійності або теорії масового обслуговування: сходження автобуса з лінії еквівалентне відмові елемента системи; автобус, який очікує виходу на маршрут для підміни автобуса, що зійшов з лінії, знаходиться у *ненавантаженому резерві* (резервний елемент або його стан, при якому імовірність відмови цього елемента до його використання дорівнює нулю); послідовно виникаючі недовипуски і сходження автобусів з лінії утворюють потік вимог на заміну і т. ін. [30, 38].

Приймаючи імовірність сходження (недовипуску) одного автобуса рівною p_{cx_n} при A працюючих автобусах, маємо

$$P_z = 1 - (1 - p_{cx_n})^A, \quad (3.1)$$

де P_z – імовірність виникнення збою у процесі перевезень.

Якщо припустити, що:

- *наявність* автобусів в резерві автопідприємства може приймати два умовних значення, а саме: 0 – якщо вони відсутні (або їх недостатньо) і 1 – якщо вони є в наявності у необхідної кількості;
- *укомплектованість* маршруту автобусами може приймати також два умовних значення, а саме: 0 – якщо маршрут частково не укомплектований і 1 – якщо повністю укомплектований,

то з точки зору теорії статистики теоретично можливі чотири ситуації, які можна представити у вигляді таблиці 3.1.

Ці ситуації мають таке пояснення:

– *перша*: резерву недостатньо, або він взагалі відсутній і тому утворюється черга на поповнення маршруту резервними автобусами замість автобусів, що зійшли з лінії, тому що маршрут частково не укомплектований;

Таблиця 3.1 – Таблиця відповідності ситуацій умовам їх появи

Назва ситуації	Наявність резервних автобусів	Укомплектованість маршруту автобусами
<i>Перша</i>	0	0
<i>Друга</i>	0	1
<i>Третя</i>	1	0
<i>Четверта</i>	1	1

– *друга*: резерв автобусів повністю використаний, але маршрут повністю укомплектований рухомим складом;

– *третя*: ця ситуація може мати три випадки – *перший*, якщо кількість резервних автобусів менша кількості автобусів, які зійшли з маршруту (повторюється *перша* ситуація); *другий*, якщо кількість резервних автобусів дорівнює кількості автобусів, які зійшли з маршруту (повторюється *друга* ситуація); *третій*, якщо кількість резервних автобусів більше кількості автобусів, які зійшли з маршруту (повторюється *четверта* ситуація);

– *четверта*: резерв (частина резерву) простоює через повну укомплектованість маршрутів рухомим складом.

Аналізуючи наведені ситуації можна зробити наступні висновки, а саме:

– *друга* ситуація повністю задовольняє умовам нормальної експлуатації автобусів на маршруті і тому вона може бути викреслена з подальшого розгляду;

– *третя* ситуація повністю моделюється іншими ситуаціями і тому вона також може бути викреслена з подальшого розгляду.

Перша ситуація супроводжується втратами *першого* роду, які виникають внаслідок появи кратних інтервалів руху, що приводить до підвищення сумарних витрат часу пасажирів на пересування.

Четверта ситуація супроводжується втратами *другого* роду, наявність яких викликає непродуктивні простой деякої кількості автобусів в резерві внаслідок відсутності потреби в них на даний момент часу. Якщо б цього не було, то використання даних автобусів на маршрутах привело б до зменшення витрат часу пасажирів на пересування.

Можливі декілька варіантів постановки задачі визначення оптимального числа резервних автобусів. Наприклад, можна задатись імовірністю нестачі резервних автобусів і визначити їх потрібне число, або можна мінімізувати математичне сподівання сумарних втрат часу пасажирів на очікування автобуса, тобто втрат як *першого*, так і *другого* роду.

Число резервних автобусів для компенсації недовипуску автобусів на маршруті (резерв АТП) доцільно визначити *першим* із зазначених способів, тобто знаходженням імовірності нестачі резервних автобусів. Це пояснюється тим, що із АТП випускають всі налагоджені автобуси, що знаходяться в його розпорядженні (лінійні і резервні). Тому втрати *другого* роду практично відсутні.

Якщо імовірність сходження (недовипуску) p_{cx_n} як резервних, так і лінійних автобусів однакова, то імовірність P_n недовипуску m автобусів із A запланованих випуску на лінію можна знайти за формулою розподілу Бернуллі [47]:

$$P_n = C_A^m \cdot p_{cx_n}^m \cdot (1 - p_{cx_n})^{A-m}, \quad (3.2)$$

де m – кількість недовипущених автобусів.

Якщо при цьому імовірність недовипуску резервного автобуса є дуже малою, то

$$P_n = C_{A-R}^m \cdot p_{cx_n}^m \cdot (1 - p_{cx_n})^{A-m-R}, \quad (3.3)$$

де R – кількість резервних автобусів.

Складова C_A^m являє собою кількість сполук, тобто

$$C_A^m = \frac{A!}{m! \cdot (A-m)!} = \frac{A \cdot (A-1) \cdot (A-2) \cdot \dots \cdot [A-(m-1)]}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot m}. \quad (3.4)$$

Задаємося тепер імовірністю нестачі R резервних автобусів P_R . Резерву буде не вистачати, якщо недовипуск m автобусів на лінію буде перевищувати кількість резервних автобусів R . Імовірність того, що недовипуск буде рівним або меншим за прийняте число резервних автобусів R складає

$$P_R(0 \leq m \leq R) = \sum_{m=0}^R P_m. \quad (3.5)$$

Таким чином, накопичуючи суму ймовірностей $P_R(0 \leq m \leq R)$ при різних значеннях m , розрахунок можна припинити у випадку, коли після додавання чергового додатка накопичена сума перевищить значення $(1 - P_R)$. Поточне значення m , при якому наступить така ситуація, і є шуканим числом резервних автобусів R .

Кількість резервних автобусів у розпорядженні центральної диспетчерської служби (ЦДС) визначають за методикою, заснованою на мінімізації математичного сподівання суми втрат *першого* і *другого* роду. Для цього необхідне отримати залежності, що дозволяють розраховувати ці втрати для різних варіантів (комбінацій) сходжень автобусів з маршруту [12].

Визначення часу очікування пасажиром посадки в автобус з урахуванням втрат першого роду. Час очікування пасажиром автобуса можна подати як складову двох компонент: основного часу очікування t_1^{oc} , який визначається інтервалом і регулярністю руху автобусів на маршруті, і *допоміжного* часу, що залежить від відмови пасажиру у посадці в автобус внаслідок його переповнення. Величина t_1^{oc} розраховується за формулою

$$t_1^{oc} = \frac{I + \frac{\bar{\delta}^2}{I}}{2} = \frac{\overline{I_{ef}}}{2}, \quad (3.6)$$

де I – планований розрахунковий інтервал руху автобусів на маршруті;

$\bar{\delta}$ – стандартне відхилення інтервалу руху автобусів від розкладу руху по маршруту;

$\overline{I_{ef}}$ – середній маршрутний ефективний інтервал руху автобусів.

Під *ефективним* інтервалом розуміють такий, який при *регулярному* русі автобусів на маршруті забезпечив би такий час очікування, як і *плановий* при *нерегулярному* русі [48].

При сходженнях автобусів з маршрутів або недовипуску автобусів із АТП в розкладі руху утворюються «вакансії», які приводять до виникнення *кратних* інтервалів і збільшенню втрат часу пасажирів на очікування. На рисунку 3.1, як приклад, показані можливі варіанти сходження з маршруту трьох автобусів.

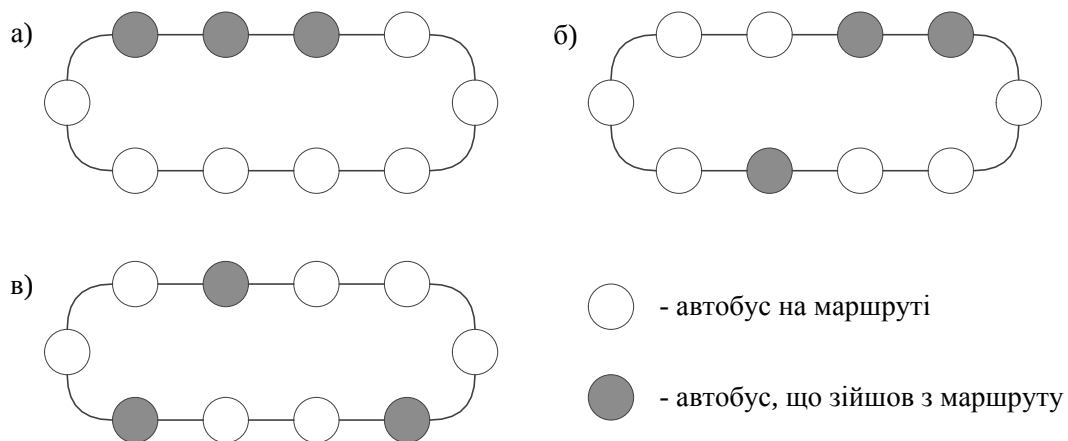


Рисунок 3.1 – Варіанти сходжень трьох автобусів з маршруту:

- а) три автобуси зійшли підряд;
- б) два автобуси зійшли підряд, а третій в іншому місці;
- в) всі три автобуси зійшли в різних місцях.

В практичних розрахунках, пов'язаних з оцінкою надійності перевізного процесу, зазвичай невідомо заздалегідь, в якому місці маршруту виникла «вакансія». Ця обставина приводить до збільшення величини t_1^{oc} , яке враховується коефіцієнтом K_A^T . Тоді

$$t_1^{oc} = \frac{\bar{I}_{ef}}{2} \cdot K_A^T. \quad (3.7)$$

Значення коефіцієнта визначається із умови:

$$K_A^T = \begin{cases} (A+m+1)/(A-m+1), & \text{якщо } 0 < m < A; \\ 1, & \text{якщо } m = 0; \\ 2 \times A + 1, & \text{якщо } m = A. \end{cases} \quad (3.8)$$

Визначення часу очікування пасажиром посадки в автобус з урахуванням втрат другого роду. Відомо, що інтервал руху автобусів на маршруті обернено пропорційний їх числу. Так як внаслідок випадковості процесу заздалегідь невідомі маршрути, на яких з найбільшим ефектом можуть бути використані резервні автобуси, то можна передбачити, що інтервали на маршрутах і відповідно середній маршрутний інтервал збільшується пропорційне надлишку автобусів. Тому

$$t_2^{oc} = \frac{\bar{I}_{ef} \cdot (A_{\text{л}} - R + m)}{2 \cdot A_{\text{л}}} \quad \text{при } R > m, \quad (3.9)$$

де $A_{\text{л}}$ – прийнята у даному варіанті кількість автобусів на лінії.

Безпосередній вибір оптимальної кількості резервних автобусів виконують у такій послідовності [77]:

1. На підставі евристичних міркувань ініціюють можливу ситуацію

$$S = \langle Z_{\text{сх}}, Z_{\text{в}}, Z_{\text{лр}} \rangle, \quad (3.10)$$

де $Z_{\text{сх}}$ – кількість сходжень автобуса із маршрутної лінії;

$Z_{\text{в}}$ – кількість «вакансій» в розкладі руху;

$Z_{\text{лр}}$ – залишок автобусів в резерві.

2. Розраховують імовірність появи цієї ситуації $P(S)$.
3. Розраховують витрати часу на очікування пасажиром посадки в автобус з урахуванням відповідно втрат *першого* (t_1^{oc}) і *другого* (t_2^{oc}) роду.
4. Визначають середній зважений час очікування:

$$t_{\text{св}}^{oc} = (t_1^{oc} + t_2^{oc}) \cdot P(S). \quad (3.11)$$

5. Розрахунки за п.п. 1-4 повторюють для числа автобусів в резерві $R+1$, $R+2$, Оптимальним буде варіант, який забезпечує мінімальні втрати часу.

3.2 Теоретичні основи побудови імітаційної моделі щодо визначення оптимальної кількості резервних автобусів на маршруті

Імітаційне моделювання даної транспортної системи дає можливість відобразити реальні обставини, що виникають в процесі її функціонування, і вирішити такі задачі [78, 79]:

- урахувати різні перехідні стани системи;
- дослідити характеристики транспортної системи в залежності від кількості резервних автобусів, їх дислокації і т. ін.;
- урахувати контрольний розподіл збоїв у русі автобусів за часом і можливість їх повернення на маршрут із ремонту за поточну добу;
- урахувати зміну кількості резервних і лінійних автобусів в експлуатації в окремі періоди доби у відповідності з пасажиропотоками і т. ін.

Специфічність процесу міських автобусних перевезень полягає у тому, що вони мають яскраво виявлену добову циклічність [3, 20, 21]. В той же час у межах доби або зміни окремі стани процесу (наприклад, сходи) настають нерегулярно, у випадкові моменти часу.

Виходячи з цього, при розробці імітаційної моделі для відображення поведінки системи виділяється *зовнішній цикл – доба*, і *внутрішній цикл – частина доби*. Зовнішній цикл побудовано за “*принципом Δt* “, а внутрішній – за *принципом особливих станів*.

При розробці моделі використовуються такі поняття:

- *доба* – цикл роботи автобусів, починаючи з випуску на маршрути і закінчуючи поверненням автобусів в парк;
- *вакансії* – місця в розкладі руху, фактично незабезпечені автобусами;
- *заміщення* (недовипуску або сходу) – вихід резервного автобуса для ліквідації вакансії;
- *черга на заміщення* – черговість вакансій з домовленим пріоритетом (може

просуватися також за рахунок повернення на маршрути відремонтованих автобусів);

- *дисципліна черги* – порядок надання пріоритету;
- *довипуск* – випуск лінійного автобуса на маршрут з запізненням;
- *повернення на лінію* – повернення лінійного автобуса на маршрут із ремонту

в поточну добу;

– *особливі моменти (ОМ)* – моменти часу в межах поточної доби, в які транспортна система зазнає якісних змін (сходження, недовипуски, повернення на лінію, заміщення, довипуски, кінець доби, зміна планової кількості автобусів в експлуатації протягом доби);

– *інтервал стаціонарного стану (ІСС)* – інтервал часу, протягом якого система перебуває в якісно однорідному стані, тобто в межах даного інтервалу немає особливих моментів. Межами ІСС є особливі моменти.

В моделі прийняті такі вихідні передумови і припущення:

- при наявності резерву заміна резервним автобусом невипущеного відбувається миттєво;
- недовипуск автобусів виникає тільки в заздалегідь задані періоди доби (часові межі відмовлення) і залежить від числа автобусів, що випускаються на лінію в дану годину доби;
- інтенсивність сходів залежить від кількості автобусів, що знаходяться в експлуатації у розглядуваний період доби;
- заміщення автобуса, що зійшов з лінії, відбувається при наявності резерву через деякий модельований проміжок часу;
- при поверненні на лінію автобуса, який заміщався резервним, звільнення останнього, тобто резервного відбувається миттєво;
- кожна нова доба починається в однакових умовах (для кожної реалізації), тобто, план випуску автобусів і статистичні характеристики збоїв постійні;
- резервні автобуси, які знаходяться у черзі на заміщення (у відстії), вважаються такими, що знаходяться у ненавантаженому резерві;
- резервні автобуси, які заміщують ті, що зійшли з лінії, мають однакові з лінійними автобусами показники надійності;

– зміна планової кількості лінійних і резервних автобусів відбувається стрибками в заздалегідь зумовлені моменти часу (за такі прийняті межі годин доби);

– дисципліна просування черги вакансій заздалегідь задана;

– кожний ОМ виникає тільки в результаті зміни стану одного із автобусів системи. У випадку, коли два або більше ОМ співпадають (наприклад, одночасно сходять два автобуси), дані моменти розглядаються як різночасні, розділені фіктивним інтервалом стаціонарного стану нульової тривалості.

Алгоритм, який реалізує описану модель, зображено на рисунку 3.2. Опишемо роботу кожного блоку цього алгоритму.

Блок 1. Задавання значення резерву і режиму його роботи.

Блок 2. Розподіл за маршрутами лінійних автобусів.

Блок 3. Первинна організація масивів інформації.

Блок 4. Формування на часовій осі ОМ: T_i^n – недовипуску i -го автобуса; T_j^c – сходження j -го автобуса; T_k^n – повернення k -го автобуса.

Блок 5. Формування допоміжного масиву ІСС.

Блок 6. Вибір чергового ОМ.

Блок 7. Перевірка: чи даний момент відповідає T_k^n . Якщо так, то управління передається до блоку 8, якщо ні – до блоку 27.

Блок 8. Перевірка: чи даний момент є T_k^n . Якщо є, то управління передається до блоку 9, якщо ні – до блоку 17.

Блок 9. Перевірка: чи був направлений автобус із резерву ? Якщо був направлений, то управління передається до блоку 10, якщо ні – до блоку 12.

Блок 10. Перевірка: чи є черга на заміщення ? Якщо є, то управління передається до блоку 13, якщо нема – до блоку 11.

Блок 11. Збільшення кількості автобусів в резерві на одиницю.

Блок 12. Формування або зміна дисципліни черги на заміщення. Передача управління до блоку 16.

Блок 13. Формування часу T_3 на заміщення із резерву.

Блок 14. Корекція масиву ІСС введенням в нього моменту T_3 .

Блок 15. Перевірка: чи даний ОМ дорівнює T_j^c . Якщо дорівнює, то управління передається до блоку 16, якщо ні – до блоку 12.

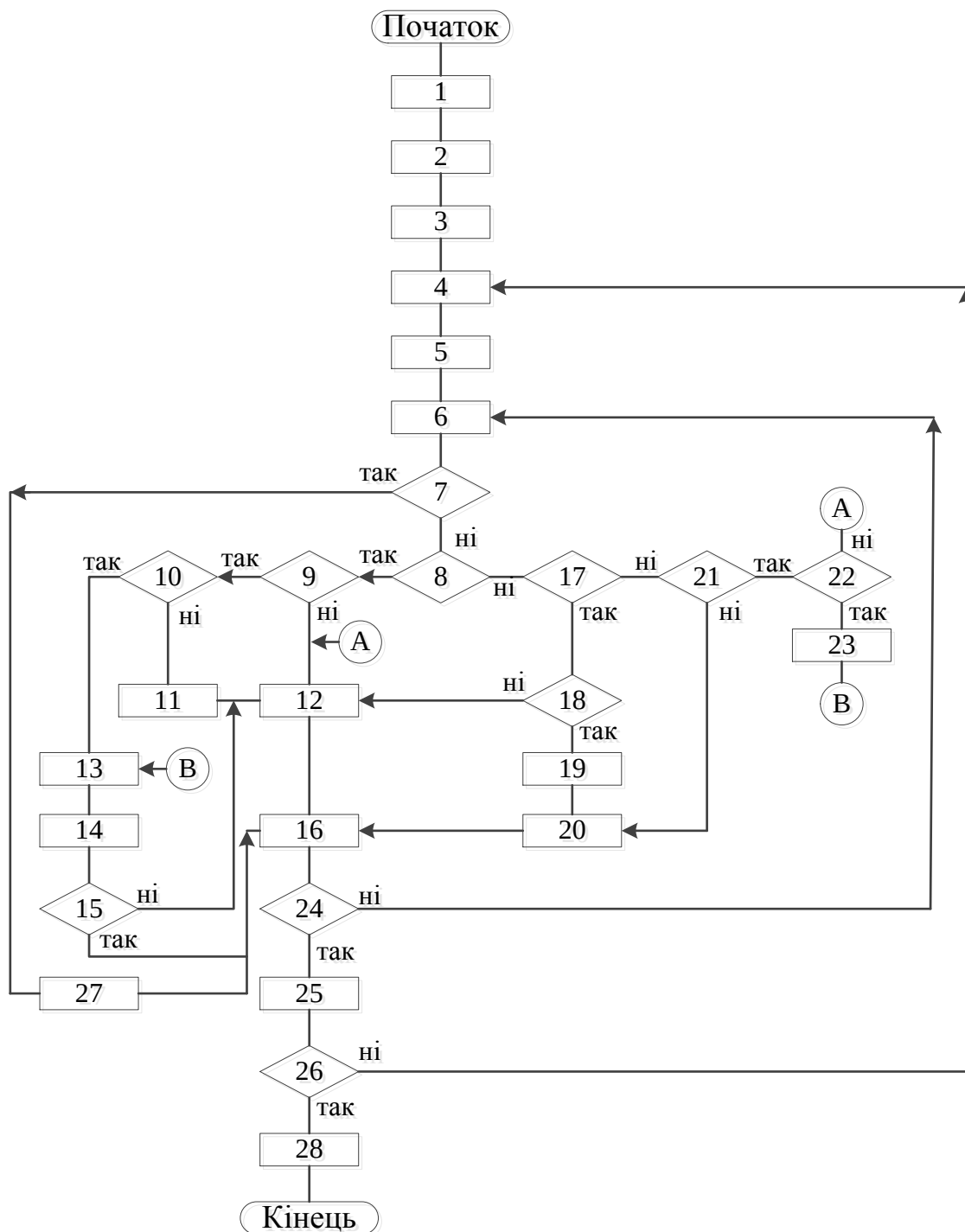


Рисунок 3.2 – Структурна схема алгоритму статистичного моделювання роботи міських автобусів

Блок 16. Розрахунок змодельованих величин за період від розглядуваного до наступного ОМ і накопичення результату. Передача управління до *блоку 24*.

Блок 17. Перевірка: чи даний момент дорівнює T_i^H ? Якщо так, то управління передається до *блоку 18*, якщо ні – до *блоку 21*.

Блок 18. Перевірка: чи є ще резерв автобусів ? Якщо є, то управління передається до *блоку 19*, якщо ні – до *блоку 12*.

Блок 19. Зменшення резерву автобусів на одиницю.

Блок 20. Заміщення резервним автобусом відсутнього.

Блок 21. Перевірка: чи даний ОМ дорівнює T_j^c . Якщо дорівнює, то управління передається до *блоку 22*, якщо ні – до *блоку 20*.

Блок 22. Перевірка: чи є ще резерв автобусів ? Якщо є, то управління передається до *блоку 23*, якщо ні – до *блоку 12*.

Блок 23. Зменшення резерву автобусів на одиницю. Передача управління до *блоку 13*.

Блок 24. Перевірка: чи закінчилась доба ? Якщо так, то управління передається до *блоку 25*, якщо ні – до *блоку 6*.

Блок 25. Лічильник кількості діб.

Блок 26. Перевірка: чи достатньо реалізацій протягом доби ? Якщо так, то управління передається до *блоку 28*, якщо ні – до *блоку 4*.

Блок 27. Корекція даних, пов'язана зі зміною кількості автобусів в експлуатації у зв'язку з переходом в черговий період доби. Передача управління до *блоку 16*.

Блок 28. Друк результатів.

Особливі моменти у моделі формуються таким чином.

Використовуючи установлені попередньо статистичні закони недовипуску, сходів і повернення автобусів, відомими способами моделюють число даних подій за поточну добу і моменти їх початку і закінчення [4, 80]. Оскільки при моделюванні необхідна послідовна за часом виконання вибірка ОМ, то в блоці 6 формується допоміжний масив – *перекочувач*, в якому змодельовані ОМ розташовують в хронологічному порядку. Подалі цей масив при необхідності коригується, так як моменти заміщення T_z , знайдені раніше, не були включені до масиву.

Вихідна інформація включає такі дані:

- розподіл інтенсивності сходів і недовипуску автобусів в окреме періоди доби;
- розподіл тривалості простою автобусів в ремонті;
- розподіл часу на підключення резервного автобуса замість того, який зійшов з лінії;
- загальна кількість автобусів в резерві;
- обсяг перевезень на маршрутах;
- зміна кількості автобусів в експлуатації в окремі періоди доби.

Модель дає можливість оцінити в залежності від прийнятої кількості рухомого складу в резерві такі параметри:

- середній час очікування пасажиром автобуса;
- відмовлення в посадці;
- простої резервних автобусів;
- дефіцит автобусів.

3.3 Практичні засади щодо побудови складових імітаційних моделей транспортного типу

Комп'ютерне моделювання знайшло практичне застосування у всіх сферах діяльності людини, починаючи від моделей технічних, технологічних і організаційних систем і закінчуючи проблемами розвитку людства і всесвіту. Із всіх видів моделювання, а це в першу чергу математичне, графічне та інше, особливої уваги заслуговує імітаційне моделювання. Огляд систем моделювання в роботі [81, 82] показує, що імітаційне моделювання є одним із самих популярних засобів моделювання, використовуваних на практиці.

Імітаційне моделювання можна застосовувати для вивчення мереж транспорту і зв'язку, складних технічних комплексів, економічних і виробничих систем, біологічних систем і процесів. Імітаційне моделювання дає можливість дослідження і імітації особливостей функціонування системи в будь-яких умовах. При цьому параметри системи і навколишнього середовища можна варіювати з метою

визначення оптимального варіанта структури і одержання залежностей вихідних характеристик від зміни умов. Модель дозволяє легко реалізувати імітацію роботи системи при наявності випадкових параметрів або умов. Застосування методу імітаційного моделювання корисно у випадку, коли досліджувана система не піддається вивченню аналітичними методами, а пряме експериментування із системою важке або недоцільне [17, 19].

Для складання імітаційних моделей використовують як універсальні мови програмування – C++, Delphi, Pascal, так і спеціалізовані мови, розроблені спеціально для побудови алгоритмів моделювання: GPSS, СОЛ, СИМУЛА, СИМСКРИПТ, Extend Simulation та ін. [69, 75, 77]. У цих мовах передбачаються засоби автоматичного керування послідовністю змін (подій) у моделі, динамічного розподілу даних у пам'яті, необхідного для побудови складних моделей, стандартні програми статистичної обробки результатів моделювання (накопичення і виводу гістограм, середніх значень випадкових величин, їхніх дисперсій і т.п.).

Розглянемо основні принципи побудови імітаційних моделей у транспортних системах, які розглядаються у вигляді транспортних систем масового обслуговування (ТСМО) [83, 84].

Розглянемо систему, як сукупність послідовно зв'язаних між собою вхідних потоків вимог на обслуговування (автобусів, машин, літаків, користувачів і т. д.), накопичувачів, черг, каналів обслуговування (автостанцій, станцій техобслуговування, автозаправних станцій, аеродромів і т.д.) і вихідних потоків вимог після обслуговування [71, 85]. Метою моделювання цієї системи може бути вивчення таких характеристик, як довжина черги і час очікування в черзі залежно від інтенсивності вхідного потоку вимог і продуктивності каналу обслуговування, для одержання рекомендацій про кількість каналів обслуговування або про доцільність автоматизації, та ін. Оскільки моменти приходу вимог на обслуговування – випадкові величини, довжина черги й час очікування обслуговування також будуть випадковими; тому в результаті моделювання треба

визначити їхні статистичні характеристики; середнє значення, дисперсію, гістограму роботи [47]. Функціонування системи описується в такий спосіб.

На автостанцію приходять два типи вимог: перший складається з автобусів, що прибувають на висадку пасажирів (час обслуговування таких вимог становить τ_1 ; другий – з автобусів, що прибувають на посадку пасажирів (час обслуговування таких вимог дорівнює τ_2). Для простоти будемо вважати, що τ_1 і τ_2 – постійні величини (неважко видозмінити модель так, щоб τ_1 і τ_2 були випадковими величинами із заданим законом розподілу).

Автостанція може обслуговувати одночасно тільки одну вимогу. Якщо в момент прибуття нового автобуса автостанція зайнята, то він стає в одну із двох черг: одна складається з автобусів, що прибувають на висадку пасажирів, інша – з автобусів, що прибувають на посадку пасажирів. Нехай обслуговування автобусів провадиться в такому порядку: у момент звільнення автостанції починається обслуговування автобуса, що стоїть першим в черзі на висадку. Тільки якщо ця черга порожня, то обслуговується перший автобус із черги на посадку пасажирів (виражаючись мовою теорії черг, можна сказати, що на вхід обслуговуючої системи з очікуванням надходять два незалежних потоки 1, 2 вимог (заявок), що обслуговуються за правилом відносних пріоритетів). Формалізована схема такої системи показана на рис. 3.3.

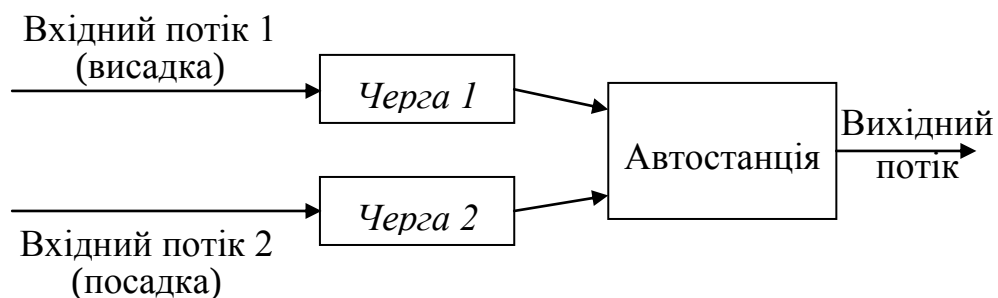


Рисунок 3.3 – Формалізована схема роботи ТСМО

На рис. 3.4 зображена часова діаграма, що ілюструє роботу цієї системи. Обидва потоки вимог, що приходять у канал обслуговування, можна описати функцією розподілу $A(t)$ проміжків години між моментами прибуття їх у чергу (ця функція буде своя для кожного потоку), тобто $A\{t\} = Pr\{Q < t\}$.

При моделюванні функція $A(t)$ уже повинна бути відома (її можна одержати, наприклад, шляхом реєстрації і наступного статистичного аналізу моментів прибуття вимоги в чергу в реальних умовах). Практика дослідження систем масового обслуговування показує, що в багатьох випадках задовільною виявляється апроксимація функції розподілу інтервалів між моментами надходження заявок у систему експоненційною функцією:

$$A(t) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda t} & \text{для } t \geq 0; \\ 0 & \text{для } t < 0, \end{cases} \quad (3.12)$$

де λ – інтенсивність вхідного потоку (величина, зворотна середньому інтервалу часу між приходом двох суміжних вимог).

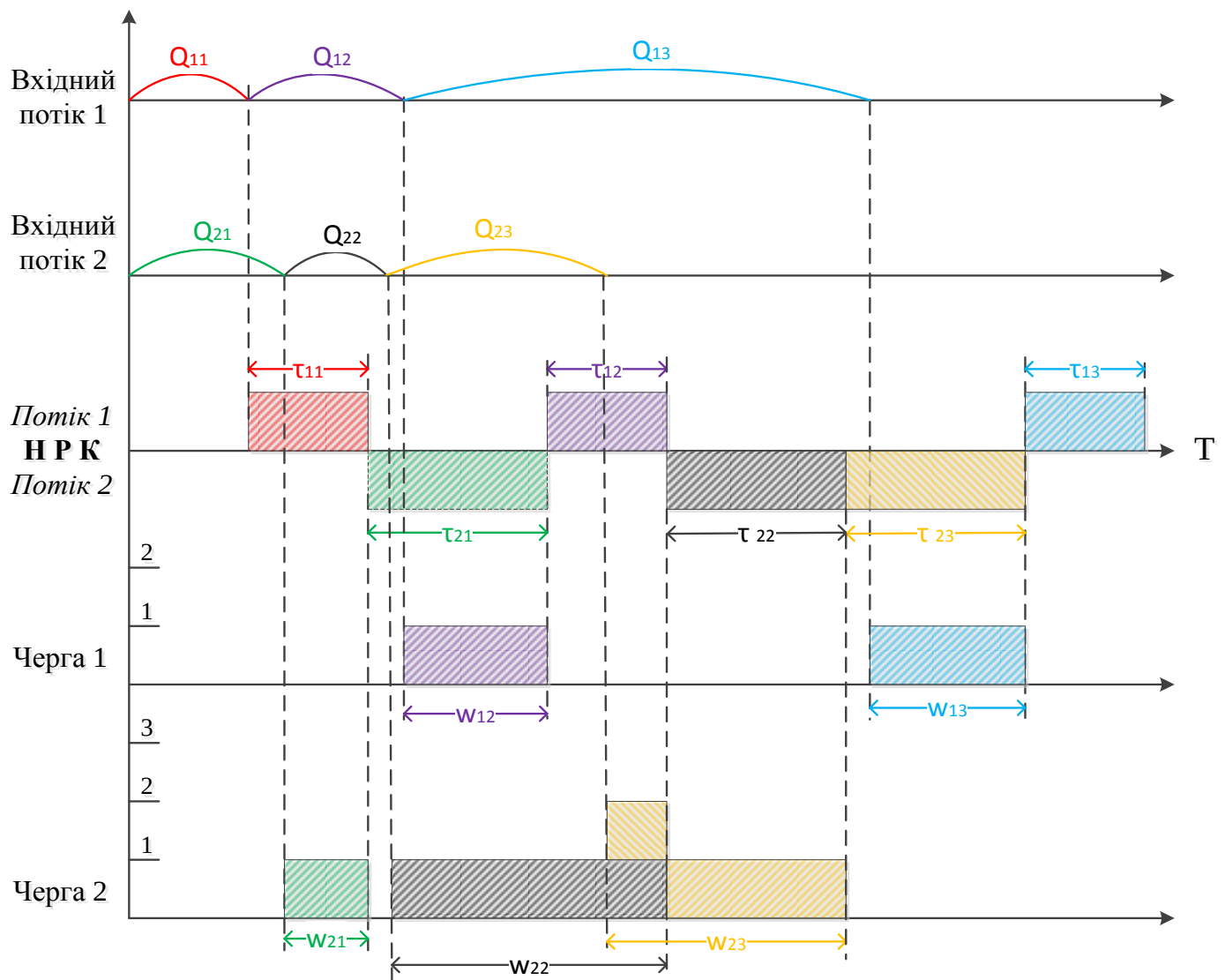


Рисунок 3.4 – Часова діаграма роботи системи

У цьому випадку вимоги на вході утворюють так званий *пуассонівський потік*, одним із властивостей якого є те, що він “найбільш незручний” для систем масового обслуговування в тому розумінні, що час очікування і довжини черг виявляються більшими, ніж у випадку потоків з іншими функціями розподілу, але з тією же інтенсивністю [86, 87]. Ця властивість дозволяє використовувати пуассонівський потік для аналізу систем, у яких реальний розподіл для вхідного потоку одержати важко (своєрідний “розрахунок на гірший випадок”). Якщо часова діаграма, що відображає роботу системи за досить довгий проміжок часу T , побудована так, що випадкові величини Q_{1i} і Q_{2i} відповідають реальним законам розподілу, то статистичні характеристики роботи системи можна одержати аналізом цієї часової діаграми. Припустимо, що нас цікавить середній час очікування вимог у черзі для потоків 1 і 2. Для кожної i -ої вимоги час очікування ω_i в черзі дорівнює різниці між моментом часу, коли вона почала обслуговуватися і моментом часу, коли вона прийшла в систему.

Середній час очікування для кожного з потоків становить:

$$\omega_{1cp} = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} \omega_{1i}; \quad \omega_{2cp} = \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} \omega_{2i}, \quad (3.13)$$

де n_1 і n_2 – число вимог відповідно потоків 1 і 2, що були обслужені системою за час T .

Підсумовуючи число вимог у черзі через невеликі проміжки часу і розділивши отриману суму на число спостережень, одержимо середнє значення довжини черги:

$$L_{1cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N m_{1i}; \quad L_{2cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N m_{2i}, \quad (3.14)$$

де m_{1i} і m_{2i} – кількість вимог у першій і другій чергах у момент спостереження i ;

N – число моментів спостереження (моментів зняття статистики) за час T .

Дисперсії величин ω і L :

$$D\omega_1 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (\omega_{1i} - \omega_{1cp})^2; \quad (3.15)$$

$$D\omega_2 = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^{n_2} (\omega_{2i} - \omega_{2cp})^2; \quad (3.16)$$

$$DL_1 = \frac{1}{N - 1} \sum_{i=1}^N (m_{1i} - L_{1cp})^2; \quad (3.17)$$

$$DL_2 = \frac{1}{N - 1} \sum_{i=1}^N (m_{2i} - L_{2cp})^2. \quad (3.18)$$

Можна також побудувати і гістограми, що характеризують розподіл величин ω і L .

Таким чином, для одержання статистичних характеристик роботи системи досить мати часову діаграму, у якій всі випадкові величини повинні підпорядковуватися заданим законам розподілу. При цьому не обов'язково часова діаграма повинна бути вся повністю (для всього часового інтервалу від 0 до T). Статистику можна накопичувати поступово, у процесі роботи системи або моделі.

Спостереження із секундоміром за роботою реальної системи є тривалим і трудомістким процесом, що не дозволяє досліджувати систему в умовах зміни її параметрів. У цьому випадку на допомогу може прийти модель - імітатор системи. Для її побудови насамперед треба вміти імітувати моменти надходження вимог у чергу кожного потоку [88, 89].

Для першого потоку $Q_{i+1} = t_{1i} + Q_{1i}$, де величини Q_{1i} розподілені за законом $A(t)$. Неважко довести, що якщо є випадкова величина R , розподілена рівномірно в інтервалі $(0, 1)$, то для одержання величини Q , що має функцію розподілу $A(t)$, треба рішити рівняння $A(Q) = R$ відносно Q . Зокрема, для $A(t) = 1 - e^{-\lambda t}, t \geq 0$, треба рішити рівняння $1 - e^{-\lambda Q} = R$. Звідси

$$Q = -(1/\lambda) \cdot \ln(1 - R). \quad (3.19)$$

Таким чином, одержання Q зводиться до знаходження R , що підпорядковується рівномірному розподілу, і обчисленню Q згідно (7).

У всіх системах програмування є спеціальні стандартні програми, що виробляють так звані псевдовипадкові числа, послідовність яких підпорядковується рівномірному розподілу в інтервалі $(0, 1)$. Одержання одного такого числа вимагає одного звертання до цієї стандартної програми.

Таким чином, алгоритм одержання моменту часу приходу наступної вимоги в чергу можна зобразити у вигляді схеми, показаної на рис. 3.5 для потоку 1, у припущенні, що цей потік пуассонівський.

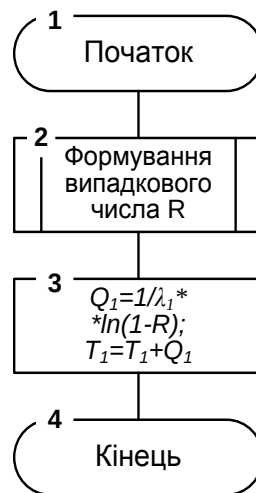


Рисунок 3.5 – Схема алгоритму імітації вхідного потоку 1

Далі необхідно скласти алгоритм, що описує логіку роботи черги (зрозуміло, що алгоритм буде ідентичним для обох черг). Припустимо, що черга має максимальну довжину LM (число місць для очікування). Одновірний масив P , що складається з елементів (комірок) $P_1, P_2, \dots, P_{LM}$, імітує “місця” цієї черги. Кожна із цих комірок може бути або вільна, або зайнята вимогою. Як еквівалент вимоги зручно брати момент її приходу в чергу – ця інформація знадобиться для визначення часу очікування вимоги у черзі. Комірка X використовується як робоча комірка при записі чергової вимоги в чергу або при виборі із черги.

Комірки PER і POS містять інформацію, що дозволяє визначити наявність відповідно першої і останньої вимог у черзі. Цією інформацією є номер (індекс) відповідної комірки масиву P .

У момент вибору вимоги із черги зміст комірки PER збільшується на одиницю за правилом вибору із черги в порядку надходження. Зміст комірки POS збільшується на одиницю при записі в чергу нової вимоги. Максимальне значення

змінних PER і POS дорівнює LM , тому їхня зміна відбувається відповідно до наступних співвідношень:

$$PER = \begin{cases} PER + 1, & \text{якщо } PER < LM; \\ PER + 1 - LM, & \text{якщо } PER \geq LM; \end{cases} \quad POS = \begin{cases} POS + 1, & \text{якщо } POS < LM; \\ POS + 1 - LM, & \text{якщо } POS \geq LM; \end{cases}$$

Змінна NP – число вимог в черзі; при виборі із черги NP зменшується на одиницю, а при записі в чергу – збільшується на одиницю. Змінна $PUST$ дорівнює одиниці, якщо в черзі немає вимог, і дорівнює нулю, у протилежному випадку. Змінна $POLN$ дорівнює одиниці, якщо в черзі немає вільних місць (у цьому випадку нова вимога не може бути записана в чергу).

Змінна WYB повинна приймати значення 1, якщо звертання до алгоритму, що імітує роботу черги, виконується з метою вибірки з останньої. Якщо ж звертання до цього алгоритму виконується для запису, то необхідно встановити $WYB = 0$. Схема алгоритму, що імітує роботу черги 1, наведена на рис. 3.6 (всі змінні цього алгоритму, на відміну від змінних алгоритму черги 2, мають у своїх назвах цифру 1).

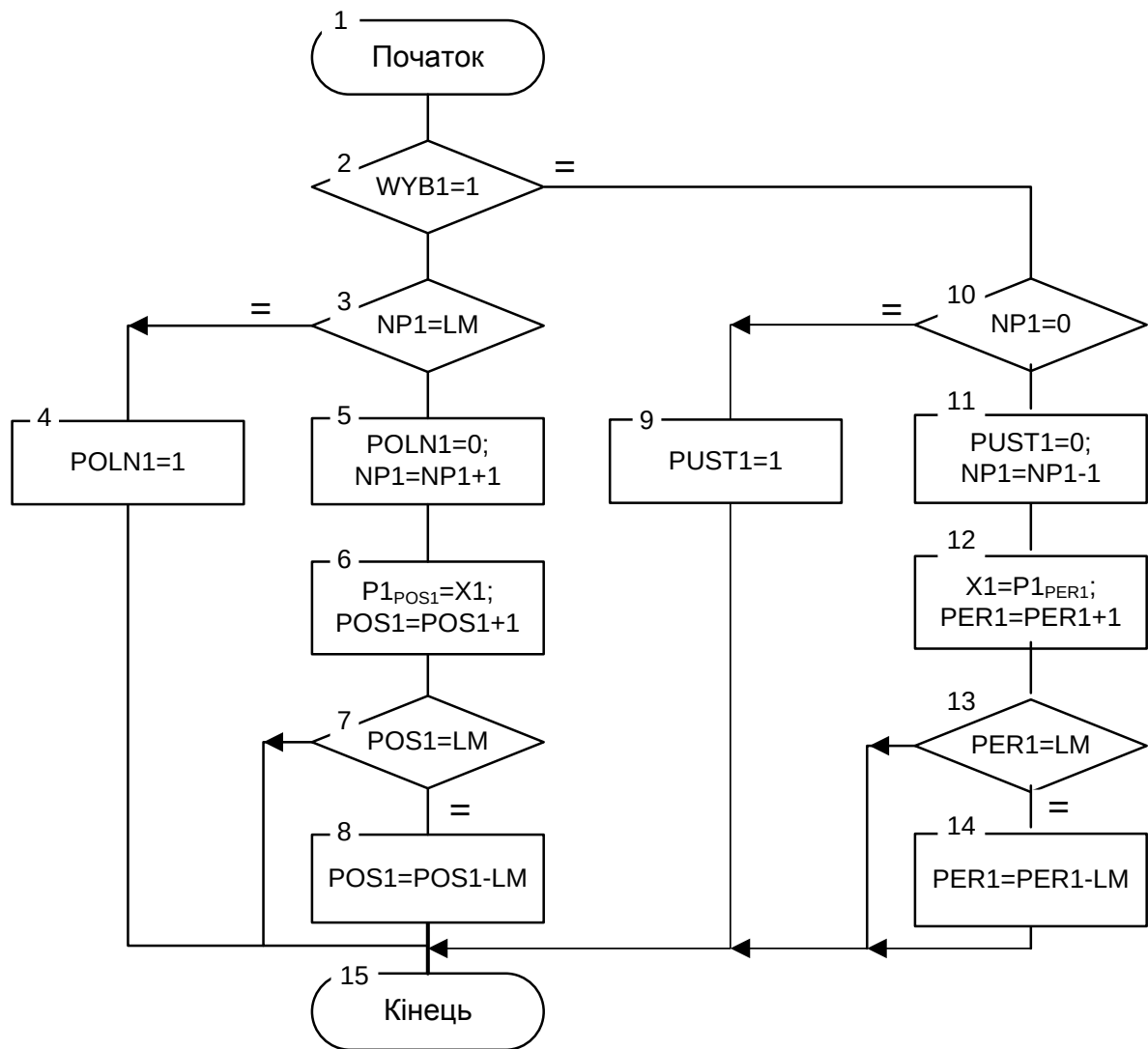


Рисунок 3.6 – Схема алгоритму імітації роботи черги 1

Роботу каналу обслуговування (автостанції) можна описати ознакою “вільно - зайнято”, що змінюється в часі. В якості цієї ознаки можна взяти двійкову змінну KSW ($KSW = 1$, якщо канал обслуговування вільний і $KSW = 0$, якщо канал обслуговування зайнятий).

Нехай попередній момент звільнення каналу обслуговування буде T_3 . Тоді відповідно до логіки роботи системи виконується звертання до черги 1, і якщо вона не порожня, то наступний момент звільнення каналу обслуговування буде $T_3 = T_3 + \tau_1$.

Якщо ж черга 1 порожня, то відбувається звертання до черги 2. При цьому можливі два варіанти:

1) якщо ця черга не порожня то наступний момент звільнення каналу обслуговування буде $T_3 = T_3 + \tau_2$;

2) якщо черга 2 порожня, то встановлюється значення $KSW = 1$.

У моменти вибору вимог із черги на обслуговування можна підраховувати час очікування в черзі по формулі $W = T_3 - Q$. Для визначення середнього часу очікування і дисперсії цієї величини необхідно виконувати накопичення (підсумовування) часу очікування і квадрата цієї величини: $SW = SW + W$; $SW2 = SW2 + W^2$; $N = N + 1$. Схема алгоритму, що імітує логіку роботи каналу обслуговування і одночасно виконує накопичення статистичних даних, наведена на рис. 3.7.

У певні моменти часу (з періодом DT) треба робити обчислення і друкування наступних статистичних характеристик: $WSR = SW/N$; $DW = SW2/(N - 1) - N/(N - 1) WSR^2$.

Залишається скласти алгоритм, що забезпечує правильну послідовність чергування подій у моделі системи. Такими подіями є прихід у систему вимоги першого або другого потоку, звільнення каналу обслуговування, друкування статистичних характеристик. Робота цього алгоритму заснована на введенні поняття *системного часу*, що використовується для подання впорядкованих у часі подій [90, 91].

Системний час міняється дискретно, проходячи послідовно через всі моменти здійснення подій. Роль алгоритму, що управляє послідовністю подій, полягає тепер у визначенні моменту настання найближчої події й передачі керування тим алгоритмам, які імітують цю подію. Момент настання найближчої події можна визначити, якщо знайти мінімальний елемент у так званому *списку майбутніх подій*, що представляє собою найближчі моменти приходу вимог першого або другого потоків, найближчий момент звільнення каналу обслуговування, найближчий момент друкування статистичних характеристик. Цей мінімальний елемент визначить нове значення системного часу і те, яка подія повинна бути в цей момент здійснена.

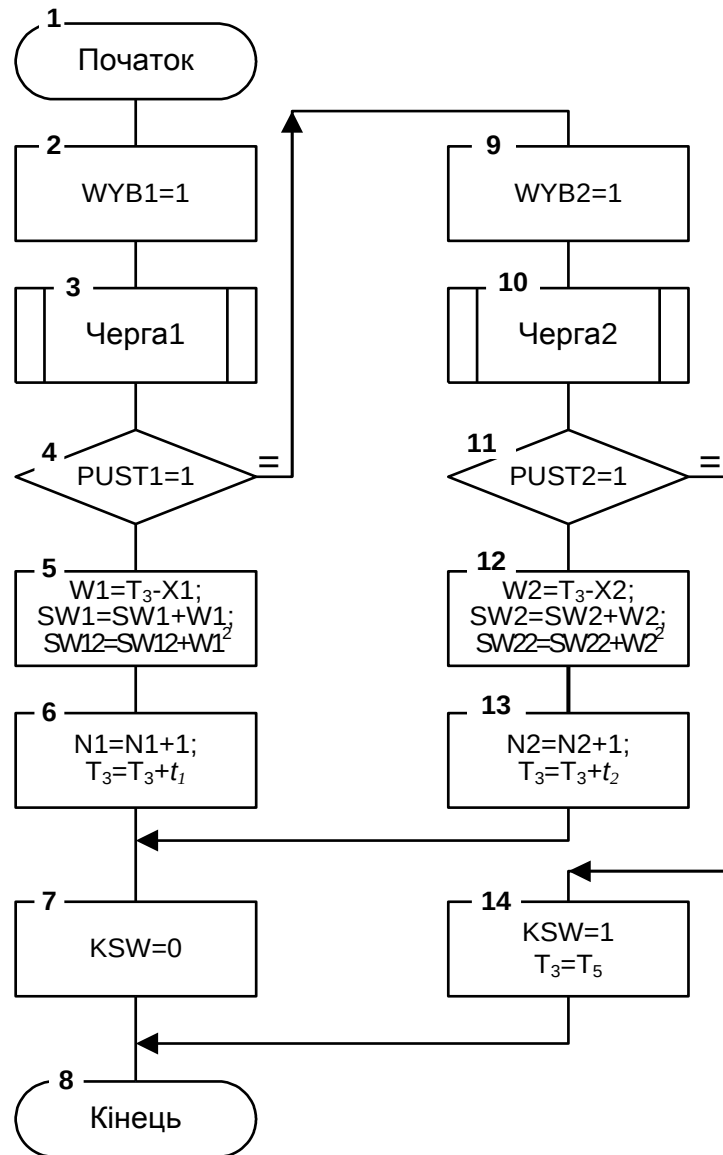


Рисунок 3.7 – Схема алгоритму імітації роботи автостанції

Після здійснення цієї події виконується відновлення списку майбутніх подій шляхом обчислення нового моменту часу, що відповідає типу події, що відбулася. Наприклад, якщо мінімальний елемент списку є моментом приходу вимоги першого потоку, то необхідно звернутися до підпрограми, що реалізує алгоритм роботи черги 1, з метою запису вимоги в цю чергу, а потім виробити значення моменту приходу наступної вимоги першого потоку (нова майбутня подія) відповідно до алгоритму, наведеного на рис 3.5. Схема алгоритму всієї моделі системи зображена на рис. 3.8. У цій схемі в список моментів майбутніх подій T_i включений також момент закінчення моделювання.

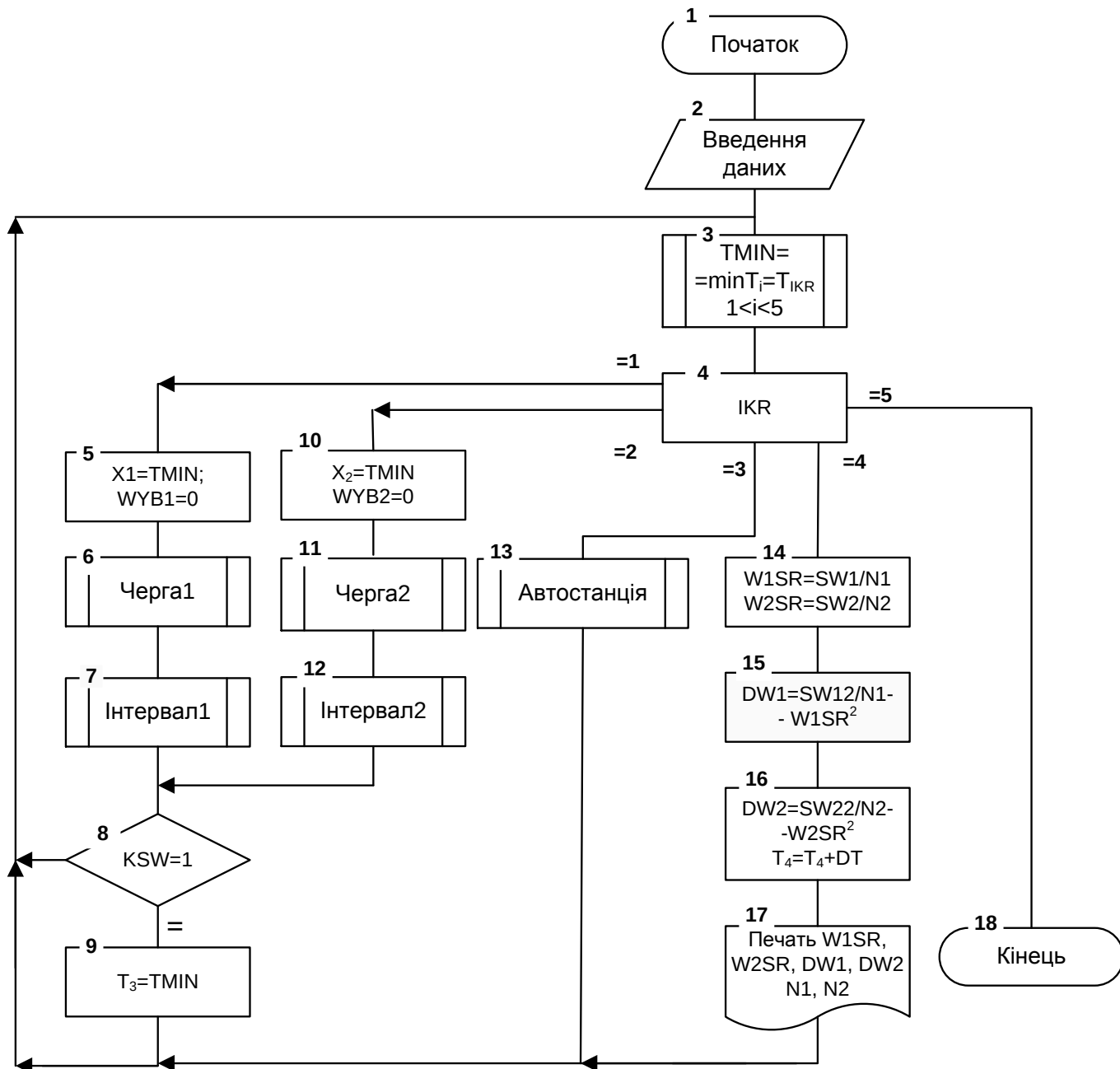


Рисунок 3.8 – Схема загального алгоритму моделювання роботи системи

Розглянута система імітаційного моделювання була реалізована в системі об'єктно-орієнтованого програмування *Delphi*. На рис. 3.9 показаний інтерфейс розробленої системи. Вхідними параметрами були прийняті:

- час обслуговування машин в 1-й і 2-й чергах – $\tau_1 = 3$, $\tau_2 = 4$;
- кількість машин, що надійшли в 1-у і 2-у черги за 1 годину роботи системи – $\lambda_1 = 10$, $\lambda_2 = 12$;
- довжина першої – 2 і другої черги – 4 місця;

- період часу друкування статистики $T_4 = 20$ хв.;
- час спостереження $T_5 = 60$ хв.;
- кількість реалізацій системи у нашому випадку, для спрощення, прийнято $n = 1$.

Моделювання вхідного потоку вимог здійснювалося у відповідності зі схемою алгоритму зображеного на рис. 3.5. Надходження вимог у систему здійснювалося за допомогою убудованої в *Delphi* стандартної програми – генератора псевдовипадкових чисел, послідовність яких підкоряється рівномірному розподілу в інтервалі $(0,1)$.

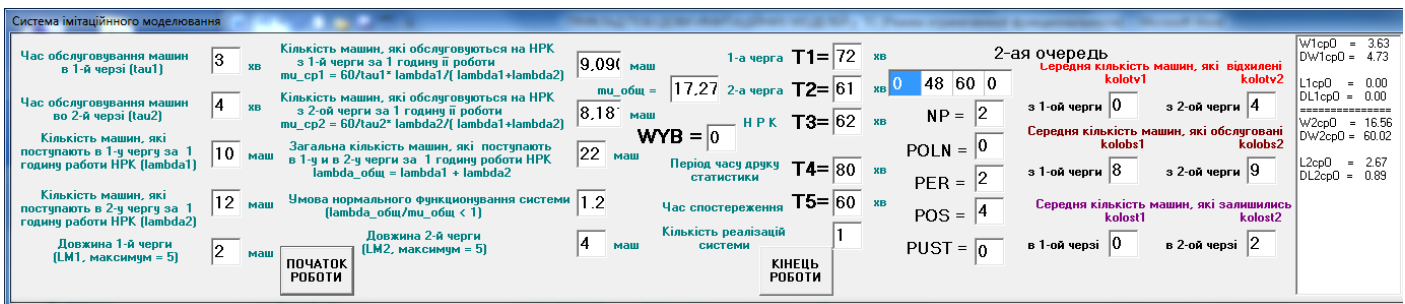


Рисунок 3.9 – Інтерфейс роботи системи імітаційного моделювання

Моделювання роботи 1-ї і 2-ї черг виконувалось за схемою алгоритму, що показаний на рис. 3.6. Значення змінних WYB , NP , $POLN$, PER , POS , $PUST$ можна спостерігати в процесі моделювання роботи системи. При цьому розраховувалась загальна кількість машин, що надходять в 1-у і 2-у черги за 1 годину роботи системи:

$$\lambda_{заг} = \lambda_1 + \lambda_2.$$

Моделювання роботи автостанції виконувалось у відповідності зі схемою алгоритму показаного на рис. 3.7. Одночасно виконувалось підсумовування часу очікування вимог у черзі і квадрата цієї величини для наступного визначення середнього часу очікування і середнього значення довжини черги, а також дисперсії величин ω і L . Розраховувалися, також, наступні параметри роботи системи:

– кількість машин, що обслуговуються в НРК із 1-ї і 2-ї черг за 1 годину її роботи

$$\mu_{cp1} = 60 / \tau_{u1} \cdot \frac{\lambda_{a1}}{\lambda_{a1} + \lambda_{a2}}; \quad \mu_{cp2} = 60 / \tau_{u2} \cdot \frac{\lambda_{a2}}{\lambda_{a1} + \lambda_{a2}};$$

– загальна кількість машин, що обслуговуються в НРК, які надійшли з 1-ї і 2-ї черг за 1 годину роботи системи

$$\mu_{zag} = \mu_{cp1} + \mu_{cp2}.$$

Крім цього, виконувався також розрахунок наступних параметрів:

– середня кількість машин, що одержали відмову в обслуговуванні з 1-ї і 2-ї черг;

– середня кількість машин, що обслуговуються в НРК із 1-ї і 2-ї черг;

– середня кількість машин, що залишилися в 1-й і 2-й чергах.

Моделювання роботи всієї СМО виконувалося за схемою алгоритму, зображеного на рис. 3.8, що забезпечує правильну послідовність чергування подій у моделі системи. Такими подіями є:

1. Робота 1-ї черги;
2. Робота 2-ї черги;
3. Робота автостанції;
4. Обчислення й друкування статистичних характеристик;
5. Закінчення роботи системи.

Результати розрахунку середнього часу очікування в 1-й (ω_{1cp}) і 2-й (ω_{2cp}) чергах, середнього значення довжини 1-ї (L_{1cp}) і 2-ї (L_{2cp}) черг і дисперсії величин ω і L , які розраховувалися по формулах (3.13) – (3.18), виводилися у вікні компонента *ListBox*, причому для кожної реалізації системи окремо.

Часова діаграма роботи системи зображена на рис. 3.10 і виконувалася на додатковій формі, що приєднувалася до основної форми. В якості часових осей використовувався компонент *StringGrid*. На часовій діаграмі зображений процес формування 1-го і 2-го вхідних потоків, робота 1-ї і 2-ї черг, у яких показані моменти приходу і кількість вимог в обох чергах і процес роботи НРК в цілому

(числами на діаграмі є номери машин). Часова діаграма має гарну наочність і дозволяє візуально спостерігати в часі процес роботи всієї системи.

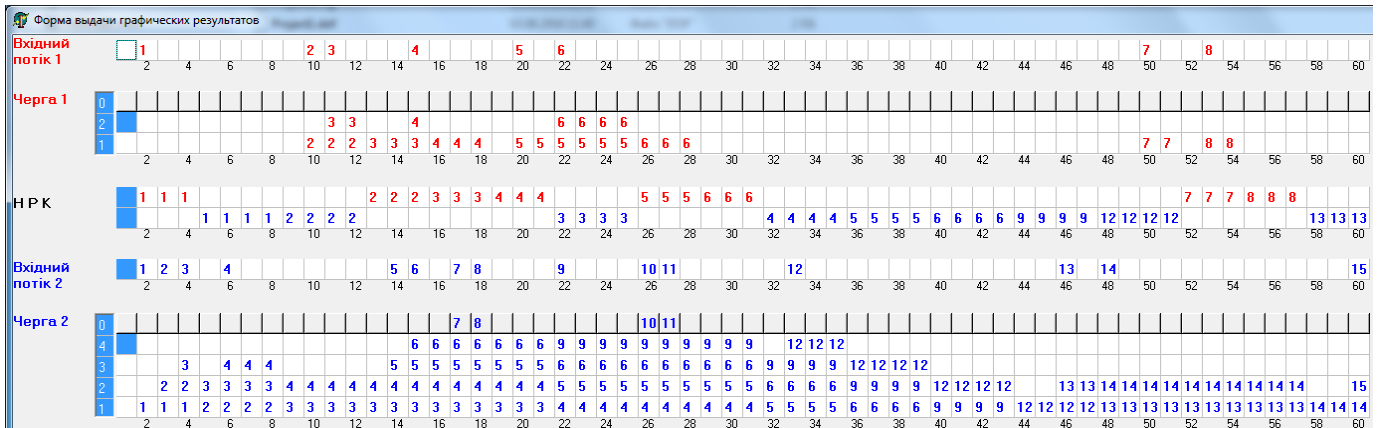


Рисунок 3.10 – Часова діаграма роботи системи імітаційного моделювання

Аналізуючи представлену діаграму можна зробити висновок о необхідності облаштування додаткового місця у 2-ої черзі. Це пояснюється тим, що 4 автобуса були відхилені з цієї черги, а саме 7-а, 8-а, 10-а і 11-а.

3.4 Висновки до розділу 3

1. В розділі у якості мети дослідження обрана розробка нових наукових підходів та практичних методів підвищення якості експлуатації автобусів у місцях за рахунок визначення оптимальної кількості *резервних* автобусів на маршрутах. Методом дослідження є статистичний аналіз результатів імітаційного моделювання роботи міських автобусів на маршруті.

2. Задача визначення оптимальної кількості *резервних* автобусів описується в термінах теорії масового обслуговування: автобус, який очікує виходу на маршрут для підміни автобуса, що зійшов з лінії, знаходиться у *ненавантаженому резерві*, тобто у черзі на обслуговування; послідовно виникаючі недовипуски і сходження автобусів з лінії утворюють потік вимог на заміну і т. ін.

3. Імітаційне моделювання роботи автобусів на маршрутах міської пасажирської транспортної системи дає можливість відобразити реальні обставини, що виникають в процесі її функціонування, і вирішити такі задачі:

- урахувати різні перехідні стани системи;

- дослідити характеристики транспортної системи в залежності від кількості резервних автобусів, їх дислокації і т. ін.;
- урахувати контрольний розподіл збоїв у русі автобусів за часом і можливість їх повернення на маршрут із ремонту за поточну добу;
- урахувати зміну кількості резервних і лінійних автобусів в експлуатації в окремі періоди доби у відповідності з пасажиропотоками і т. ін.

4. Відмічене, що процес міських автобусних перевезень має яскраво виявлену добову циклічність, причому у межах доби або зміни окремі стани процесу (наприклад, сходи) настають нерегулярно, у випадкові моменти часу. Виходячи з цього, при розробці імітаційної моделі для відображення поведінки системи виділяється зовнішній цикл – доба, і внутрішній цикл – частина доби. Зовнішній цикл побудовано за “принципом Δt ”, а внутрішній – за принципом особливих станів.

5. Розглянуті прикладі показують, що моделі подібного типу зручно будувати по блоковому принципу, причому кожний блок підкоряється власній логіці роботи, що імітує певний процес або пристрій системи, яка моделюється. Деякі із цих блоків можуть бути реалізовані як стандартні шляхом включення їх у бібліотеки стандартних програм. Цей же принцип використовується при розробці спеціальних мов моделювання, у яких типові алгоритми реалізуються у вигляді операторів або стандартних процедур.

6. Результати досліджень даного розділу викладено у наступних публікаціях [1, 4, 6, 14, 16, 17].

РОЗДІЛ 4

ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ РЕАЛІЗАЦІЇ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Удосконалення методики визначення попиту населення на перевезення міським громадським транспортом

Запропонована у підрозділі 1.5 методика обстеження міських автобусних маршрутів з метою визначення попиту населення на перевезення міським громадським транспортом була удосконалена наступним чином:

– по перше була змінена структура картки обстеження пасажиропотоків (див. рис. 4.1), яка прийняла наступний вид:

	Дата _____ Маршрут _____				Автобус _____ Обліковець _____			
1-й рядок	1	2	3	4	5	6	7	8
2-й рядок	7 ³⁵	7 ⁴⁰	7 ⁴⁵	7 ⁵⁰	7 ⁵⁵	8 ⁰⁰	8 ⁰⁵	8 ¹⁰
3-й рядок	+22	+5	+7	+10	+9	+5	+1	0
4-й рядок	0	–1	–2	–5	–8	–12	–10	–21
5-й рядок	1	2	3	4	5	6	7	8
6-й рядок	8 ⁵⁵	8 ⁵⁰	8 ⁴⁵	8 ⁴⁰	8 ³⁵	8 ³⁰	8 ²⁵	8 ²⁰
7-й рядок	0	+1	+7	+8	+13	+9	+6	+28
8-й рядок	–13	–16	–19	–12	–5	–4	–3	–0

Рисунок 4.1 – Модифікована картка обстеження пасажиропотоків

На рисунку 4.1 у якості прикладу розглянутий маршрут, який включає 8 зупинок (це перший рядок при русі в прямому напрямку і п'ятий рядок при русі у зворотному напрямку). Другий і шостий рядки призначені для фіксації моментів прибуття автобуса на зупинку, відповідно, в прямому і зворотному напрямках.

У третьому рядку обліковець проставляє кількість пасажирів, які увійшли у салон автобуса при його русі в прямому напрямку і, відповідно, у сьомому рядку

обліковець проставляє кількість пасажирів, які увійшли у салон автобуса при його русі в зворотному напрямку.

У четвертому рядку обліковець проставляє кількість пасажирів, які вийшли з салону автобуса при його русі в прямому напрямку і, відповідно, у восьмому рядку обліковець проставляє кількість пасажирів, які вийшли з салону автобуса при його русі в зворотному напрямку.

Після закінчення кожного рейсу автобуса за маршрутом дані з усіх карток обліку входу-виходу пасажирів, кількість яких збігається з кількістю дверей в автобусі, узагальнюються в одній, що є об'єктивною інформацією щодо рейсу. Ця інформація потім заноситься у базу даних.

По-друге, результати обстеження пасажиропотоків за даною методикою дозволяють після оброблення даних з карток (на рис. 4.2 представлений приклад такої обробки) одержати такі дані, які необхідні для удосконалення експлуатації автобусів на маршрутах, а саме:

Form1

Дата
2 червня 2017 року

Автобус
AE 5355 AM

Маршрут
№ 275 пл. Визволення - вул. Моїсеївська

Обліковець
Терещенко О.І.

Назви зупинок
1 - пл. Визволення
2 - вул. Харитонова
3 - вул. Українська
4 - СШ № 28
5 - Спортмайданчик
6 - База УРСА
7 - вул. Брянська
8 - вул. Моїсеївська

	1	2	3	4	5	6	7	8
Час входу/виходу	12-20	12-25	12-30	12-35	12-40	12-45	12-50	12-55
Кількість пасажирів, які увійшли в автобус	22	5	7	10	9	5	1	0
Кількість пасажирів у салоні автобуса	0	1	2	5	8	12	10	21
	22	26	31	36	37	30	21	0

Введення даних

	1	2	3	4	5	6	7	8
Час входу/виходу	13-40	13-35	13-30	13-25	13-20	13-15	13-10	13-05
Кількість пасажирів, які увійшли в автобус	0	1	7	8	13	9	6	28
Кількість пасажирів у салоні автобуса	13	16	19	12	5	4	3	0
	0	13	28	40	44	36	31	28

Розрахунок

Кількість перевезених пасажирів по маршруту за рейс 131

Пасажирообмін зупинок

	1	2	3	4	5	6	7	8
	35	23	35	35	35	30	20	49

Рисунок 4.2 – Результати обробки модифікованої картки обстеження пасажиропотоків

1) наповненість одиниці рухомого складу; 2) пасажирообмін зупинкових пунктів за весь період обстеження в прямому та зворотному напрямках; 3) кількість перевезених пасажирів; 4) транспортна робота автобусів на різних маршрутах; 5) характеристика зміни величин наповненості автобусів за довжиною маршруту (розподіл пасажиропотоку по довжині маршруту); 6) дальність поїздки пасажирів в цілому на маршруті та по напрямках; 7) коефіцієнт змінюваності пасажирів; 8) зміни пасажиропотоку по годинах доби; 9) коефіцієнт використання пасажиромісткості автобусів.

4.2 Побудова імітаційної моделі щодо визначення оптимальної кількості резервних автобусів на маршруті

Моделювання поведінки багатьох фізичних об'єктів за допомогою комп'ютерів знайшло практичне застосування у всіх сферах діяльності людини, починаючи від моделей технічних, технологічних і організаційних систем і закінчуючи проблемами розвитку людства і всесвіту. Із всіх видів моделювання, а це в першу чергу математичне, графічне та інше, особливої уваги заслуговує імітаційне моделювання. Огляд систем моделювання в роботах [81, 82] показує, що імітаційне моделювання є одним із самих популярних засобів моделювання, використовуваних на практиці.

Імітаційне моделювання можна застосовувати для вивчення мереж транспорту і зв'язку, складних технічних комплексів, економічних і виробничих систем, біологічних систем і процесів. Імітаційне моделювання дає можливість дослідження і імітації особливостей функціонування системи в будь-яких умовах. При цьому параметри системи і навколишнього середовища можна варіювати з метою визначення оптимального варіанта структури і одержання залежностей вихідних характеристик від зміни умов. Модель дозволяє легко реалізувати імітацію роботи системи при наявності випадкових параметрів або умов. Застосування методу імітаційного моделювання корисно у випадку, коли досліджувана система не

піддається вивченню аналітичними методами, а пряме експериментування із системою важке або недоцільне.

Для складання імітаційних моделей використовують як універсальні мови програмування – C++, Delphi, Pascal, так і спеціалізовані мови, розроблені спеціально для побудови алгоритмів моделювання: GPSS, СОЛ, СИМУЛА, СИМСКРИПТ, Extend Simulation та ін. [77-80]. У цих мовах передбачаються засоби автоматичного керування послідовністю змін (подій) у моделі, динамічного розподілу даних у пам'яті, необхідного для побудови складних моделей, стандартні програми статистичної обробки результатів моделювання (накопичення і виводу гістограм, середніх значень випадкових величин, їхніх дисперсій і т.п.).

Розглянемо основні принципи побудови імітаційної моделі щодо визначення оптимальної кількості *резервних* автобусів на маршруті, яка розглядається у вигляді транспортної системи масового обслуговування (ТСМО) [83, 84].

Імітаційне моделювання даної транспортної системи дає можливість відобразити реальні обставини, що виникають в процесі її функціонування, і вирішити такі задачі [85]:

- урахувати різні перехідні стани системи;
- дослідити характеристики транспортної системи в залежності від кількості резервних автобусів, їх дислокації і т. ін.;
- урахувати контрольний розподіл збоїв у русі автобусів за часом і можливість їх повернення на маршрут із ремонту за поточну добу;
- урахувати зміну кількості резервних і лінійних автобусів в експлуатації в окремі періоди доби у відповідності з пасажиропотоками і т. ін.

Специфічність процесу міських автобусних перевезень полягає у тому, що вони мають яскраво виявлену добову циклічність [3, 22]. В той же час у межах доби або зміни окремі стани процесу (наприклад, сходи) настають нерегулярно, у випадкові моменти часу.

Виходячи з цього, при розробці імітаційної моделі для відображення поведінки системи виділяється *зовнішній цикл* – доба, і *внутрішній цикл* – частина доби.

Зовнішній цикл побудовано за “*принципом Δt* “, а внутрішній – за принципом *особливих станів*.

При розробці моделі використовуються такі поняття:

- *доба* – цикл роботи автобусів, починаючи з випуску на маршрути і закінчуючи поверненням автобусів в парк;
 - *вакансії* – місця в розкладі руху, фактично незабезпечені автобусами;
 - *заміщення* (недовипуску або сходу) – вихід резервного автобуса для ліквідації вакансії;
 - *черга на заміщення* – черговість вакансій з домовленим пріоритетом (може просуватися також за рахунок повернення на маршрути відремонтованих автобусів);
 - *дисципліна черги* – порядок надання пріоритету;
 - *довипуск* – випуск лінійного автобуса на маршрут з запізненням;
 - *повернення на лінію* – повернення лінійного автобуса на маршрут із ремонту в поточну добу;
 - *особливі моменти* (ОМ) – моменти часу в межах поточної доби, в які транспортна система зазнає якісних змін (сходження, недовипуски, повернення на лінію, заміщення, довипуски, кінець доби, зміна планової кількості автобусів в експлуатації протягом доби);
 - *інтервал стаціонарного стану* (ІСС) – інтервал часу, протягом якого система перебуває в якісно однорідному стані, тобто в межах даного інтервалу немає особливих моментів. Межами ІСС є особливі моменти.
- В моделі прийняті такі вихідні передумови і припущення:
- при наявності резерву заміна резервним автобусом недовипущеного відбувається миттєво;
 - недовипуск автобусів виникає тільки в заздалегідь задані періоди доби (часові межі відмовлення) і залежить від числа автобусів, що випускаються на лінію в дану годину доби;
 - інтенсивність сходів залежить від кількості автобусів, що знаходяться в експлуатації у розглядуваний період доби;
 - заміщення автобуса, що зійшов з лінії, відбувається при наявності резерву

через деякий модельований проміжок часу;

- при поверненні на лінію автобуса, який заміщався резервним, звільнення останнього, тобто резервного відбувається миттєво;
- кожна нова доба починається в однакових умовах (для кожної реалізації), тобто, план випуску автобусів і статистичні характеристики збоїв постійні;
- резервні автобуси, які знаходяться у черзі на заміщення (у відстої), вважаються такими, що знаходяться у ненавантаженому резерві;
- резервні автобуси, які заміщують ті, що зійшли з лінії, мають однакові з лінійними автобусами показники надійності;
- зміна планової кількості лінійних і резервних автобусів відбувається стрибками в заздалегідь зумовлені моменти часу (за такі прийняті межі годин доби);
- дисципліна просування черги вакансій заздалегідь задана;
- кожний ОМ виникає тільки в результаті зміни стану одного із автобусів системи. У випадку, коли два або більше ОМ співпадають (наприклад, одночасно сходять два автобуси), дані моменти розглядаються як різночасні.

Розглянемо дану транспортну систему, як сукупність послідовно зв'язаних між собою вхідних потоків вимог (розподілені у часі моменти сходження автобусів на маршрут – T_{sx} , моменти недовипуску автобусів на маршрут – T_{nd} , моменти поповнення автобусів на маршрут – T_{pv}), накопичувачів резервних автобусів (R_a), каналів обслуговування (розподілені у часі лінійні автобуси на маршрут – A) і вихідних потоків вимог після обслуговування – розкладу руху автобусів на маршруті [71, 85]. Метою моделювання цієї системи може бути вивчення таких характеристик, як довжина черги і час очікування в черзі на заміщення резервними автобусами залежно від інтенсивності вхідних потоків вимог і продуктивності каналів обслуговування, для одержання рекомендацій про оптимальну кількість резервних автобусів на маршруті [1]. Оскільки моменти приходу вимог в систему на обслуговування – випадкові величини, довжина черги й час очікування обслуговування також будуть випадковими [47]. Функціонування системи описується в такий спосіб.

У систему (далі на маршрут) приходять три типи вимог: перший складається з детерміновано розподілених у часі лінійних автобусів; другий – з випадково розподілених у часі моментів сходження, недовипуску та повернення автобусів; третій – з резервних автобусів.

Якщо *вхідний потік 2* у системі відсутній, тобто не має недовипущених або поломаних автобусів, то лінійні автобуси виходять на маршрут без затримки, строго за розкладом (в цьому випадку резервні автобуси не використовуються). Якщо ж *вхідний потік 2* існує, то формується відповідна черга на заміщення їх резервними автобусами, яка обслуговується за без-пріоритетними правилами (*FIFO* (*First-In*, *First-Out*; першим прийшов – першим обслуговився)) [92, 93]. Формалізована схема роботи такої ТСМО показана на рис. 4.3.

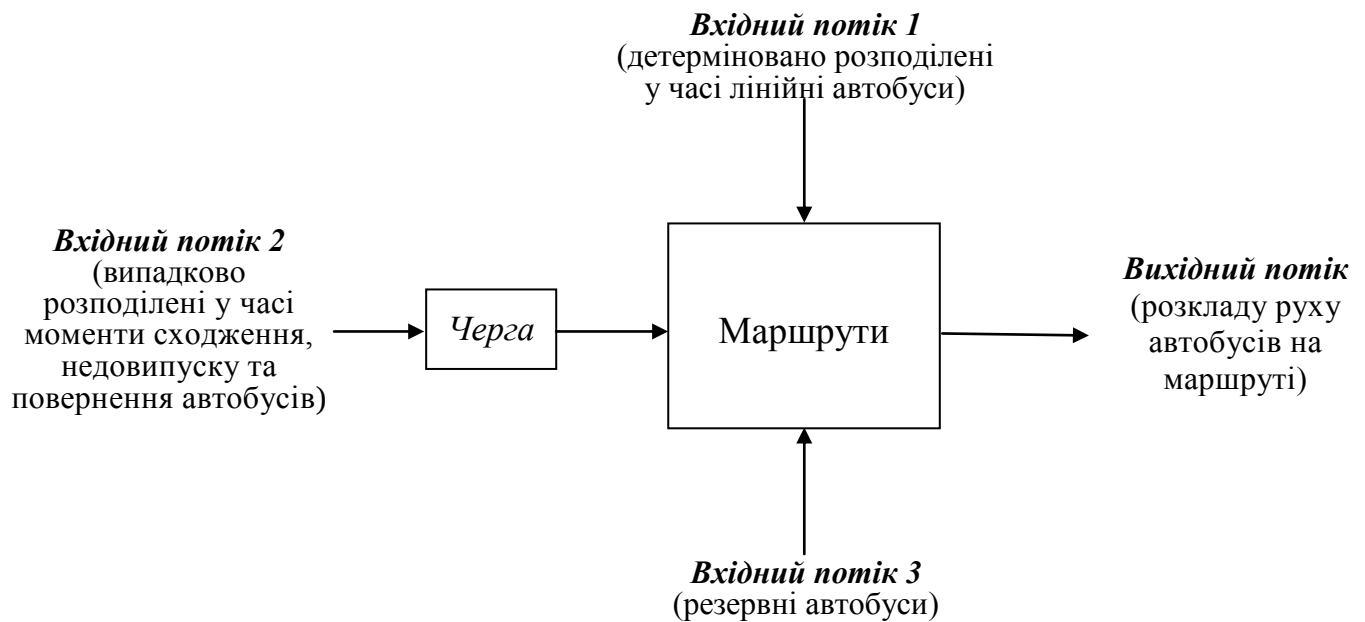


Рисунок 4.3 – Формалізована схема роботи системи

Усі елементи *вхідного потоку 2*, що приходять у систему, можна описати функцією розподілу $A(t)$ проміжків години між моментами прибуття їх у чергу (ця функція буде своя для кожного потоку), тобто $A\{t\} = Pr\{Q < t\}$.

При моделюванні функція $A(t)$ уже повинна бути відома (її можна одержати, наприклад, шляхом реєстрації і наступного статистичного аналізу моментів прибуття вимоги в чергу в реальних умовах) [94]. Практика дослідження систем масового обслуговування показує, що в багатьох випадках задовільною виявляється

апроксимація функції розподілу інтервалів між моментами надходження заявок у систему експоненційною функцією:

$$A(t) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda t} & \text{для } t \geq 0; \\ 0 & \text{для } t < 0, \end{cases} \quad (4.1)$$

де λ – інтенсивність вхідного потоку (величина, зворотна середньому інтервалу часу між приходом двох суміжних вимог).

У цьому випадку вимоги на вході утворюють так званий *пуассонівський потік*, одним із властивостей якого є те, що він “найбільш незручний” для систем масового обслуговування в тому розумінні, що час очікування і довжини черг виявляються більшими, ніж у випадку потоків з іншими функціями розподілу, але з тією же інтенсивністю. Ця властивість дозволяє використовувати пуассонівський потік для аналізу систем, у яких реальний розподіл для вхідного потоку одержати важко (своєрідний “розрахунок на гірший випадок”) [95].

Спостереження із секундоміром за роботою реальної системи є тривалим і трудомістким процесом, що не дозволяє досліджувати систему в умовах зміни її параметрів [96, 97]. У цьому випадку на допомогу може прийти модель – імітатор системи. Для її побудови насамперед треба вміти імітувати моменти надходження вимог у кожного потоку.

Для моментів сходження автобусів на маршруті $T_{sx_i+1} = t_i + T_{sx_i}$, де величини T_{sx_i} розподілені за законом $A(t)$. Неважко довести, що якщо є випадкова величина R , яка розподілена рівномірно в інтервалі $(0, 1)$, то для одержання величини T_{sx_i} , що має функцію розподілу $A(t)$, треба рішити рівняння $A(T_{sx_i}) = R$ відносно T_{sx_i} . Зокрема, для $A(t) = 1 - e^{-\lambda t}$, $t \geq 0$, треба рішити рівняння $1 - e^{-\lambda T_{sx_i}} = R$. Звідси

$$T_{sx_i} = -(1/\lambda) \cdot \ln(1 - R). \quad (4.2)$$

Таким чином, одержання T_{sx_i} , а також T_{nd_i} і T_{pv_i} зводиться до знаходження R , що підпорядковується рівномірному розподілу, і обчисленню їх згідно (4.2).

У всіх системах програмування є спеціальні стандартні програми, що виробляють так звані псевдовипадкові числа, послідовність яких підпорядковується рівномірному розподілу в інтервалі $(0, 1)$ [98, 99]. Одержання одного такого числа вимагає одного звертання до цієї стандартної програми *Random*.

```
function rand():Integer;
begin
    Randomize;
    rnd := Random(100);
    While (rnd = 0) Do
        rnd := Random(100);
    rand := rnd;
end;
```

Текст відповідної функції одержання моменту часу приходу наступної вимоги в чергу можна представлений нижче, у припущенні, що цей потік пуассонівський:

```
function T(lambda : Integer) : Real;
Var T_:Real;
begin
    T_ := -(1/lambda)*ln(1-rand()/100)*18;
    If (T_ < 1.0) Then
        T := 1.0
    Else
        T := T_;
    end;
```

Залишається скласти алгоритм, що забезпечує правильну послідовність чергування подій у моделі системи. Такими подіями є прихід у систему вимог про настання моментів сходження автобусів на маршруті – T_{sx} , недовипуску автобусів на маршруті – T_{nd} , повернення автобусів на маршруті – T_{pv} , закінчення роботи автобусів на маршруті – T_{kinec} , друкування статистичних характеристик. Робота цього алгоритму заснована на введенні поняття *системного часу*, що використовується для подання впорядкованих у часі подій.

Системний час міняється дискретно, проходячи послідовно через всі моменти здійснення подій. Роль алгоритму, що управляє послідовністю подій, полягає тепер у визначенні моменту настання найближчої події й передачі керування тим алгоритмам, які імітують цю подію. Момент настання найближчої події можна визначити, якщо знайти мінімальний елемент у так званому *списку майбутніх подій*, що представляє

собою найближчі моменти сходження автобусів на маршруті, недовипуску автобусів на маршруті, повернення автобусів на маршруті, закінчення роботи автобусів на маршруті, друкування статистичних характеристик [100, 101]. Цей мінімальний елемент визначить нове значення системного часу і те, яка подія повинна бути в цей момент здійснена.

Після здійснення однієї з перерахованих вище подій виконується відновлення списку майбутніх подій шляхом обчислення нового моменту часу, що відповідає типу події, що відбулася. Наприклад, якщо мінімальним елементом списку є момент сходження автобуса з маршруту, то необхідно звернутися до підпрограми, що реалізує алгоритм обробки цієї події, а потім виробити значення моменту приходу наступної вимоги цього типу (моменту нового сходження автобуса з маршруту) відповідно до (4.2). Схема алгоритму всієї моделі системи зображена на рис. 4.4. На цій схемі в список моментів майбутніх подій включений також момент закінчення моделювання.

Опишемо роботу кожного блоку цього алгоритму.

Блок 1. Заповнення діалогової форми інтерфейсу.

Блок 2. Завдання ймовірності сходження (недовипуску) одного автобуса, середнього маршрутного ефективного інтервалу руху автобусів, максимальної кількості резервних автобусів, кількості діб моделювання, розподілу за годинами доби лінійних автобусів на маршруті.

Блок 3. Початок циклу перебору кількості резервних автобусів, починаючи з одного до заданого максимального значення.

Блок 4. Ініціалізація (підготовка) змінної, в якій буде накопичуватися загальний час очікування пасажиром посадки в автобус для одного значення кількості резервних автобусів (для всього діапазону днів моделювання).

Блок 5. Початок циклу перебору кількості діб моделювання.

Блок 6. Ініціалізація (підготовка) змінної, в якій буде накопичуватися загальний час очікування пасажиром посадки в автобус за чергову добу.

Блок 7. Установка значення кінцевого діапазону моделювання в межах однієї доби – 18 діапазонів, починаючи з 6 годин по 24 години.

Блок 8. Визначенні моменту настання найближчої події, а саме: моментів повернення автобусів на маршруті, сходження автобусів на маршруті, недовипуску автобусів на маршруті, , закінчення роботи автобусів на маршруті.

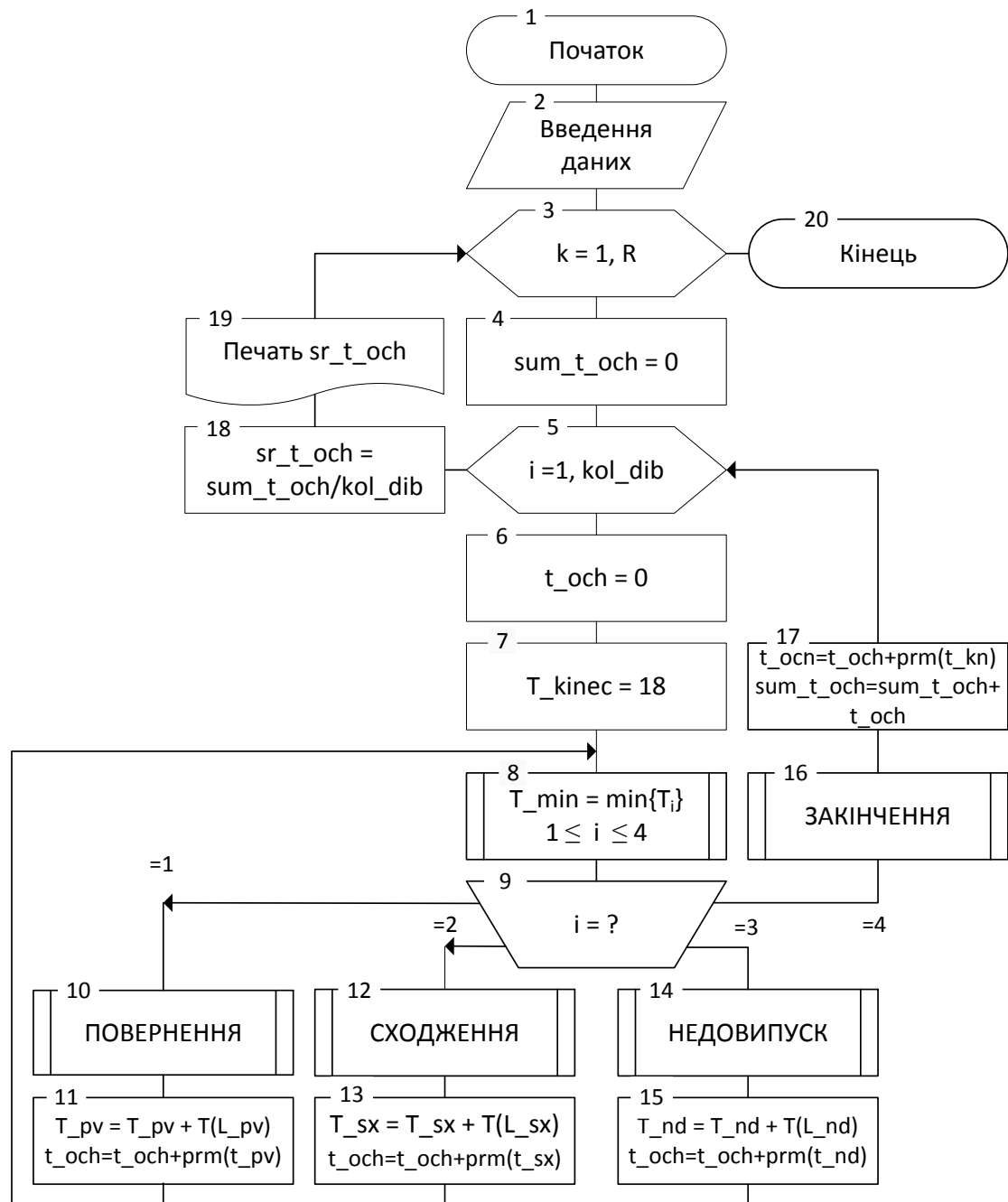


Рисунок 4.4 – Схема загального алгоритму моделювання роботи системи

Блок 9. Передача керування тим алгоритмам (підпрограмам), які імітують перераховані у блоці 8 події.

Блок 10. Розрахунки параметрів повернення після ремонту на маршрут автобуса, який був або невипущений на лінію у зв'язку з поломкою, або зламався на маршруті.

Блок 11. Випадкове формування наступного моменту часу повернення чергового полагожденного автобуса на маршрут. Додавання до загального часу очікування пасажиром посадки в автобус за поточну добу чергового отриманого значення.

Блок 12. Розрахунки параметрів сходження автобуса з маршруту у зв'язку з його поломкою. Заміна автобуса, який зійшов резервним (при його наявності).

Блок 13. Випадкове формування наступного моменту часу сходження автобуса з маршруту. Додавання до загального часу очікування пасажиром посадки в автобус за поточну добу чергового отриманого значення.

Блок 14. Розрахунки параметрів недовипуску автобуса на маршрут у зв'язку з його поломкою. Заміна автобуса, який був не довипущений резервним (при його наявності).

Блок 15. Випадкове формування наступного моменту часу недовипуску автобуса на маршрут. Додавання до загального часу очікування пасажиром посадки в автобус за поточну добу чергового отриманого значення.

Блок 16. Розрахунки параметрів завершення процесу добового моделювання роботи автобуса на маршруті.

Блок 17. Випадкове формування наступного моменту часу моделювання роботи автобуса на маршруті. Додавання до загального часу очікування пасажиром посадки в автобус за поточну добу чергового отриманого значення.

Блок 18. Знаходження середнього за весь період моделювання значення часу очікування пасажиром посадки в автобус для конкретного числа резервних автобусів.

Блок 19. Друк середнього за весь період моделювання значення часу очікування пасажиром посадки в автобус для конкретного числа резервних автобусів та інших додаткових статистичних даних.

Блок 20. Завершення роботи системи. Закриття діалогової форми інтерфейсу.

Розглянута система імітаційного моделювання (СІМ) була реалізована в системі об'єктно-орієнтованого програмування *Delphi*. На рисунку 4.5 представлено діалогове вікно для роботи з системою.

Система моделювання роботи міських автобусів на маршруті

Максимальна кількість резервних автобусів	Кількість діб моделювання	Максимальна кількість автобусів, які сходять з маршруту за добу	Максимальна кількість автобусів, які не випущені в термін на маршрут за добу	Імовірність сходження (недовипуску) одного автобуса	Кількість запланованих автобусів на маршруті	Середній маршрутний ефективний інтервал руху автобусів (хвилини)
1	1	2	2	0,05	var	10

Розподіл у часі автобусів на маршруті

6-00 : 7-00	7-00 : 8-00	8-00 : 9-00	9-00 : 10-00	10-00 : 11-00	11-00 : 12-00	12-00 : 13-00	13-00 : 14-00	14-00 : 15-00	15-00 : 16-00	16-00 : 17-00	17-00 : 18-00	18-00 : 19-00	19-00 : 20-00	20-00 : 21-00	21-00 : 22-00	22-00 : 23-00	23-00 : 24-00

Кількість автобусів, які залишилися у резерві

Розподіл у часі моментів сходження автобусів на маршруті

6-00 : 7-00	7-00 : 8-00	8-00 : 9-00	9-00 : 10-00	10-00 : 11-00	11-00 : 12-00	12-00 : 13-00	13-00 : 14-00	14-00 : 15-00	15-00 : 16-00	16-00 : 17-00	17-00 : 18-00	18-00 : 19-00	19-00 : 20-00	20-00 : 21-00	21-00 : 22-00	22-00 : 23-00	23-00 : 24-00

Розподіл у часі моментів недовипуску автобусів на маршруті

6-00 : 7-00	7-00 : 8-00	8-00 : 9-00	9-00 : 10-00	10-00 : 11-00	11-00 : 12-00	12-00 : 13-00	13-00 : 14-00	14-00 : 15-00	15-00 : 16-00	16-00 : 17-00	17-00 : 18-00	18-00 : 19-00	19-00 : 20-00	20-00 : 21-00	21-00 : 22-00	22-00 : 23-00	23-00 : 24-00

Розподіл у часі моментів повернення автобусів на маршруті

6-00 : 7-00	7-00 : 8-00	8-00 : 9-00	9-00 : 10-00	10-00 : 11-00	11-00 : 12-00	12-00 : 13-00	13-00 : 14-00	14-00 : 15-00	15-00 : 16-00	16-00 : 17-00	17-00 : 18-00	18-00 : 19-00	19-00 : 20-00	20-00 : 21-00	21-00 : 22-00	22-00 : 23-00	23-00 : 24-00

Ввод
вихідних
даних

Початок
процесу
моделювання

Кінець
процесу
моделювання

Рисунок 4.5 – Діалогове вікно для роботи з СІМ

Вхідними параметрами були прийняті:

- максимальна кількість резервних автобусів (R_{max});
- кількість діб моделювання (kol_dib);
- максимальна кількість автобусів, які сходять з маршруту за добу (L_{sx});
- максимальна кількість автобусів, які не випущені в термін на маршрут за добу (L_{nd});
- імовірність сходження (недовипуску) одного автобуса на маршрут (p_1);
- кількість запланованих автобусів на маршруті ($SG1.Cells$);
- середній маршрутний ефективний інтервал руху автобусів (I_{ef}).

Моделювання вхідного потоку вимог здійснювалося у відповідності з (4.2) і відповідно формування моментів сходження автобусів на маршрут – T_{sx} , недовипуску автобусів на маршрут – T_{nd} , повернення автобусів на маршрут – T_{pv} , закінчення роботи автобусів на маршруті – T_{kinec} , здійснюється в системі за допомогою убудованої в *Delphi* стандартної програми – генератора псевдовипадкових чисел, послідовність яких підкоряється рівномірному розподілу в інтервалі (0,1).

Кожна доба складається з дев'ятнадцяти часових інтервалів – починаючи з 5 годин ранку і закінчуючи 24 годинами ночі. Якщо в системі настає якась подія (сходження автобуса з маршруту, недовипуск його в термін на маршрут або повернення автобуса на маршрут), то цей факт відображається у відповідному вікні розподілу цих подій у відповідному часовому інтервалі. Автоматично ця подія відображається у вікні загального розподілу у часі автобусів на маршруті.

Опишемо схему роботи СІМ. В ході функціонування цієї системи розв'язується задача визначення оптимальної кількості резервних автобусів в міських умовах перевезення пасажирів.

Об'єктом дослідження є процес організації міських автобусних перевезень в містах, а метою роботи – розробка нових наукових підходів та практичних методів підвищення якості та продуктивності експлуатації міських автобусів за рахунок визначення оптимальної кількості резервних автобусів. У якості методу дослідження виступає статистичний аналіз результатів імітаційного моделювання роботи міських автобусів на маршруті.

Імітаційне моделювання даної транспортної системи дає можливість відобразити реальні обставини, що виникають в процесі її функціонування, і вирішити такі задачі:

- урахувати різні перехідні стани системи;
- дослідити характеристики системи в залежності від кількості резервних автобусів;
- урахувати розподіл поломок автобусів за часом і можливість їх повернення на маршрут із ремонту за поточну добу;
- урахувати зміну кількості резервних і лінійних автобусів в експлуатації в окремі періоди доби у відповідності з існуючими пасажиропотоками і т.п.

Специфічність процесу міських автобусних перевезень полягає у тому, що вони мають добову циклічність [102-104]. В той же час у межах доби окремі стани процесу (наприклад, поломка) настають у випадкові моменти часу. Виходячи з цього, при розробці імітаційної моделі для відображення поведінки системи виділяється зовнішній цикл – доба і внутрішній цикл – частина доби. Зовнішній цикл побудовано за “принципом Δt “, а внутрішній – за принципом особливих станів [18].

Безпосередній вибір оптимальної кількості резервних автобусів виконують у такій послідовності [77]:

6. На підставі евристичних міркувань ініціюють можливу ситуацію

$$S = \langle Z_{cx}, Z_{нд}, Z_{пв}, Z_{зр} \rangle, \quad (4.3)$$

де Z_{cx} – кількість сходжень автобусів з маршруту;

$Z_{нд}$ – кількість недовипусків автобусів на маршрут;

$Z_{пв}$ – кількість повернень автобусів на маршрут;

$Z_{зр}$ – залишок автобусів в резерві.

7. Розраховують імовірність появи цієї ситуації $P(S)$.

8. Розраховують витрати часу на очікування пасажиром посадки в автобус з урахуванням відповідно втрат *першого* (t_1^{oc}) і *другого* (t_2^{oc}) роду.

9. Визначають середній зважений час очікування:

$$t_{св}^{oc} = (t_1^{oc} + t_2^{oc}) \cdot P(S). \quad (4.4)$$

10. Розрахунки за пунктами 1-4 повторюють для числа автобусів в резерві $R+1$, $R+2$, Оптимальним буде варіант, який забезпечує мінімальні втрати часу.

Для реалізації 5-го пункту в схемі алгоритму роботи СІМ передбачений ще один зовнішній цикл.

Часова діаграма роботи СІМ зображена на рис. 4.6. В якості часових осей використовувався компонент *StringGrid*. На часовій діаграмі зображений процес формування моментів сходження автобуса з маршруту, недовипуск його в термін на маршрут або повернення автобуса на маршрут. Цей факт відображається у відповідному вікні розподілу цих подій у відповідному часовому інтервалі. Автоматично ця подія відображається у вікні загального розподілу у часі автобусів на маршруті. Часова діаграма має гарну наочність і дозволяє візуально спостерігати в часі процес роботи всієї системи.

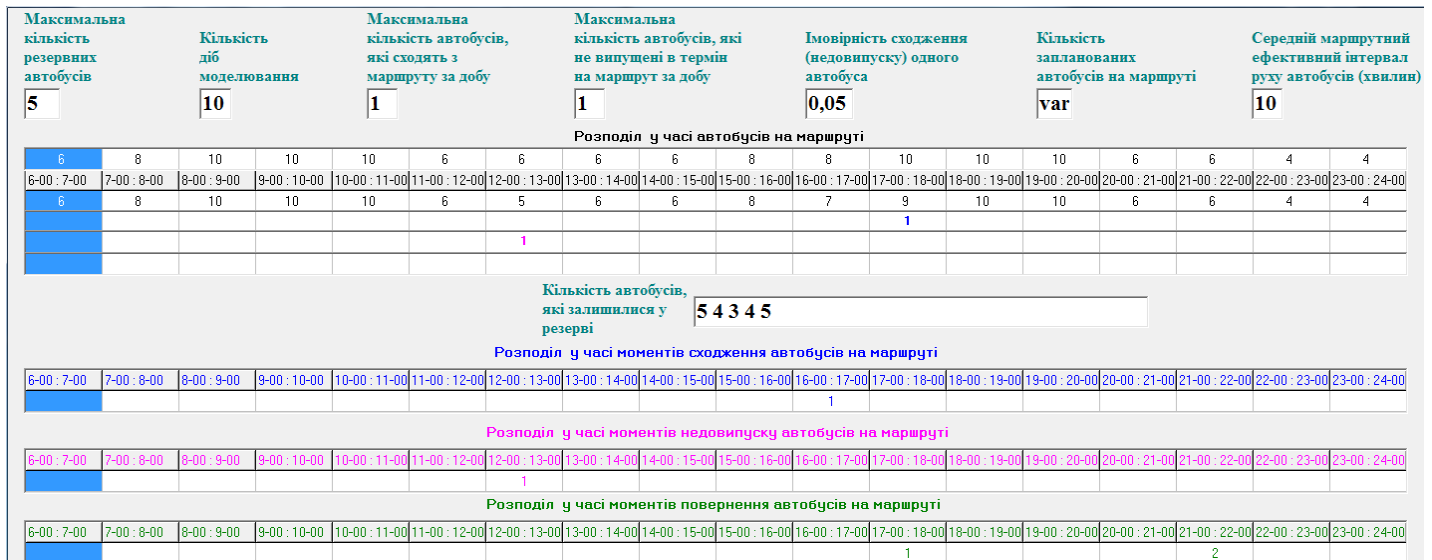


Рисунок 4.6 – Часова діаграма роботи СІМ

В кінці роботи СІМ видає результируючу інформацію про значення сумарних витрат часу на очікування пасажиром посадки в автобус з урахуванням відповідно витрат *першого* (t_1^{oc}) і *другого* (t_2^{oc}) роду, наприклад:

```
=====
10,8430561116706
2,50738355598958
52,3810250819792
9,81055756857639
17,9755273958333
7,67604657738095
6,67575052083333
6,25804027777778
5,535
15,55
```

Аналізуючи отриману інформацію, можна зробити висновок про те, що оптимальною кількістю резервних автобусів, при якій сумарний час очікування пасажирів автобуса на маршруті буде мінімальним, дорівнює 2 резервних автобуса.

4.3 Адекватність результатів дисертаційних досліджень

Результати експериментальних досліджень дозволяють оцінити достовірність гіпотез на адекватність теоретичних моделей об'єкта дослідження експериментальним даним. У практиці оцінки адекватності застосовують дві групи статистичних критеріїв згоди: 1) параметричні критерії; 2) непараметричні, або порядкові критерії [105].

Застосування параметричних критеріїв базується на використанні вибірових характеристик $\bar{x}$ (середнє арифметичне значення) і s (середнє квадратичне відхилення) вимірюваної величини, виходячи із припущення про нормальність розподілу оцінюваних рядів.

Для застосування же непараметричних критеріїв не потрібно використання перерахованих вище вибірових параметрів і вони рівною мірою придатні для аналізу розподілів оцінюваних рядів будь-якого вигляду, але для їх використання необхідне впорядкування у вигляді кумулянт експериментальних і теоретичних розподілів, тобто одержання рядів накопичених частот.

У даному дисертаційному дослідженні в якості аналізованих рядів величин виступають різні значення сумарних витрат часу на очікування пасажиром посадки в автобус з урахуванням відповідно витрат *першого* (t_1^{oc}) і *другого* (t_2^{oc}) роду, які не піддаються опису за допомогою яких-небудь законів розподілу. Отже можна стверджувати про доцільність використання для оцінки адекватності теоретичних моделей об'єкта дослідження експериментальним даним одного з непараметричних критеріїв, а саме T -критерію Вілкоксона [106].

До проведення оцінки достовірності гіпотез на адекватність теоретичних моделей об'єкта дослідження експериментальним даним проведемо деякі підготовчі дії, які будуть полягати у наступному:

- проаналізувати залежність величин пасажиропотоків від часу доби на 10 маршрутах ПП «ОДІУМ-ПРЕСТИЖ» м. Кривий Ріг;
- зробити розподіл автобусів у часі на 10 маршрутах ПП «ОДІУМ-ПРЕСТИЖ» м. Кривий Ріг.

На підставі даних гістограм розподілу пасажиропотоків по годинах доби на маршрутах № 9, № 11, № 14, № 15, № 240, № 275, № 279, № 287, № 293, № 300 ПП «ОДІУМ-ПРЕСТИЖ» м. Кривий Ріг (див. Додаток В) побудуємо таблицю залежностей величин пасажиропотоків від часу доби на маршрутах у процентному виразі (Додаток Д), а на підставі цих даних побудуємо відповідні графіки (на рис. 4.7 представлений графік для маршруту № 9, а для інших маршрутів у Додатку Е):

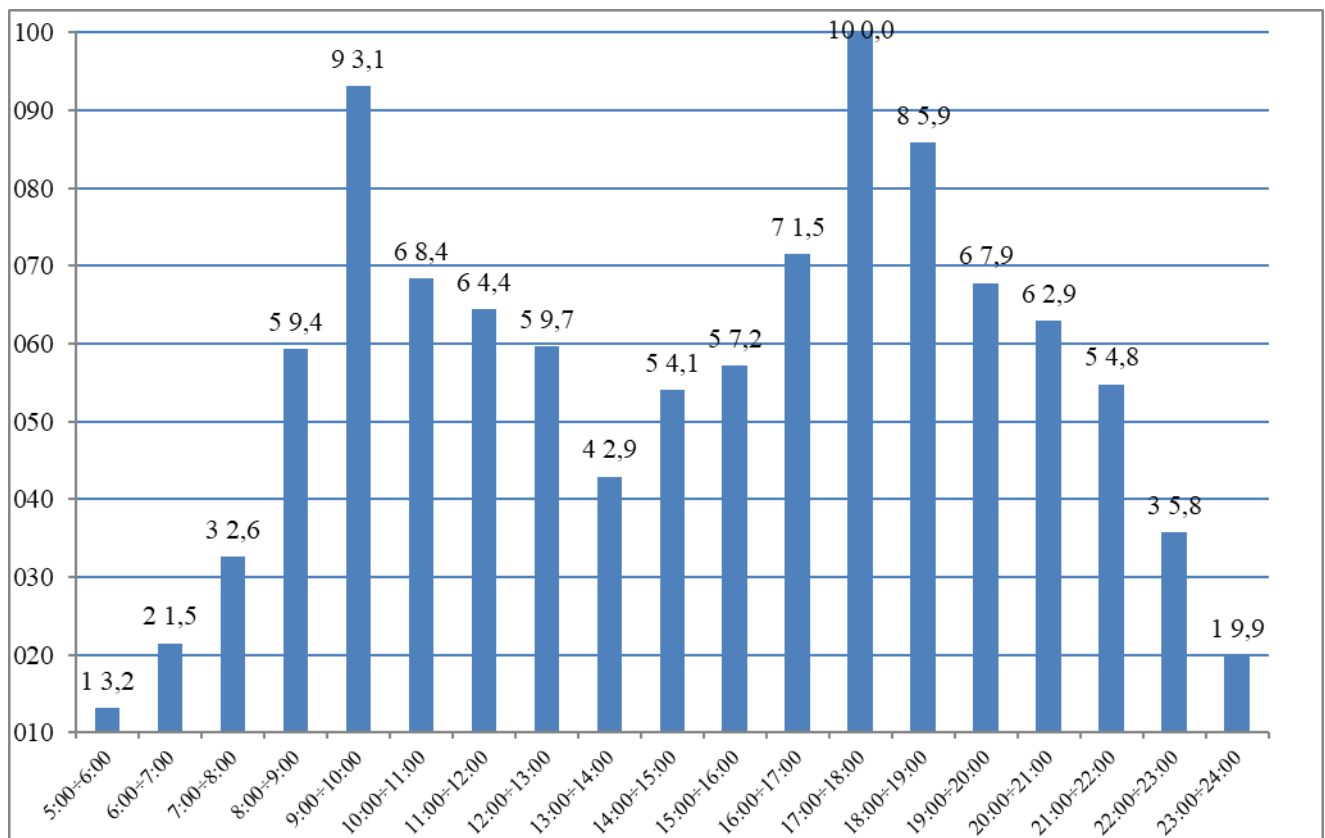


Рисунок 4.7 – Графік залежності величин пасажиропотоків від часу доби на маршруті № 9 у процентному виразі

Для знаходження кількості автобусів на маршруті будемо використовувати наступну формулу:

$$A = ((2 \cdot L_{\text{заг}}) / V_c) / T_{\text{ич}} \text{ ,} \quad (4.5)$$

де $L_{заг}$ – загальна відстань пересування (у прямому і зворотному напрямку), км;
 V_c – швидкість сполучення, км/год (для м. Кривий Ріг приймаємо 30 км/год);
 T_{ic} – інтервал часу руху автобусів на маршруті, год.

Використовуючи (4.5) і дані з Додатку Б отримаємо у таблиці 4.1 значення мінімальної і максимальної кількості автобусів на окремих маршрутах, а саме:

Таблиця 4.1 – Значення мінімальної і максимальної кількості автобусів на окремих маршрутах

№ маршруту	Відстань, км	Відстань (туди і назад), км	Мін інтервал руху, хв	Мах інтервал руху, хв	Максимальна кількість автобусів	Мінімальна кількість автобусів
9	30,66	61,32	5	10	25	12
11	31,43	62,86	5	10	25	13
14	14,55	29,1	45	45	1	1
15	12,28	24,56	7	7	7	7
240	21,75	43,5	10	10	9	9
275	5,11	10,22	15	15	1	1
279	18,41	36,82	7	10	11	7
287	16,09	32,18	5	7	13	9
293	16,28	32,56	5	5	13	13
300	17,3	34,6	15	15	5	5

На підставі даних таблиці 4.1 і графіків залежностей величин пасажиропотоків на маршрутах від часу доби у процентному виразі розрахуємо кількість автобусів, яка припадає на кожний часовий інтервал доби кожного маршруту (табл. 4.2).

Розрахунок кількості автобусів на i -му інтервалі часу доби (A_i) виконується відповідно двох співвідношень, а саме:

а) якщо кількість автобусів на маршруті має як мінімальне значення (A_{min}), так і максимальне (A_{max}) – це стосується маршрутів № 9, № 11, № 279 і № 287, тоді:

$$A_i = A_{min} + \frac{A_{max} - A_{min}}{T_{max\%} - T_{min\%}} \cdot (T_{i\%} - T_{min\%}), \quad (4.6)$$

де $T_{max_ \%}$ – виражене у відсотках максимальне усереднене значення пасажиропотоку за добу (у нашому випадку приймається за 100%);

$T_{min_ \%}$ – виражене у відсотках мінімальне усереднене значення пасажиропотоку за добу;

$T_{i_ \%}$ – виражене у відсотках усереднене значення пасажиропотоку на i -му інтервалі часу доби;

б) якщо кількість автобусів на маршруті має одно значення A – це стосується маршрутів № 14, № 15, № 240, № 275, № 293 і № 300, тоді:

$$A_i = \frac{A}{100} \cdot T_{i_ \%}, \text{ якщо } A_i < 1, \text{ то } A_i = 1. \quad (4.7)$$

Таблиця 4.2 – Кількість автобусів на кожному часовому інтервалі доби кожного маршруту

Інтервали руху	№ маршруту										Сума
	9	11	14	15	240	275	279	287	293	300	
5:00÷6:00	12	13	1	2	5	1	7	9	6	2	59
6:00÷7:00	13	20	1	5	6	1	8	10	8	3	74
7:00÷8:00	15	24	1	7	9	1	8	10	10	4	89
8:00÷9:00	19	23	1	7	8	1	9	11	12	4	94
9:00÷10:00	24	22	1	6	8	1	11	13	13	5	104
10:00÷11:00	20	21	1	6	7	1	10	12	12	3	93
11:00÷12:00	20	19	1	6	6	1	9	11	11	3	88
12:00÷13:00	19	18	1	5	6	1	9	11	10	2	82
13:00÷14:00	16	20	1	5	5	1	8	10	9	2	77
14:00÷15:00	18	22	1	4	4	1	8	10	8	2	80
15:00÷16:00	19	24	1	4	4	1	9	11	7	3	81
16:00÷17:00	21	25	1	4	4	1	9	11	6	3	85
17:00÷18:00	25	25	1	3	5	1	10	12	5	3	89
18:00÷19:00	23	21	1	3	5	1	10	12	6	3	86
19:00÷20:00	20	20	1	4	6	1	11	13	8	4	87
20:00÷21:00	19	18	1	3	6	1	10	12	8	4	83
21:00÷22:00	18	17	1	2	7	1	9	11	8	4	78
22:00÷23:00	15	15		2	4	1	8	10	5	4	64
23:00÷24:00	13	14		2	3		7	9	2	2	52

Обробка статистичних даних виконувалась за методикою наведеною в [107, 108], при цьому обсяг вибірки складав 25 спостережень (діб), а результати теоретичних і експериментальних даних представлені у вигляді статистичних рядів в табл. 4.3 (для проаналізованих вище маршрутів № 9, № 11, № 14, № 15, № 240, № 275, № 279, № 287, № 293, № 300 ПП «ОДІУМ-ПРЕСТИЖ» м. Кривий Ріг).

Таблиця 4.3 – Результати статистичної обробки сумарних витрат часу на очікування пасажиром посадки в автобус з урахуванням відповідно втрат *першого* (t_1^{oc}) і *другого* (t_2^{oc}) роду

№	Витрати часу на очікування пасажиром посадки в автобус, t_{ce}^{oc} (хв)		$C_i^T - C_i^e$	Ранжирувана $C_i^T - C_i^e$	Ранг $C_i^T - C_i^e$
	Теоретична	Експериментальна			
	C_i^T	C_i^e			
1	10,74	8,53	2,21	0,13	1
2	5,57	7,57	-2,00	-0,26	2
3	6,50	8,99	-2,49	0,57	3
4	7,30	9,83	-2,53	-0,60	4
5	9,81	6,54	3,27	0,66	5
6	7,87	9,76	-1,89	-0,76	6
7	9,43	7,95	1,48	0,78	7
8	7,15	5,17	1,98	-0,93	8
9	9,51	6,55	2,96	1,11	9
10	10,19	5,26	4,93	-1,42	10
11	9,65	6,16	3,49	1,48	11
12	6,30	5,52	0,78	-1,89	12
13	10,87	5,84	5,03	1,98	13
14	10,25	6,5	3,75	-2,00	14
15	8,36	9,29	-0,93	2,21	15
16	5,10	5,36	-0,26	-2,49	16
17	7,53	7,4	0,13	2,51	17
18	6,81	5,7	1,11	-2,53	18
19	6,34	7,76	-1,42	2,96	19
20	8,87	8,3	0,57	3,27	20
21	10,18	9,52	0,66	3,49	21
22	9,94	6,23	3,71	3,71	22
23	8,14	5,63	2,51	3,75	23
24	6,97	7,57	-0,60	4,93	24
25	9,15	9,91	-0,76	5,03	25

Визначимо адекватність результатів дисертаційного дослідження для даних таблиці 4.3. Сума негативних різностей між парами емпіричних і експериментальних значень всіх 25 спостережень (-12,88), без урахування її знаку, менше відповідної суми позитивних різностей (38,57). Виходячи з цього фактична величина T -критерію T_ϕ дорівнює сумі рангів відповідних негативних різностей між парами емпіричних і експериментальних значень, а саме – 90.

Знайдену таким способом фактичну величину T -критерію порівнюємо з табличним (табл. 4.4) значенням T_T для прийнятого рівня значимості і числа парних спостережень, яке береться без нульових різностей. Це значення дорівнює 89 (для самого високого рівня значимості).

У нашому випадку гіпотеза приймається, тому що

$$T_\phi \geq T_T. \quad (4.8)$$

Резюмуючи отримані вище результати можна зробити загальний висновок о том, що побудована у дисертаційній роботі математична модель повністю адекватна її фізичній моделі, а саме процесу здійснення автобусних перевезень пасажирів в місті Кривому Розі [12].

Таблиця 4.4 – Критичне значення критерію Вілкоксона для сполучених пар

Кількість пар	Рівень значимості		Кількість пар	Рівень значимості	
	0,05	0,01		0,05	0,01
6	1	0	16	30	20
7	2	0	17	35	23
8	4	0	18	40	28
9	6	2	19	46	32
10	8	3	20	52	38
11	11	5	21	59	43
12	14	7	22	66	49
13	17	10	23	73	55
14	21	13	24	81	61
15	25	16	25	89	68

4.4 Висновки до розділу 4

1. Удосконалення метода обстеження міських автобусних маршрутів з метою визначення попиту населення на перевезення міським громадським транспортом було досягнуто за рахунок зміни структури картки обстеження пасажиропотоків, узагальнення отриманих даних у відповідній базі даних і подальшої їх комп'ютерної обробки.

2. Імітаційне моделювання даної транспортної системи дає можливість відобразити реальні обставини, що виникають в процесі її функціонування, і вирішити такі задачі, як: урахувати різні перехідні стани системи; дослідити характеристики транспортної системи в залежності від кількості резервних автобусів, їх дислокації і т. ін.; урахувати контрольний розподіл збоїв у русі автобусів за часом і можливість їх повернення на маршрут із ремонту за поточну добу; урахувати зміну кількості резервних і лінійних автобусів в експлуатації в окремі періоди доби у відповідності з пасажиропотоками і т. ін.

3. Розглянуті структура, складові і режими функціонування імітаційної моделі визначення оптимальної кількості резервних автобусів, яка розроблена у програмному середовищі алгоритмічної програмування *Delphy*.

4. За допомогою непараметричного Т-критерію Вілкоксона був доведений той факт, що побудована у дисертаційній роботі математична модель перевізного процесу повністю адекватна її фізичній моделі, а саме процесу здійснення автобусних перевезень пасажирів в місті Кривому Розі.

5. Результати досліджень даного розділу викладено у наступних публікаціях [5, 7, 12, 18, 19, 20, 21].

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

Дисертація присвячена вирішенню важливого науково-практичного завдання підвищення продуктивності та якості міських автобусних перевезень за рахунок розробки і впровадження нових моделей, методів та програмного забезпечення визначення оптимальної кількості *резервних* автобусів, що відображає головні вимоги пасажирів до процесу перевезення, а саме втрати часу пасажирів на очікування посадки в автобус. Основні результати, отримані у даній дисертаційній роботі, полягають у наступному:

1. Проведено аналіз сучасних моделей та методів по удосконаленню організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом за критеріями продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів. який виявив, що під якістю транспортного обслуговування розуміють пасажирські послуги, які надаються перевізниками пасажирам для їхнього переміщення в часі й просторі. Цей показник характеризують такі фактори, як транспортне обслуговування всіх соціальних груп населення, регулярність руху, величина транспортного тарифу, витрати часу на пересування, комфортабельність перевезень. Не останнім фактором серед перерахованих є витрати часу на пересування, складовою яких втрати часу пасажирів на очікування посадки в автобус.

Також в процесі проведення аналізу встановлено, що одним із вагомих чинників, який безпосередньо впливає на продуктивність і якість міських автобусних перевезень, є наявність у автотранспортних підприємств достатньої кількості *резервних* автобусів, оскільки недостатня кількість резервних автобусів призводить до створення черг на поповнення маршруту резервними автобусами замість автобусів, що зійшли з лінії, що в свою чергу призводить до виникнення кратних інтервалів руху і збільшенню втрат часу пасажирів на очікування посадки в автобус. Іншою крайністю можуть бути непродуктивні простой деякої кількості автобусів в резерві внаслідок відсутності потреби в них на даний момент часу. Якщо

б цього не було, то використання даних автобусів на маршрутах привело б до зменшення витрат часу пасажирів на пересування.

2. Удосконалено метод визначення попиту населення на перевезення міським громадським транспортом для підвищення продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів, який через спеціально побудовані процедури підрахунку пасажирів є репрезентативною інформацією щодо кожного рейсу і практично не призводить до значних помилок при визначенні. Удосконалення методу дозволило на 25-30% скоротити час проведення обстеження автобусних маршрутів і час внесення даних обстеження до відповідної бази даних.

3. Розроблено метод удосконалення організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом на основі визначення оптимальної кількості *резервних* автобусів, який відрізняється від існуючих тим, що відображає головні вимоги пасажирів до процесу перевезення (втрати часу пасажирів на очікування посадки в автобус), є зручними для цілей моделювання і контролю в процесі функціонування маршруту. Використання запропонованого методу дозволило на 10-15% скоротити час очікування пасажирів на зупинках автобусів, підвищити регулярність їх руху.

4. Розроблено імітаційну модель визначення оптимальної кількості *резервних* автобусів для підвищення продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів, яка за рахунок спеціально побудованої програмної структури дозволяє багаторазово прораховувати втрати часу пасажирів на очікування посадки в автобус в умовах динамічне мінливого зовнішнього середовища.

5. Удосконалено метод організації перевезень пасажирів на маршрутах МПТС за критеріями продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів, що не залежить від інтервалів руху на маршруті і дає можливість визначати на маршрутах необхідну добову кількість автобусів з відповідним розкладом їх руху для організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом.

6. Проведені експериментальна апробація і впровадження моделей та програмного забезпечення по визначенню оптимальної кількості *резервних* автобусів:

- при виконанні госпдоговірної науково-дослідної роботи № 171 між Національним транспортним університетом і Приватним підприємством (ПП) «ОДІУМ–ПРЕСТИЖ» на тему «Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях» (09.2013–08.2016 рр., номер державної реєстрації 0114U003950);

- на 10 автобусних маршрутах м. Кривий Ріг, які виконує ПП «ОДІУМ–ПРЕСТИЖ», що дозволило приблизно на 12% знизити витрати на здійснення пасажирських перевезень, а також підвищити достовірність і оперативність інформації;

- у навчальному процесі кафедри «Міжнародні перевезення та митний контроль» Національного транспортного університету МОН України;

- при розробці «Тимчасового положення про формування та використання резерву автобусів на міських маршрутах м. Кривий Ріг», яке затверджено відділом транспорту і зв'язку виконкому Криворізької міської ради на 75 міських автобусних маршрутах і буде дійсним до затвердження аналогічного документу Міністерством інфраструктури України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Omarov D. Improvement of the Methods for Determining Optimal Characteristics of Transportation Networks. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. N. 6/3 (84). P. 54–61. ISSN 1729-3774, DOI:10.15587/1729-4061.2016.85211, <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/85211>.
2. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Босняк М.Г., Лебідь І.Г., Грисюк Ю.С., Гусєв О.В. Defining the ways to increase the safety of hazardous goods in international automobile transportation. *Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика»*. Київ: НТУ, 2013. Вип. 11. С. 91–99.
3. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Дмитриченко А.М., Цимбал Н.М., Дудник О.С. Застосування сучасних інформаційних технологій при розв’язанні багатетапних транспортних задач. *Науково-технічний збірник «Вісник НТУ»*. Київ: НТУ, 2015. Вип. 31. С. 450–462.
4. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Прокудін О.Г. Удосконалення організації перевезень пасажирів у великих містах. *Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика»*. Київ: НТУ, 2015. Вип. 16. Част. 1: «Технічні науки». С.125–135.
5. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Прокудін О.Г. Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях. *Науково-технічний збірник «Вісник НТУ»*. Київ: НТУ, 2016. Вип. 1 (34). Серія «Технічні науки». С. 378–387.
6. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Майданик К.О., Ремех І.О., Пилипенко Ю.В., Прокудін О.Г. Приклад побудови імітаційних моделей у транспортних системах. *Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика»*. Київ: НТУ, 2016. Вип. 17. Част. 1: «Технічні науки». С. 67–79.
7. Омаров Д.М. Приклад моделювання роботи міських автобусів на маршруті. *Науково-технічний збірник. «Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті»*. Київ: НТУ, 2016. Вип. 4. С. 38–47.

8. Омаров Д.М., Прокудін Г.С. Підвищення ефективності та якості автобусних пасажирських перевезень. *LXX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету*: тези доповідей. Київ: НТУ, 2014. С. 209.

9. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Білокобила Є.Ю. Статистичні та соціологічні дослідження параметрів, які впливають на продуктивність та якість автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях / Звіт о НДР № 171 “Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях”, (проміжний, 1 етап), № ДО 0215U002234: Націон. транс. ун-т. – № ДР 0114U003950. Київ: НТУ, 2014. 95 с.

10. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Дудник О.С., Іщенко М.Г., Пелих В.Ю. Застосування сучасних інформаційних технологій при розв’язанні багатетапних транспортних задач. *LXXI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету*: тези доповідей. Київ: НТУ, 2015. С. 281.

11. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Білокобила Є.Ю. Теоретичні дослідження підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях і розробка методики по їх удосконаленню / Звіт о НДР № 171 “Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях”, (проміжний, 2 етап), № ДО 0215U002234: Націон. транс. ун-т. – № ДР 0114U003950. Київ: НТУ, 2015. 89 с.

12. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А. Підвищення якості обслуговування пасажирів міськими автобусами в м. Кривий Ріг. *Всеукраїнська науково-практична конференція “Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні”*: тези доповідей. Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2015. С. 222–223.

13. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Дудник О.С. Методи оптимізації перевезень пасажирів і вантажів на території України. *Міжнародна науково-практична конференція “Стан, проблеми та перспективи вдосконалення економіки України”, Частина 2*: тези доповідей. Ужгород: Видавничий дім “Гельветика”, 2015. С. 125–126.

14. Омаров Д.М., Прокудін Г.С. Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях конгломераціях. *LXXII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету*: тези доповідей. Київ: НТУ, 2016. С. 233.

15. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Дудник О.С. Аналіз сучасних моделей міського автобусного сполучення. *Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference “Topical Problems of Modern Science and Possible Solutions”*: abstracts of reports. Dubai, UAE, 2016. № 10(14), Vol. 1 P. 50–52.

16. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Прокудіна І.І. Визначення оптимальних параметрів, які впливають на продуктивність та якість автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях / Звіт о НДР № 171 “Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях”, (заключний), № ДО 0216U002813: Націон. транс. ун-т. – № ДР 0114U003950. Київ: НТУ, 2016. 115 с.

17. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Пилипенко Ю.В. Застосування імітаційного моделювання для підвищення ефективності роботи міських автобусів. *LXXIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету*: тези доповідей. Київ: НТУ, 2017. С. 258.

18. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г., Дудник О.С. Алгоритм статистичного моделювання роботи міських автобусів. *International Academy Journal «Multidisciplinary Scientific Edition: Web of Scholar»*: abstracts of reports. 2017. 2(11) P. 11–13. ISSN 25180167X.

19. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г. Математична модель резервування міських автобусів на маршруті. VI Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні управляючі системи та технології»: тези доповідей. Одеса: «ВидавІнформ НУ «ОМА», 2017. С. 95–97.

20. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г. Комп’ютерна програма “Імітаційна модель роботи міських автобусів на маршруті” / Свідоцтво про

реєстрацію авторського права на твір. № 72380. Київ: Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2017. 17 с.

21. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г. Літературний письмовий твір науково-технічного характеру “Математична модель роботи міських автобусів на маршруті” / Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. № 72377. Київ: Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2017. 11 с.

22. Єрмак О.М., Пустовіт В.І. Щодо визначення якості пасажирських перевезень / *Міжвузівський збірник „Наукові нотатки”*. Київ, 2014. Вип. 46. С. 170–176.

23. Статистичні дані автомобільного транспорту України: Режим доступу: http://ukrstat.gov.ua/metod_polog/metod_doc/2016/252/mp_savt.zip.

24. Статистичні дані міського електричного транспорту України: Режим доступу: http://ukrstat.gov.ua/metod_polog/metod_doc/2016/79/mp_smet.zip.

25. Офіційний інтернет-портал Криворіжської міської державної адміністрації: Режим доступу: <http://krrigciti.gov.ua>.

26. Офіційний інтернет-портал Міністерства інфраструктури України: Режим доступу: <http://mtu.gov.ua>.

27. Офіційний інтернет-портал Головного управління статистики у м. Кривий Ріг: Режим доступу: <http://krrig.ukrstat.gov.ua>.

28. Цибулка Ян. Качество пассажирских перевозок в городах / пер. с чеш Ян Цибулка. Москва: Транспорт, 2010. 239 с.

29. Доля В.К. Теоретические основы и методы организации маршрутных автобусных перевозок в крупнейших городах / Автореф. дис. на соискание учен. степени д-ра техн. наук по спец. 05.22.01 – Транспортные системы. Москва: МАДИ, 1993. 42 с.

30. Кудинова Л.А. Применение теории систем к проблеме управления на городском пассажирском транспорте. *Экономические основы совершенствования управления на автомобильном транспорте*. Санкт-Петербург: КОРОНА принт, 2012. 315 с.

31. Босняк М.Г. Комплексне удосконалення транспортного процесу і організація роботи автобусного підприємства / Автореф. дис. на здобуття вчен. ступені канд. техн. наук за спец. 05.22.01 – Транспортні системи. Київ: УТУ, 1997. 15 с.
32. Gabriella Mazzulla, Laura Eboli. A Service Quality experimental measure for public transport. *Journal of European Transport*. 2006. № 34. P. 42–53.
33. Prioni P., Hensher D.A. Measuring service quality in scheduled bus services. *Journal of Public Transportation*. 2000. №3 (2). P. 51–74.
34. Marcucci E., Valeri E., Stathopoulos A., Gatta V. Local public transport, service quality and tendering contracts in Venezia [Text]. *Urban Sustainable Mobilità*. Milano, 2011. P. 1–14.
35. Gabriela Beirão, José Sarsfield Cabral. Enhancing service quality in public transport systems [Text]. *Faculty of Engineering. XII: Urban Transport and the Environment in the 21-st Century*. 2006. P.837–845.
36. Margareta Friman, Markus Felleson. Service supply and customer satisfaction in public transportation: The quality paradox. *Journal of public transportation*. Karlstad University, Sweden., 2009. Vol. 12 No. 4. P. 57–69.
37. Friman M. Implementing quality improvements in public transport. *Journal of Public transportation*. 2004. P. 49–65.
38. Босняк М.Г. Пасажирські автомобільні перевезення: уавчальний посібник для студентів напряму 0646 – транспортні технології. Київ: Видавничий Дім “Слово”, 2009. 271 с.
39. Ігнатенко О.С., Маруніч В.С., Дума І.М., Журавель В.В. Математичне моделювання міських пасажирських перевезень. *Проектування, виробництво, експлуатація автотранспортних засобів і поїздів*. Львів: Захід. наук. центр ТАУ, 1995. Т. 2. С.38–42.
40. Бронер Д.Л. Транспорт города. М: Статистика, 1997. 121 с.
41. Руководство по составлению рациональных систем автобусных маршрутов в городах. Москва: НИИАТ, 2008. 48 с.

42. Бонсал П.У., Чемперноун А.Ф., Мейсон А.К., Уилсон А.Г. Моделирование пассажиропотоков в транспортной системе. Москва: Транспорт, 2003. 207 с.
43. Гуревич Г.А., Кузнецов Т.Н., Михайлов А.А. Изучение транспортных потребностей – основа совершенствования работы пассажирского транспорта. *Пассажирские перевозки автомобильным транспортом*: Москва: Труды ЦБНТИ, 2011. Сер. 4. Т. 2. С. 1–5.
44. Ігнатенко О.С., В.С Маруніч. Основи методології побудови пасажирської транспортної системи. *Автошляховик України*. Київ: УТУ, 1995. № 7. С.5–7.
45. Доля В.К. Методы организации перевозок пассажиров в городах. Харьков: Основа, 1992. 144 с.
46. Канарчук В.С., Дудченко О.А., Чигринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: підручник. – Київ: Вища школа, 1994. 383 с.
47. Прокудін Г.С., Данчук В.Д., Цуканов О.І., Цимбал Н.М. Комп'ютерні технології статистичного аналізу на транспорті: навч. посібн для студ. спец. 8.05010101 – Інформаційні управляючі системи та технології. Київ: НТУ, 2013. 280 с.
48. Сокульський О.Е., Гілевська К.Ю., Панченко Д.Л. Методика визначення інтервалу руху пасажирського транспортного засобу на маршруті МПТС, з урахуванням пасажиропотоків, коефіцієнту заповнення салону та часу чекання пасажиром на зупинці. *Науковий журнал “Управління проектами, системний аналіз і логістика”*. К.: НТУ, 2014. Вип. 14. С. 223–232.
49. Прокудін Г.С. Омаров Д.М., Чупайленко О.А., Дудник О.С., Прокудін О.Г. Перетворення мережевих моделей процесу вантажних перевезень у матричні моделі. *Науковий журнал “Управління проектами, системний аналіз і логістика”*. Київ: НТУ, 2015. Вип. 16 Част. 1. «Технічні науки». С.136–144.
50. James Kinsella, Caulfield Brian. An Examination of the Quality and Ease of Use of Public Transport in Dublin from a Newcomer's Perspective. *Journal of Public Transportation*. 2011. Vol. 14 No. 1. P. 69–83.
51. Дудник О.С. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г. Модель організації мультимодальних вантажних перевезень у міжнародному

сполученні. *Науково-технічний збірник «Вісник НТУ»*. Київ: НТУ, 2016. № 1 (34). Серія «Технічні науки». С. 397–406.

52. Kenneth Kuhn. Open Government Data and Public Transportation. *Journal of Public Transportation*. 2011. Vol. 14. No. 1. P. 83–99.

53. Іщенко М.Г., Прокудін Г.С., Прокудін О.Г. Аналіз міжнародного ринку транспортних послуг. XIX Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в економіці, менеджменті і бізнесі. Проблеми науки, практики і освіти»: тези доповідей. Київ: ЄУ, 2013. С. 111–115.

54. Вікович І.А., Зубачик Р.М. Моделювання попиту на індивідуальний та громадський транспорт з використанням програмного забезпечення VISUM. *Науковий журнал «Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля»*. 2012. № 6 (177). Ч.1. С. 193–203.

55. Дульфан С.Б., Лобашов А.О. Перспективы дорожного движения в крупнейших городах. *Совершенствование дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов*: сб. науч. тр. Минск: БНТУ, 2014. С. 19–24.

56. Поляков А.А. Организация движения на улицах и дорогах. – Москва: Транспорт, 1985. 375 с.

57. Голованенко С.Л. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом. – Київ: Техника, 1981. 231 с.

58. Воркут А.И., Афанасьев Л.Л., Дьяков А.Б. Пассажирские автомобильные перевозки. Москва: Транспорт, 1986. 220 с.

59. Канарчук В.С., Дудченко О.А., Барилович Л.П. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах. Київ: Логос, 1996. 348 с.

60. Дмитриченко М.Ф., Левковець П.Р., Ткаченко А.М., Ігнатенко О.С. Транспортні технології в системах логістики: підручн. для студ. напряму підгот. “Транспортні технології”. Київ: ІНФОРМАВТОДОР, 2007. 676 с.

61. Гілевська К.Ю., Сокульський О.Е., Гілевська К.Ю., Панченко Д.Л. Методика визначення інтервалу руху пасажирського транспортного засобу на маршруті МПТС, з урахуванням пасажиропотоків, коефіцієнту заповнення салону та

часу чекання пасажиром на зупинці. *Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика»*. Київ: НТУ, 2014. Вип. 14. С. 163–171.

62. Дмитриченко М.Ф., Яцківський Л.Ю., Ширяева С.В., Докуніхін В.З. Основи теорії транспортних процесів і систем: навч. посібн. для ВНЗ. Київ: Видавничий Дім «Слово», 2009. 336 с.

63. Гілевська К.Ю., Сокульський О.Є., Васільцова Н.М. Контроль якості транспортних послуг для підвищення ефективності організації автобусних маршрутів МПТС. *Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика»*. Київ: НТУ, 2014. Вип. 13. С. 163–171.

64. Киселев В.Н., Лагутко С.С. Совершенствование организации перевозок на городском пассажирском транспорте в республике Беларусь. Минск: Техника, 2007. 132 с.

65. Шпильовий І.Ф. Концепція проектування систем міських пасажирських перевезень. *Східноєвропейський журнал передових технологій*. Луганськ, 2010. Вип. 4/4 (46). С. 27–31.

66. Левковець П.Р., Дмитрієв М.М., Шпильовий І.Ф. Основні напрямки вдосконалення пасажирських перевезень. *Науковий журнал «Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту та експлуатації автомобілів»*. Київ: УТУ, 2002. Вип. 15. С. 251–255.

67. Про затвердження Порядку проведення конкурсу з перевезення пасажирів на автобусному маршруті загального користування. Постанова кабінету міністрів України від 3 грудня 2008 р. N 1081.

68. Варелопуло Г.А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте. Москва: Транспорт, 2009. 267 с.

69. Habr J., Veprek J. Systemova analyza transporta. Praha: SNTL, 2012. 214 с.

70. Большаков А.М., Кравченко Е.А., Черникова С.Д. Повышение качества обслуживания пассажиров и эффективности работы автобусов. Москва: Транспорт, 2009. 205 с.

71. Прокудін Г.С., Кунда Н.Т., Петрик А.В., Омаров Д.М. та інші. Організація і управління транспортними процесами в міжнародному сполученні / Звіт о НДР

“Організація і управління транспортними процесами в міжнародному сполученні” (проміжний) / Націон. транс. ун-т. – № ДР 0112U008415. Київ: НТУ, 2013. 122 с.

72. Kharola P. S., Tiwari Geetam, Mohan Dinesh. Traffic Safety and City Public Transport System. *Journal of Public Transportation*. Case Study of Bengaluru, India, 2010. Vol. 13. No. 4. P. 63–93.

73. Прокудін Г.С., Кунда Н.Т., Петрик А.В., Омаров Д.М. та інші. Організація і управління транспортними процесами в міжнародному сполученні / Звіт о НДР “Організація і управління транспортними процесами в міжнародному сполученні” (заключний) / Націон. транс. ун-т. – № ДР0112U008415. Київ: НТУ, 2015. 167 с.

74. Muhammad Imran. Public Transport in Pakistan: A Critical. *Journal of Public Transportation*. 2009. Vol 12, No. 2. – P. 53–85.

75. Прокудін О.Г., Чупайленко О.А., Дудник О.С., Прокудін О.Г., Омаров Д.М. Інформаційна технологія забезпечення функціонування транспортної логістики виробничого підприємства. *VI Міжнародна науково–практична конференція «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем»*. Чернігів: ЧНТУ, 2016. С. 144–146.

76. Викович И.А., Зубачик Р.М. Анализ эффективности метода «специальная полоса в зоне перекрестка» на реальном регулируемом пересечении. *Вестник Белорусского государственного университета транспорта: науч.-произв. журн. “Наука и транспорт”*. – Гомель: БГУТ, 2014. № 2 (29). С. 44–48.

77. Лашених О.А., Кузькін О.Ф. Методи і моделі оптимізації транспортних процесів і систем: навч. посібн. Запоріжжя: ЗНТУ, 2006. 435 с.

78. Прокудін Г.С., Дехтярук М.Т. Імітаційне моделювання у транспортних системах. *Науково-технічний збірник «Вісник НТУ»*. Київ: НТУ, 2004. № 9. С. 181–189.

79. Прокудін Г.С. Моделі і методи оптимізації перевезень у транспортних системах: навч. посібн. Київ: НТУ, 2006. 224 с.

80. Прокудін Г.С., Кунда Н.Т., Чупайленко О.А., Лебідь В.В. Комп’ютерна програма “Вибір оптимального маршруту руху за критерієм привабливості” /

Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. № 67055. Київ: Державна служба інтелектуальної власності України, 2016. 17 с.

81. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии. Москва: Альтекс-А, 2004. 384 с.

82. Томашевский В.М., Жданова Е.Г. Имитационное моделирование в среде GPSS. Москва: Бестселлер, 2003. 416 с.

83. Прокудін Г.С., Цуканов О.І., Прокудін О.Г. Імітаційна модель управління ресурсами у логістичних системах. *Науковий журнал «Проблеми транспорту»*. – Київ: НТУ, 2012. Вип. 9. С. 77–83.

84. Прокудін Г.С., Дехтярук М.Т., Білоус С.О. Приклад побудови імітаційних моделей у транспортних системах. *Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика»*. Київ: НТУ, 2006. Вип. 3. С. 121–129.

85. Четверухін Б.М., Бакуліч О.О., Радкевич С.Д. Дослідження операцій в транспортних системах. Частина 2. Системи масового обслуговування: навч. посібн. Київ: НТУ, 2001. 141 с.

86. Прокудін Г.С., Омаров Д.М., Іщенко М.Г., Пелих В.Ю., Дудник О.С. Застосування сучасних інформаційних технологій при розв'язанні багатостадійних транспортних задач. *LXXII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей*. Київ: НТУ, 2016. С. 256.

87. Md Aftabuzzaman, Currie Graham, Sarvi Majid. Evaluating the Congestion Relief Impacts of Public Transport in Monetary Terms. *Journal of Public Transportation*. 2010. Vol. 13. No. 1. P. 1–25.

88. Чупайленко О.А., Прокудін Г.С., Дудник О.С., Прокудін О.Г., Омаров Д.М. Проблеми створення транспортно-логістичної системи підприємств для інтеграції в систему міжнародних вантажних перевезень: монографія «Управління інноваційною, інвестиційною та економічною діяльністю інтегрованих об'єднань та підприємств» / за заг. ред. Л.М. Савчук. Дніпропетровськ: Пороги, 2016. С. 363–373.

89. Margareta Friman, Markus Fellelsson Service Supply and Customer Satisfaction in Public Transportation: The Quality Paradox. *Journal of Public Transportation*. 2009. Vol. 12. No. 4. P. 57–71.

90. Ремех І.О., Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Майданик К.О., Пилипенко Ю.В. Визначення ефективності застосування системи тягових плечей у міжміських перевезеннях вантажу. *VII Міжнародна науково–практична конференція «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем»*: тези доповідей. Чернігів: ЧНТУ, 2017. С. 146–147.

91. Вікович І.А., Зубачик Р.М., Беспалов Д.О. Визначення ефективності методу «спеціальна смуга у зоні перехрестя» з позиції забезпечення пріоритету у часі. *Науковий журнал «Технологічний аудит та резерви виробництва»*. Харків: Технологічний центр, 2014. № 5/1(19). С. 40–45.

92. Кунда Н.Т. Дослідження операцій у транспортних системах: навч. посібн. для студ. напрямку «Транспортні технології» вищ. навч. закл. Київ: ВД «Слово», 2008. 400 с.

93. Вікович І.А., Зубачик Р.М. Розробка імітаційної моделі для визначення максимальної довжини черги транспортних засобів. *Збірник наукових праць «Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Харків: ХПІ, 2013. № 70(1043). С. 48–59.

94. Маруніч В.С., Вакарчук І.М., Харута В.С. Автоматизований метод обстеження кореспонденції та пасажиропотоків на маршрутах транспорту загального користування. *Науково-технічний збірник “Комунальне господарство міст”*. Харків: ХНАМГ, 2012. С. 343 – 351. <http://eprints.kname.edu.ua/25642/1/343–351.pdf>.

95. Маруніч В.С., Вакарчук І.М., Харута В.С. Щодо системності факторів уніфікації проекту побудови пасажирських маршрутних систем міст. *13 Міжнародна науково-практична конференція «Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики»*: тези доповідей. Київ: Міністерство транспорту та зв’язку України, 2011. С. 131–133.

96. Дмитриченко М.Ф., Дмитрієв М.М., Воркут Т.А, Маруніч В.С., Вакарчук І.М., Харута В.С. Патент на винахід “Автоматизований метод обстеження пасажиропотоків і кореспонденцій”. Київ: Державна служба інтелектуальної власності України, 2011. <http://uapatents.com/5-97325-sposib-avtomatizovanogo-obstezhennya-pasazhiropotokiv-na-marshrutakh-transportu-zagalnogo-koristuvannya.html>.

97. Доля В.К., Фалецкая Г.И. Закономерности изменения времени ожидания транспортного средства в зависимости от интенсивности подхода пассажиров к остановочному пункту. *Науковий журнал «Вісник Донецької академії автомобільного транспорту»*. Донецьк:ДААТ, 2011. № 1. С. 25–29.

98. Глинський Я.М., Анохін В.Є., Рязська В.А. Turbo Pascal і Delphi: навч. посіб. 9-те доп. вид. Львів: Деол, СПД Глинський, 2009. 192 с.

99. Глинський Я.М., Анохін В.Є., Рязська В.А С++ і С++ Builder: навч. посіб. 3-е вид. Львів: Деол, СПД Глинський, 2010. 274 с.

100. Харута В.С. Планування у проектах та програмах міських пасажирських перевезень на прикладі м. Києва. *15 Міжнародна науково-практична конференція «Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики»*. – Київ: Міністерство інфраструктури України, 2013. С. 210–214.

101. Маруніч В.С., Вакарчук І.М., Харута В.С. Механізми модернізації управління проектами та програмами міських пасажирських перевезень. *Міжнародна науково-практична конференція «Модернізаційні процеси державного та муніципального управління»*. – Київ: АМУ, 2014. Ч. 2. С. 84–86.

102. Харута В.С. Адаптація прецедентного методу для формування команди проектів міських пасажирських перевезень. *Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика»*. Київ: НТУ, 2014. Вип. 14. Част. 1 «Технічні науки». С. 256–265.

103. Маруніч В.С., Вакарчук І.М., Харута В.С. Методи та моделі формування команди проекту побудови пасажирських маршрутних систем міст. *Східноєвропейський журнал передових технологій*:– Харків: Технологічний центр, 2013. № 1/10 (61) Ч. 1. С. 41–45. journals.uran.ua/eejet/article/download/6779/5970.

104. Григорак М.Ю., Маруніч В.С., Вакарчук І.М, Харута В.С. Проблеми кадрового забезпечення у сфері транспорту і логістики в умовах глобального конкурентного середовища. *11 Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми підготовки професійних кадрів з логістики в умовах глобального конкурентного середовища»*. Київ: Логос, 2013. С. 162–167.
105. Гаврилов Е.В., Дмитриченко М.Ф., Доля В.К та інші. Системологія на транспорті / Основи теорії систем і управління. Київ: Знання України, 2005. 344 с.
106. Гаврилов Е.В., Дмитриченко М.Ф., Доля В.К.та інші. Системологія на транспорті / Технологія наукових досліджень і технічної творчості. Київ: Знання України, 2005. 352 с.
107. Галушко В.Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте. Київ: Вища школа, 1976. 232 с.
108. Завадский Ю.В. Методика статистической обработки экспериментальных данных. Москва: МАДИ, 1981. 116 с.

Додаток А

**Порівняльні дані про роботу всіх видів громадянського
транспортів міста Кривий Ріг за 2016 і 2017 роки**

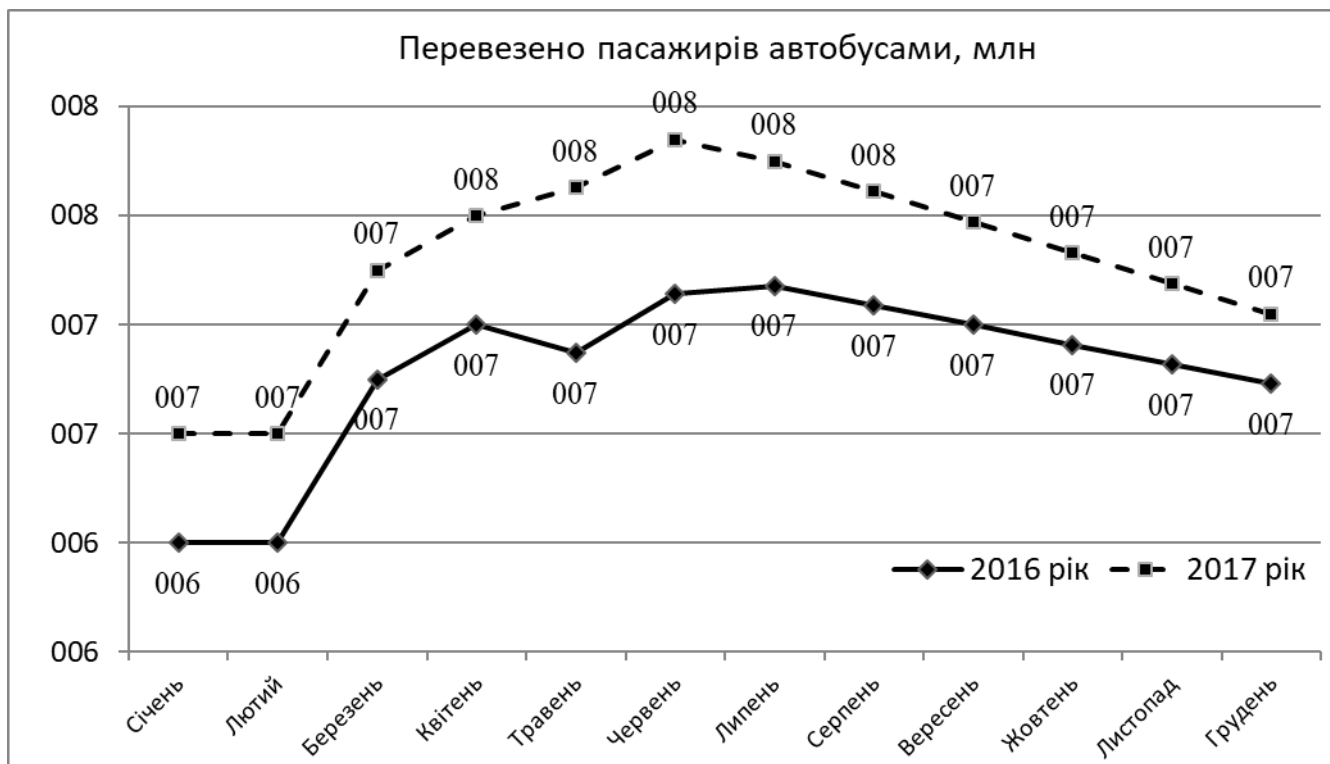


Рисунок А.1 – Порівняльний аналіз між 2016 і 2017 роками кількості перевезених пасажирів автобусами у м. Кривий Ріг

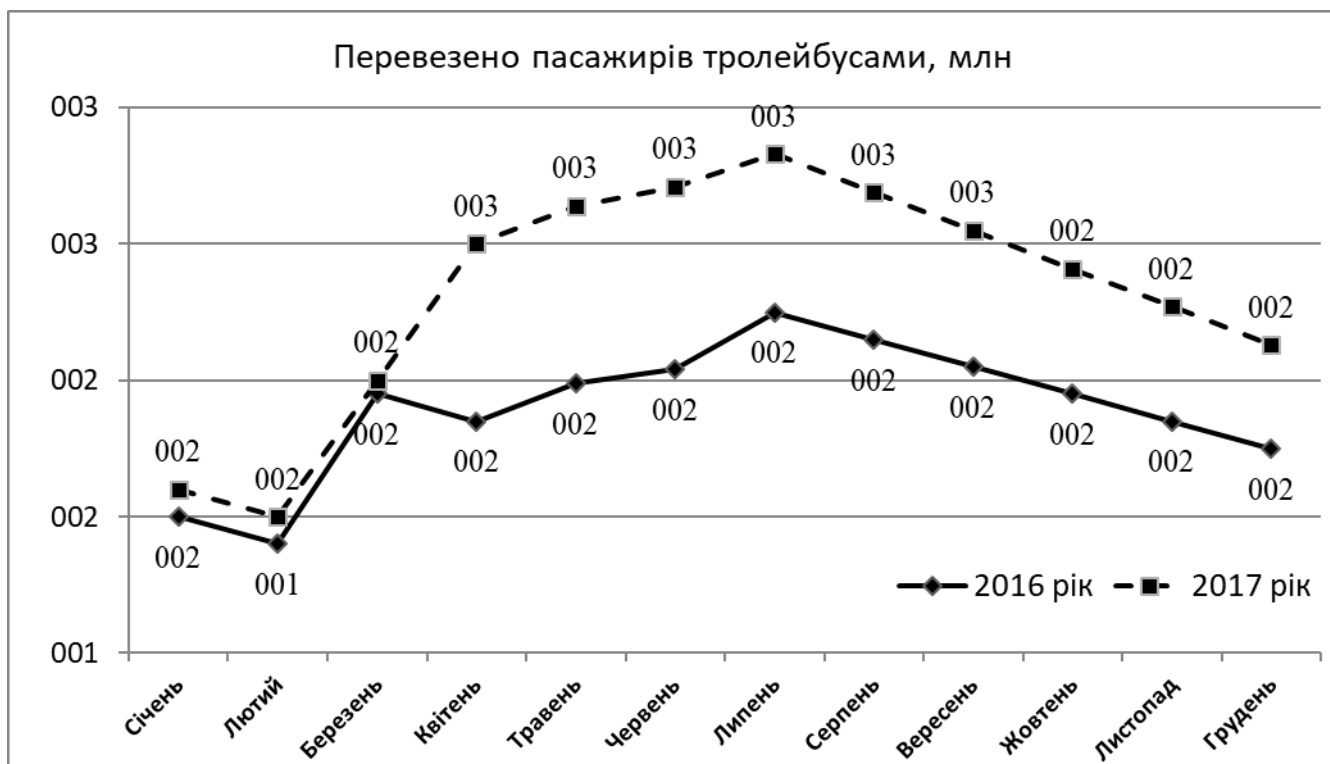


Рисунок А.2 – Порівняльний аналіз між 2016 і 2017 роками кількості перевезених пасажирів тролейбусами у м. Кривий Ріг

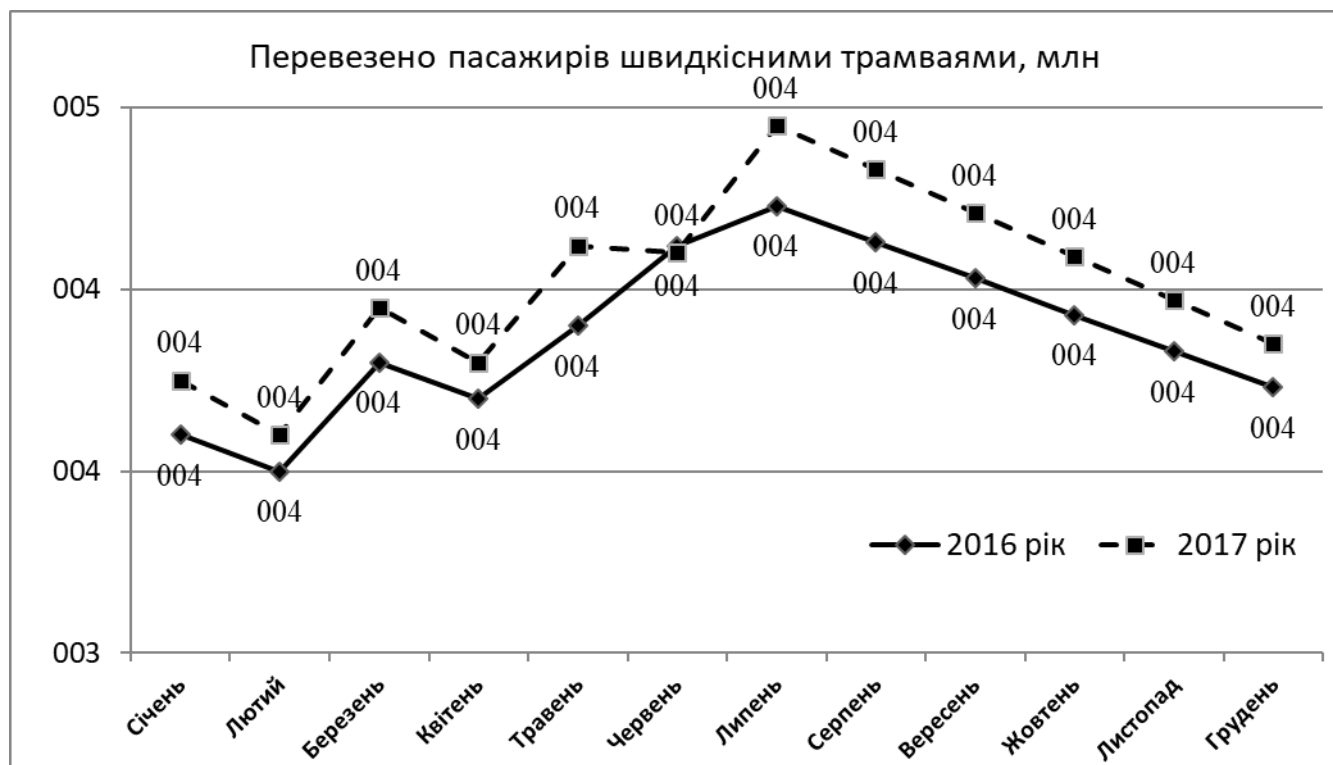


Рисунок А.3 – Порівняльний аналіз між 2016 і 2017 роками кількості перевезених пасажирів швидкісними трамваями у м. Кривий Ріг



Рисунок А.4 – Порівняльний аналіз між 2016 і 2017 роками кількості перевезених пасажирів трамваями у м. Кривий Ріг

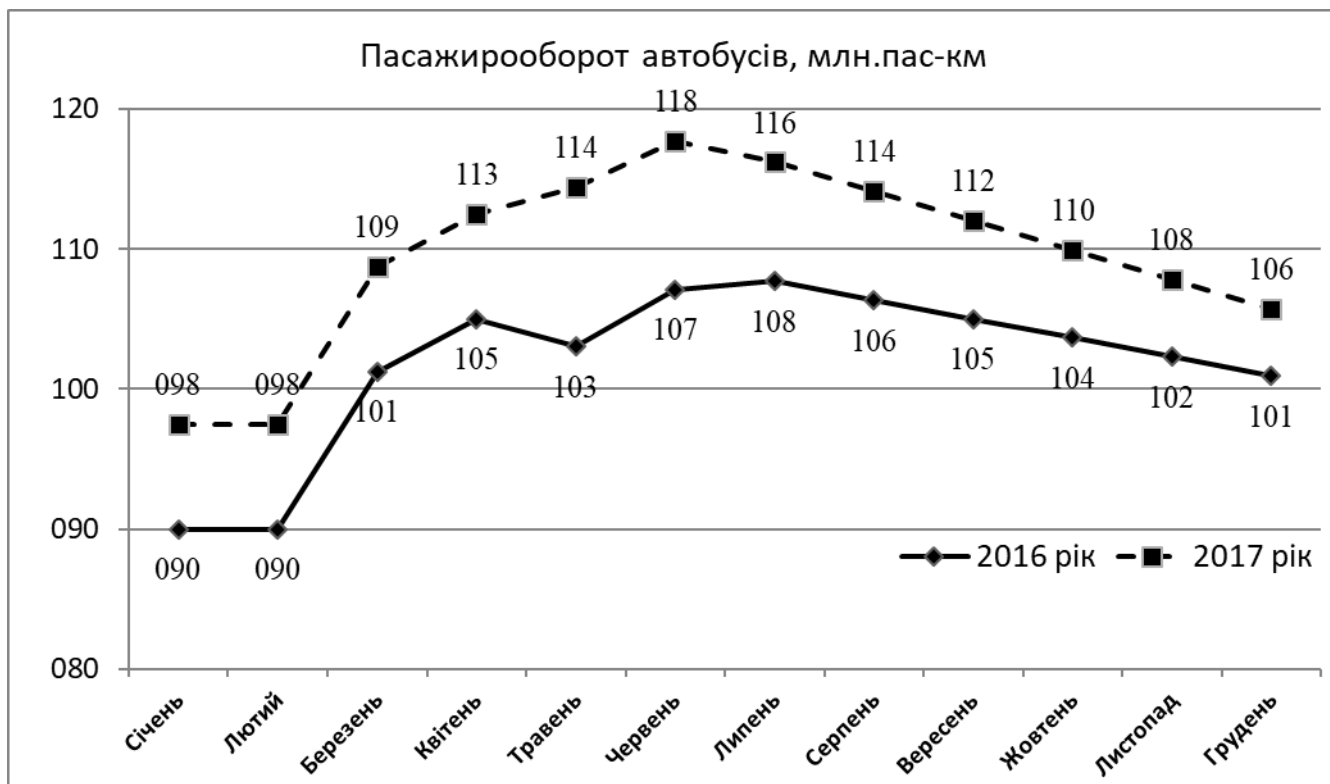


Рисунок А.5 – Порівняльний аналіз між 2016 і 2017 роками обсягів пасажирообороту, який виконаний автобусами у м. Кривий Ріг

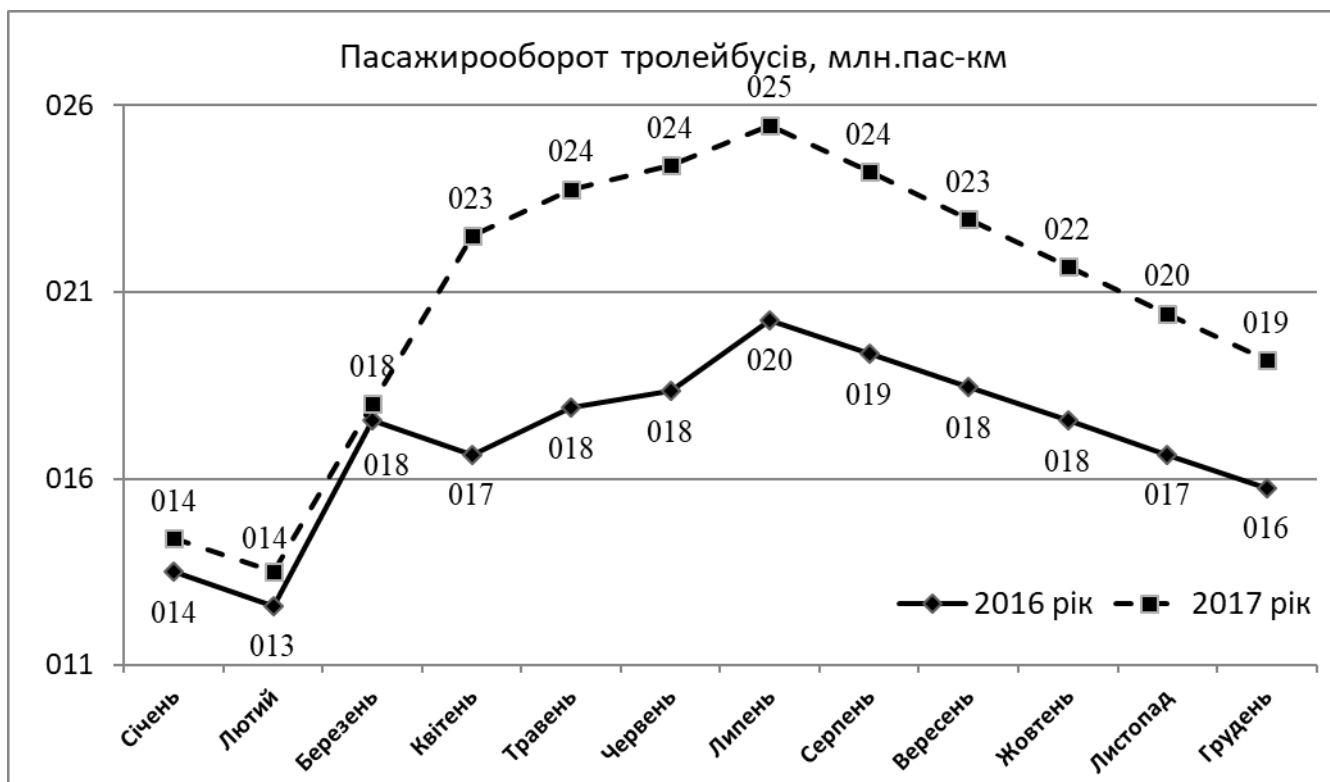


Рисунок А.6 – Порівняльний аналіз між 2016 і 2017 роками обсягів пасажирообороту, який виконаний тролейбусами у м. Кривий Ріг

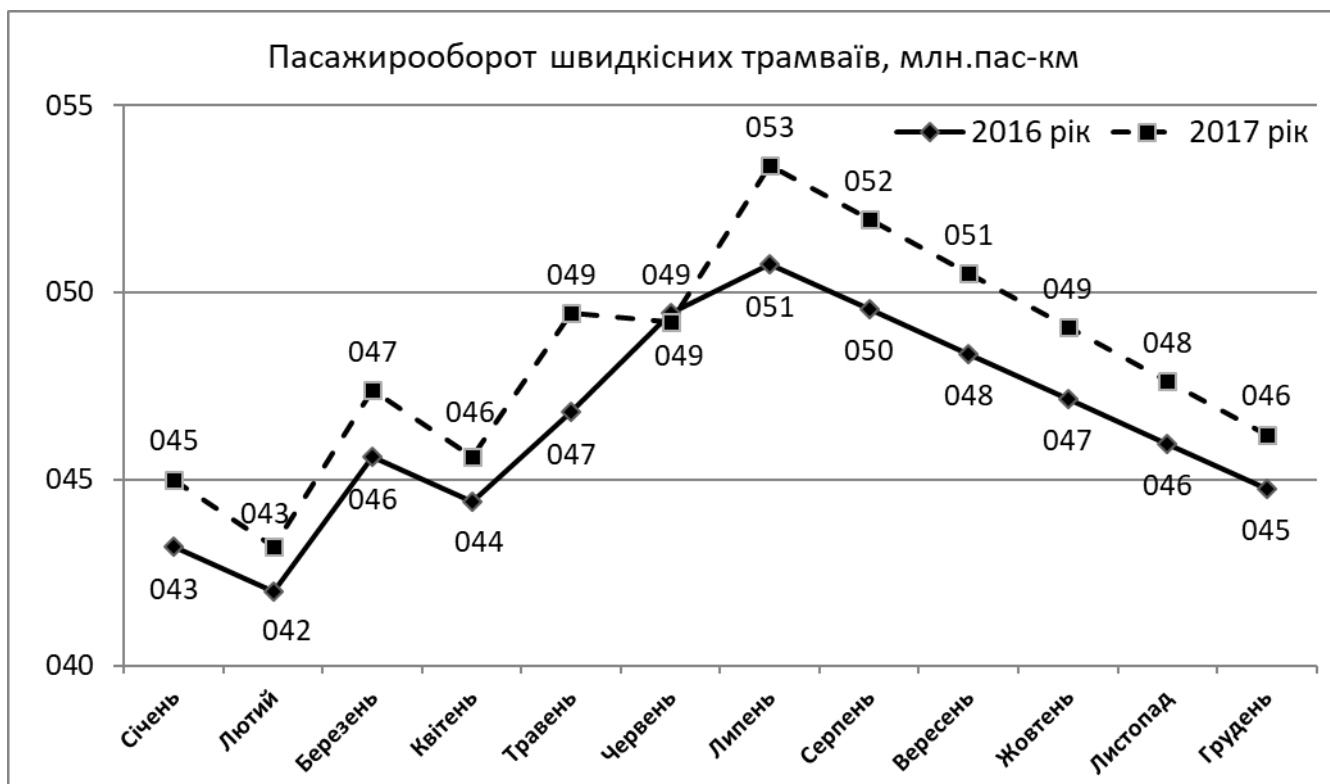


Рисунок А.7 – Порівняльний аналіз між 2016 і 2017 роками обсягів пасажирообороту, який виконаний швидкісними трамваями у м. Кривий Ріг

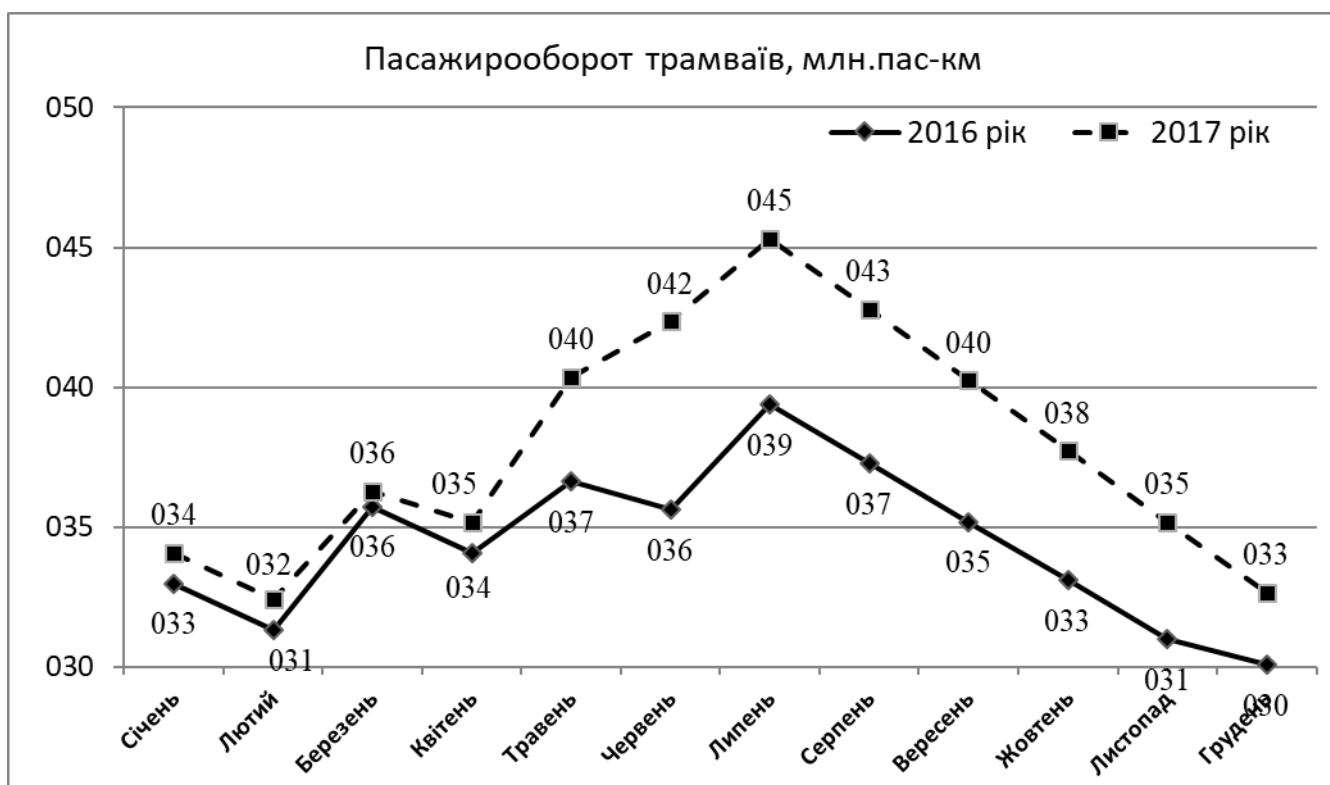


Рисунок А.8 – Порівняльний аналіз між 2016 і 2017 роками обсягів пасажирообороту, який виконаний трамваями у м. Кривий Ріг

ДОДАТОК Б

Характеристики і вихідні дані автобусних маршрутів

№ 9, № 11, № 14, № 15, № 240, № 275, № 279, № 287, № 293, № 300

ПП «ОДІУМ-ПРЕСТИЖ» у м. Кривий Ріг

Таблиця Б.1 – Довжина, інтервал руху, час та кількість зупинок маршрутів

№маршрут	У прямому напрямку				У зворотному напрямку		
	Довжина, км	Інтервал руху, хв	Час, год	Кількість зупинок	Довжина, км	Час, год	Кількість зупинок
9	30,66	5-10	1,083	43	30,66	1,083	43
11	31,43	5-10	1,08	44	31,43	1,08	44
14	14,55	45	0,5	12	14,55	0,5	12
15	12,28	7	0,5	17	12,28	0,5	17
240	21,75	10	0,83	31	21,75	0,83	31
275	5,11	15	0,33	10	5,11	0,33	9
279	18,41	7-10	0,67	33	18,41	0,67	33
287	16,09	5-7	0,67	25	16,09	0,67	26
293	16,28	5	0,67	23	16,28	0,67	23
300	17,3	15	0,83	35	17,3	0,83	35

Таблиця Б.2 – Початок, кінець, режим роботи та екстремальні значення пасажиропотоків на маршрутах

№ маршруту	Початок	Кінець	Режим роботи маршруту	Обсяг пасажиропотоку			
				По годинах		По довжині	
				min	max	min	max
9	4:45	0:20	маршрутне таксі	76	699	244	512
11	5:00	0:00	маршрутне таксі	310	2540	666	2356
14	5:00	20:40	експресний режим	588	1200	459	2399
15	5:00	0:00	маршрутне таксі	517	2554	895	2750
240	4:45	23:42	звичайний режим	275	2998	300	2596
275	5:00	22:15	звичайний режим	338	2199	808	2802
279	5:00	0:00	маршрутне таксі	302	2198	750	1782
287	5:00	0:00	маршрутне таксі	397	2600	1702	2898
293	5:30	23:05	маршрутне таксі	213	1188	516	990

300	5:00	0:00	маршрутне таксі	209	1821	840	1496
-----	------	------	--------------------	-----	------	-----	------

Таблиця Б.3 – Обсяги пасажиропотоків на маршрутах по годинах доби

Інтервали часу, год	№ маршруту									
	9	11	14	15	240	275	279	287	293	300
5:00÷6:00	92	417	588	802	1506	1567	628	778	580	905
6:00÷7:00	150	1644	889	1678	2002	1689	844	994	742	1134
7:00÷8:00	228	2444	1024	2554	2998	1811	1060	1210	904	1363
8:00÷9:00	415	2223	1158	2419	2778	1933	1276	1426	1066	1592
9:00÷10:00	651	2002	1200	2284	2558	2199	2198	2348	1188	1821
10:00÷11:00	478	1781	1151	2149	2338	2101	1890	2040	1094	1094
11:00÷12:00	450	1557	1102	2014	2118	2003	1582	1732	1000	1000
12:00÷13:00	417	1333	1053	1879	1898	1905	1274	1424	906	906
13:00÷14:00	300	1663	1004	1744	1678	1807	966	1116	812	812
14:00÷15:00	378	1993	955	1609	1458	1709	1144	1294	718	902
15:00÷16:00	400	2323	906	1474	1238	1660	1322	1472	624	992
16:00÷17:00	500	2499	825	1339	1395	1799	1500	1650	530	1082
17:00÷18:00	699	2540	888	1204	1552	1938	1678	1828	432	1172
18:00÷19:00	600	1876	1144	1069	1709	1778	1856	2006	587	1262
19:00÷20:00	474	1615	1200	1560	1866	1186	2034	2184	742	1352
20:00÷21:00	440	1354	1111	1104	2023	594	1678	1828	764	1442
21:00÷22:00	383	1093	1022	890	2368	443	1322	1472	734	1532
22:00÷23:00	250	832		676	1345	338	966	1116	424	1456
23:00÷24:00	139	571		555	897		610	760	213	812

Таблиця Б.4 – Обсяги пасажиропотоків на маршрутах по дальності поїздки

	№ маршруту			№ маршруту							№ маршруту		№ маршруту
Інтервали відстані, км	9	11	Інтервали відстані, км	14	15	240	279	287	293	Інтервали відстані, км	275	Інтервали відстані, км	300
1,5	297	2200	1	1456	2689	1999	1402	2756	902	0,5	2556	2	930
3	382	2188	2	1678	2600	2198	1478	2802	924	1	2802	4	959
4,5	413	2098	3	1900	2580	2397	1554	2898	946	1,5	2799	6	1106
6	415	2356	4	2399	2560	2596	1630	2788	968	2	2612	8	1260
7,5	457	2145	5	1897	2750	2567	1706	2678	990	2,5	2425	10	1414
9	512	2099	6	1568	2699	2345	1782	2398	982	3	2238	12	1456
10,5	446	2053	7	1056	2648	2123	1702	2298	974	3,5	2051	14	1482
12	411	2007	8	856	2597	1901	1688	2198	966	4	1864	16	1496
13,5	399	1961	9	748	2546	1679	1734	2098	958	4,5	1677	18	1422
15	453	1815	10	701	1835	1608	1646	1998	950	5	1490	20	1348
16,5	467	1777	11	613	1652	2045	1558	1898	942	5,5	1303	22	1274
18	377	1739	12	480	1469	1567	1470	1798	934	6	1116	24	1200
19,5	354	1701	13	644	895	1501	1382	1860	960	6,5	929	26	1126
21	342	1234	14	765		1435	1294	1702	602	7	888	28	1052
22,5	333	945	15	459		1369	1206		546	7,5	902	30	978
24	327	888	16			1303	1118		516	8	808	32	902
25,5	318	778	17			1237	1030					34	840
27	298	721	18			1124	750					36	846
28,5	275	699	19			1013						38	865
30	244	666	20			902						40	884
			21			791							
			22			300							

Додаток В

Розподіл пасажиропотоків по годинах доби

та дальності поїздки на маршрутах

№ 11, № 14, № 15, № 240, № 275, № 279, № 287, № 293, № 300

ПП «ОДІУМ-ПРЕСТИЖ» у м. Кривий Ріг

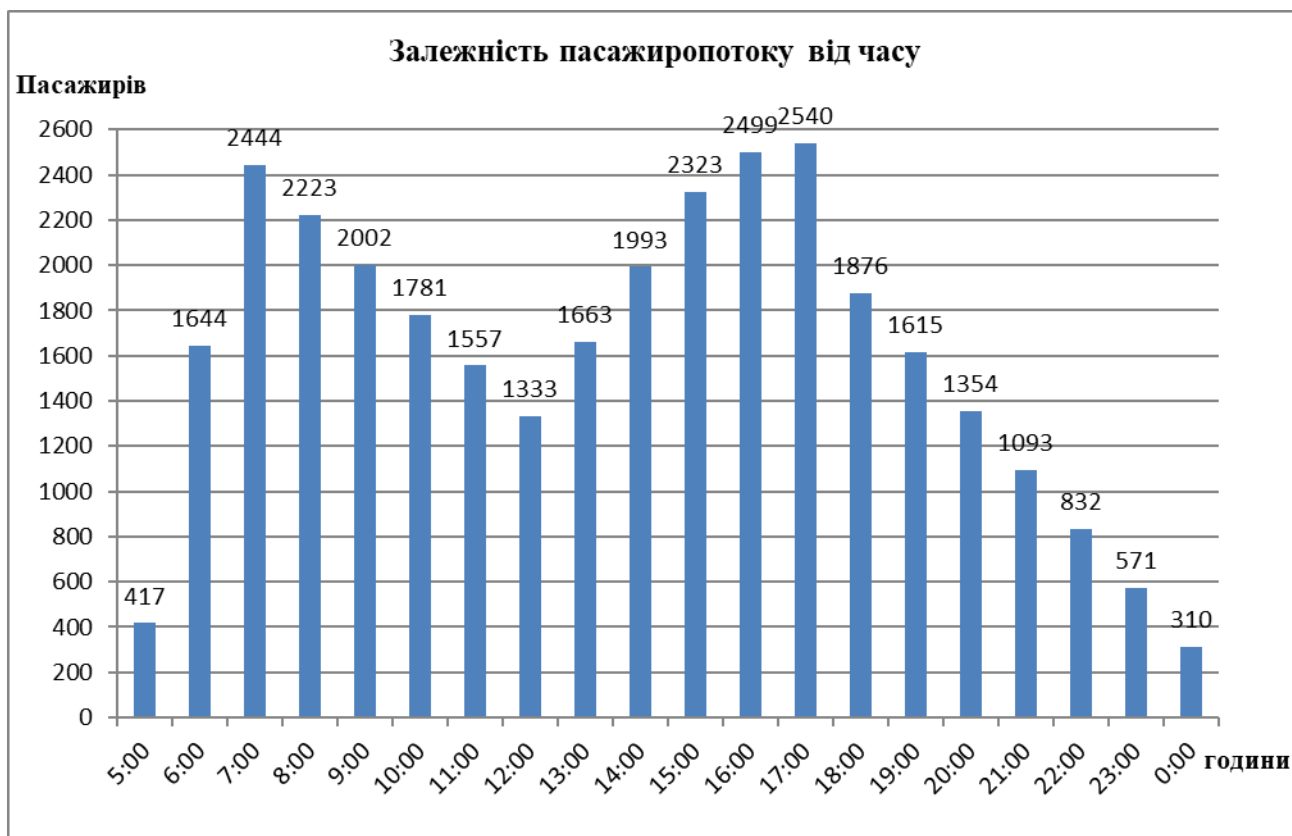


Рисунок В.1 – Розподіл пасажиропотоку по годинах доби на маршруті № 11

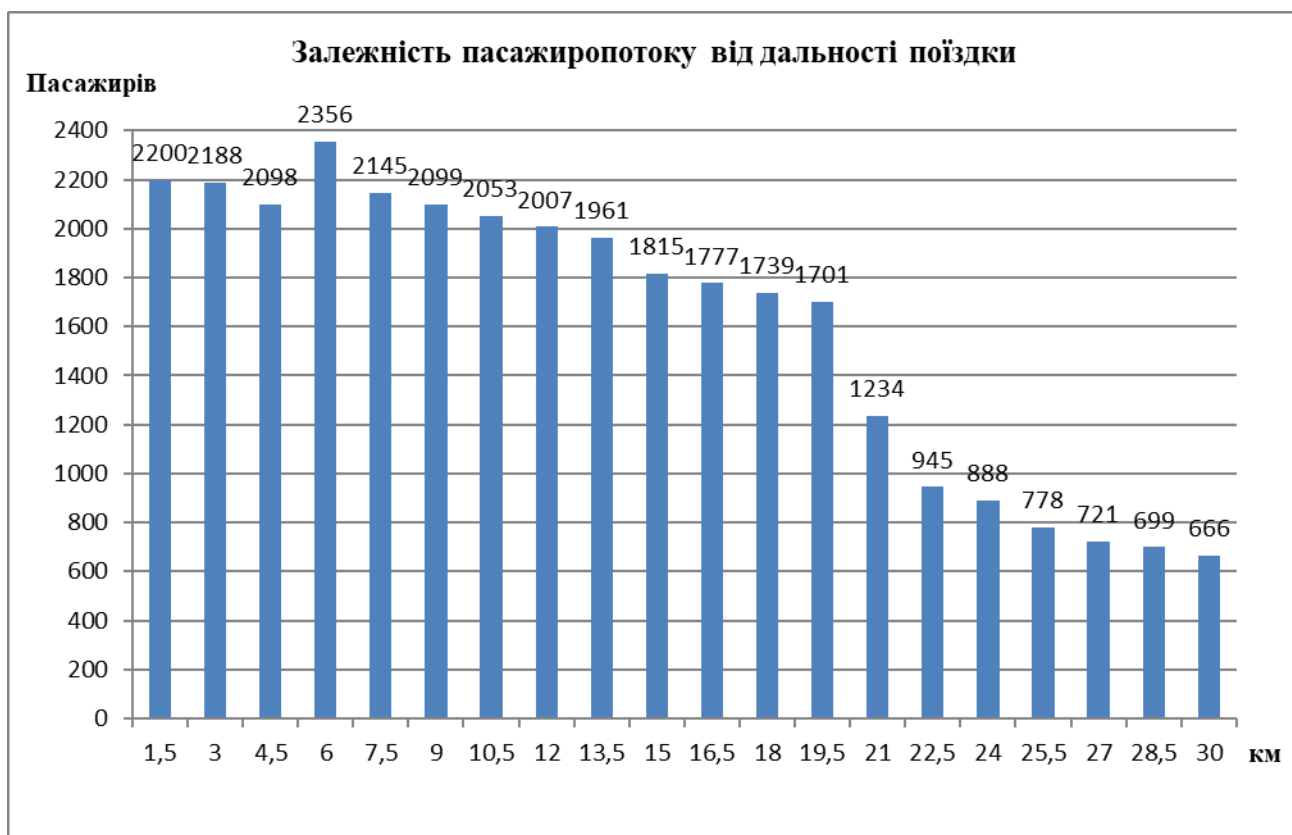


Рисунок В.2 – Розподіл пасажиропотоку по дальності поїздки на маршруті № 11

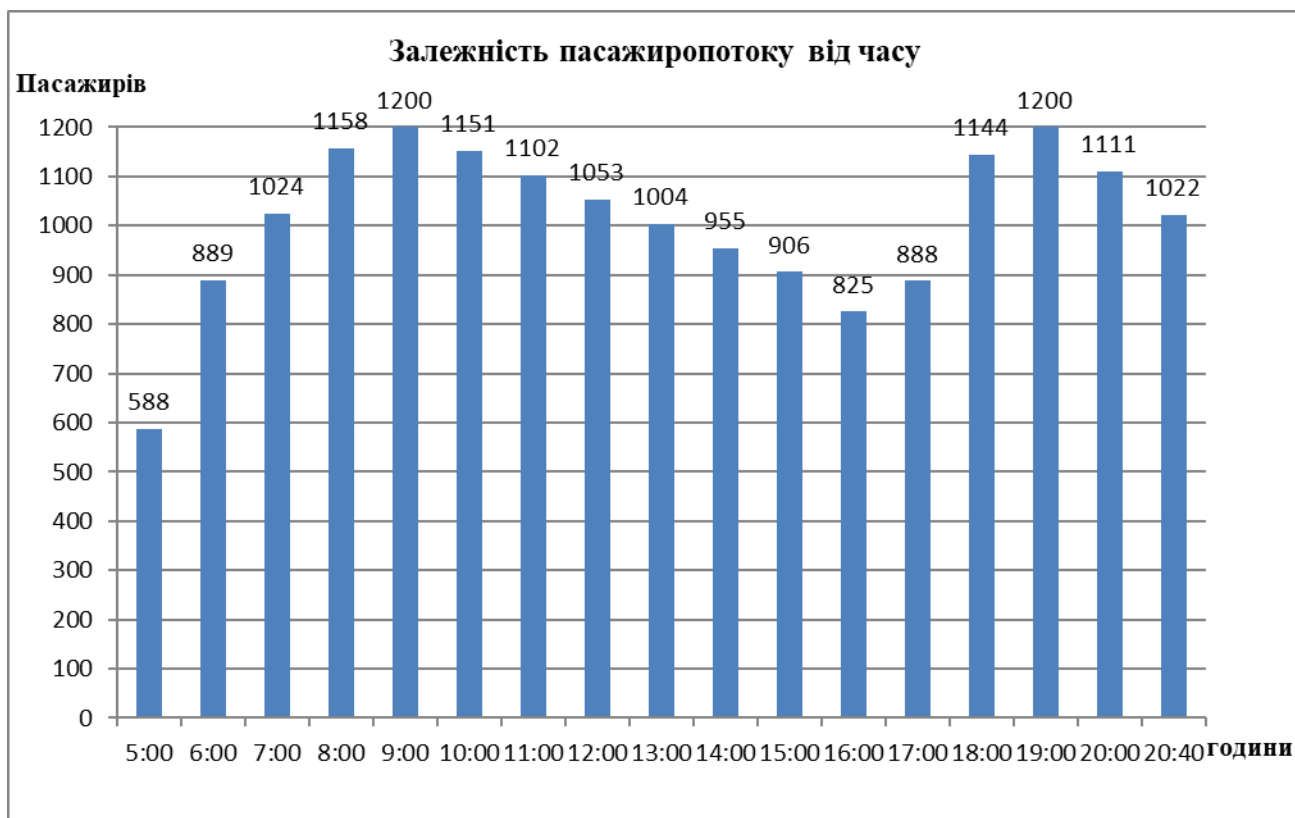


Рисунок В.3 – Розподіл пасажиропотоку по годинах доби на маршруті № 14



Рисунок В.4 – Розподіл пасажиропотоку по дальності поїздки на маршруті № 14

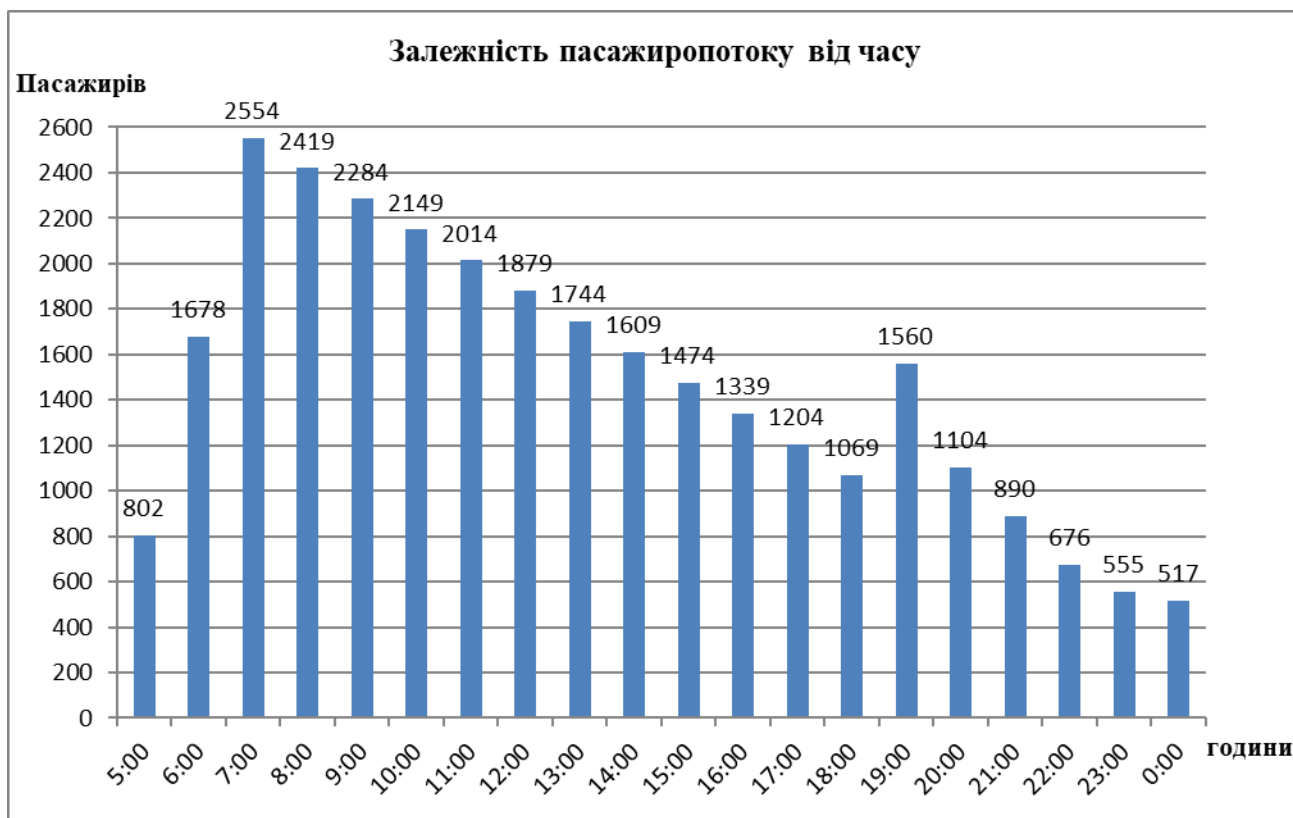


Рисунок В.5 – Розподіл пасажиропотоку по годинах доби на маршруті № 15

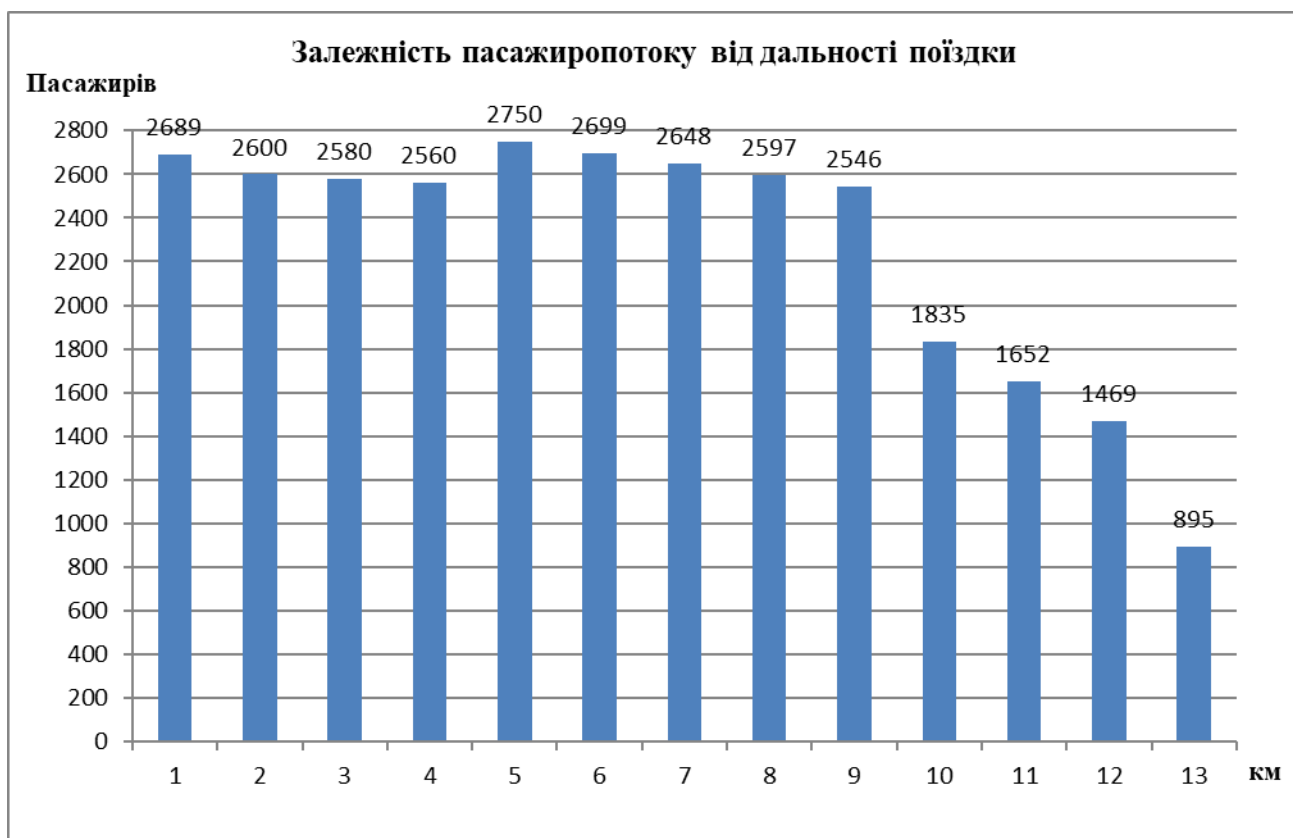


Рисунок В.6 – Розподіл пасажиропотоку по дальності поїздки на маршруті № 15

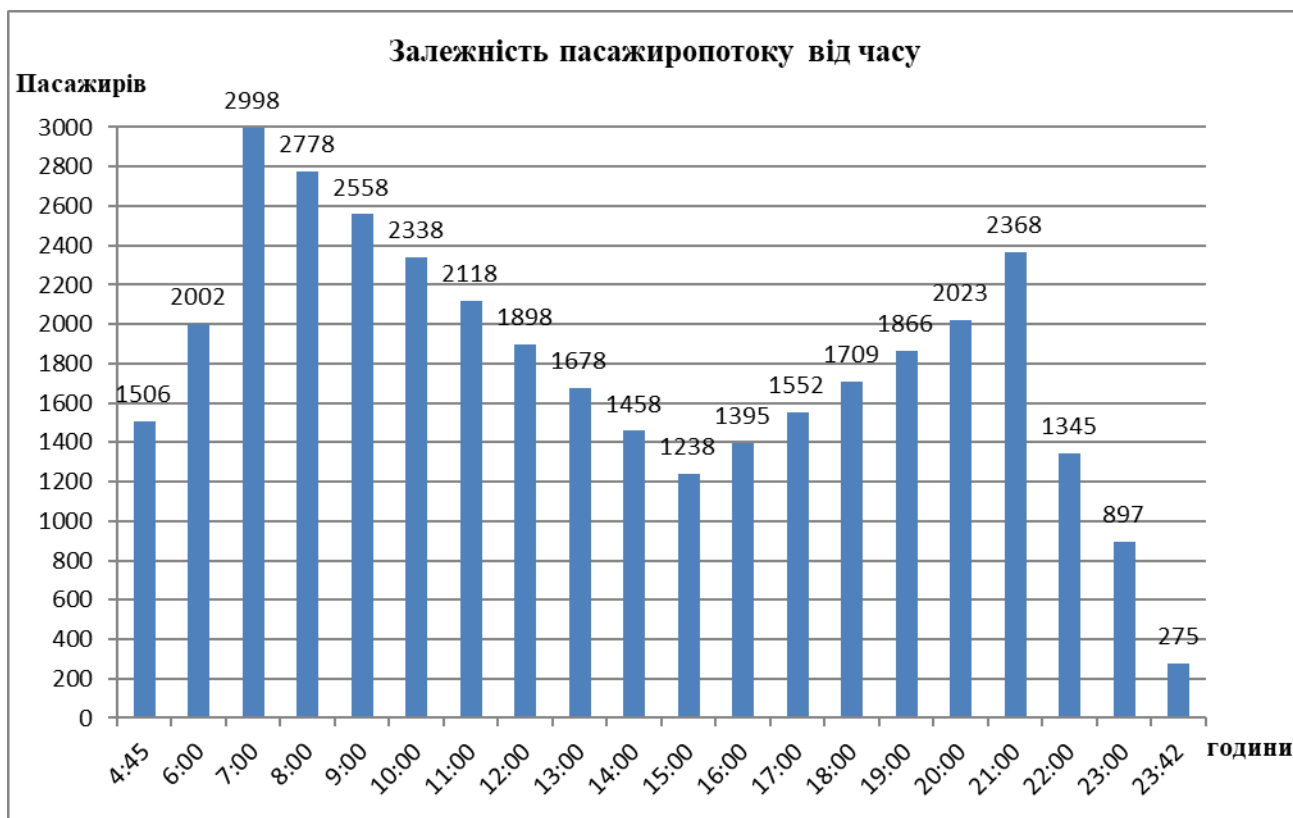


Рисунок В.7 – Розподіл пасажиропотоку по годинах доби на маршруті № 240

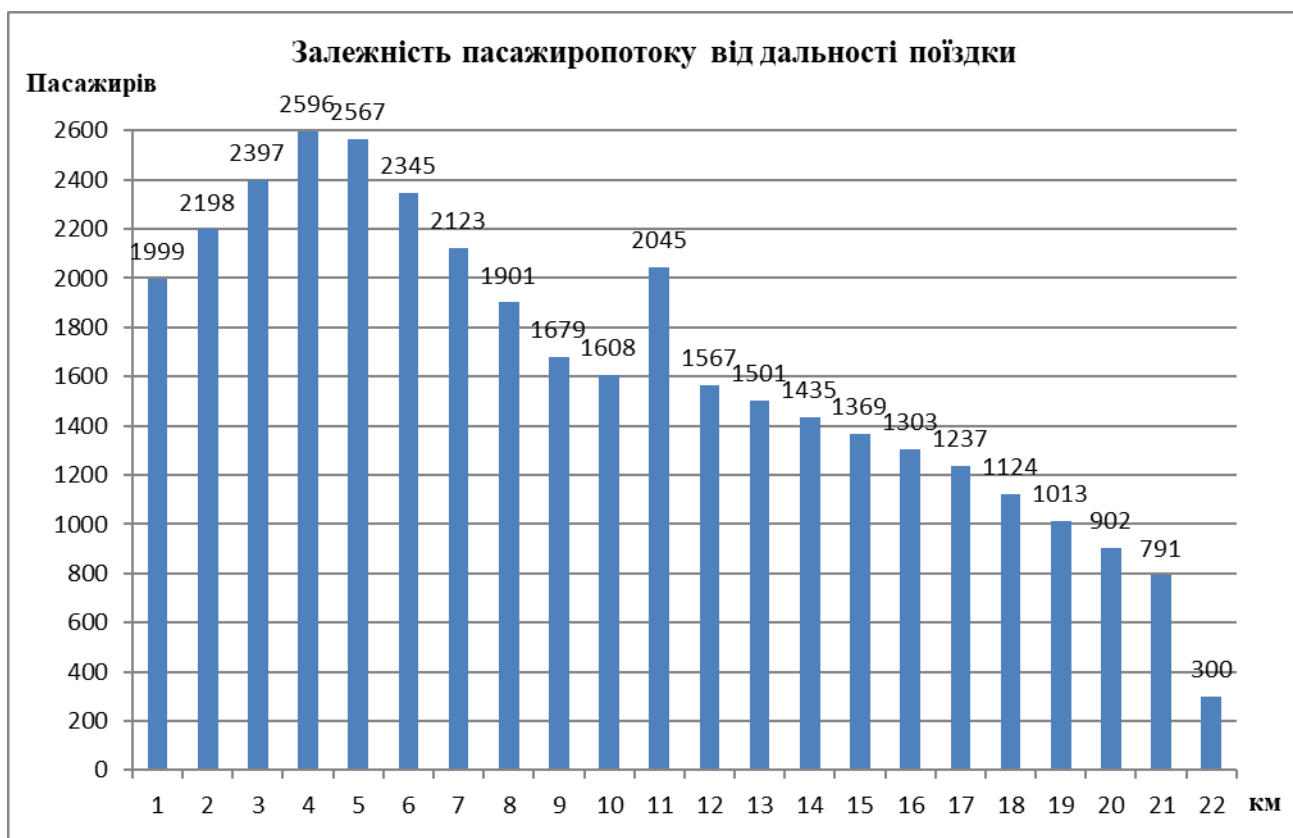


Рисунок В.8 – Розподіл пасажиропотоку по дальності поїздки на маршруті № 240

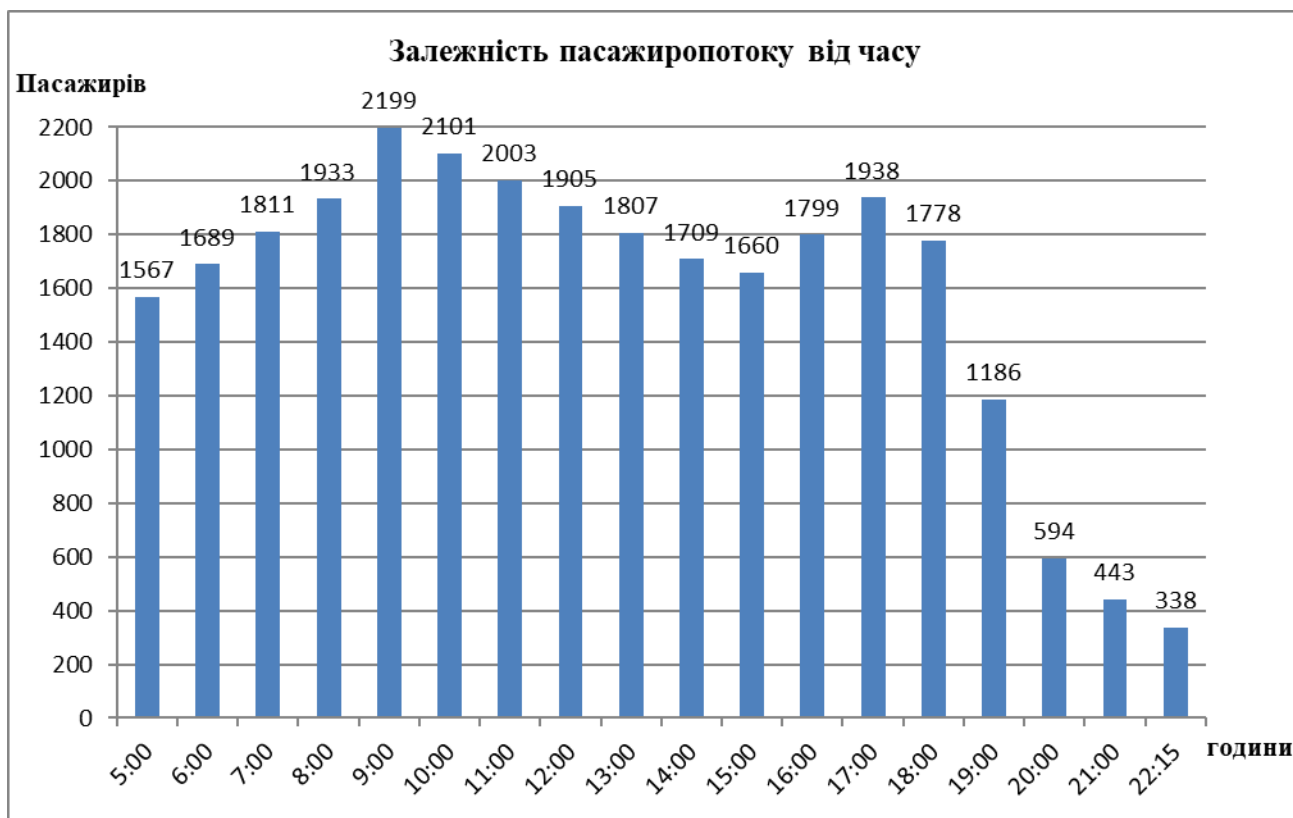


Рисунок В.9 – Розподіл пасажиропотоку по годинах доби на маршруті № 275

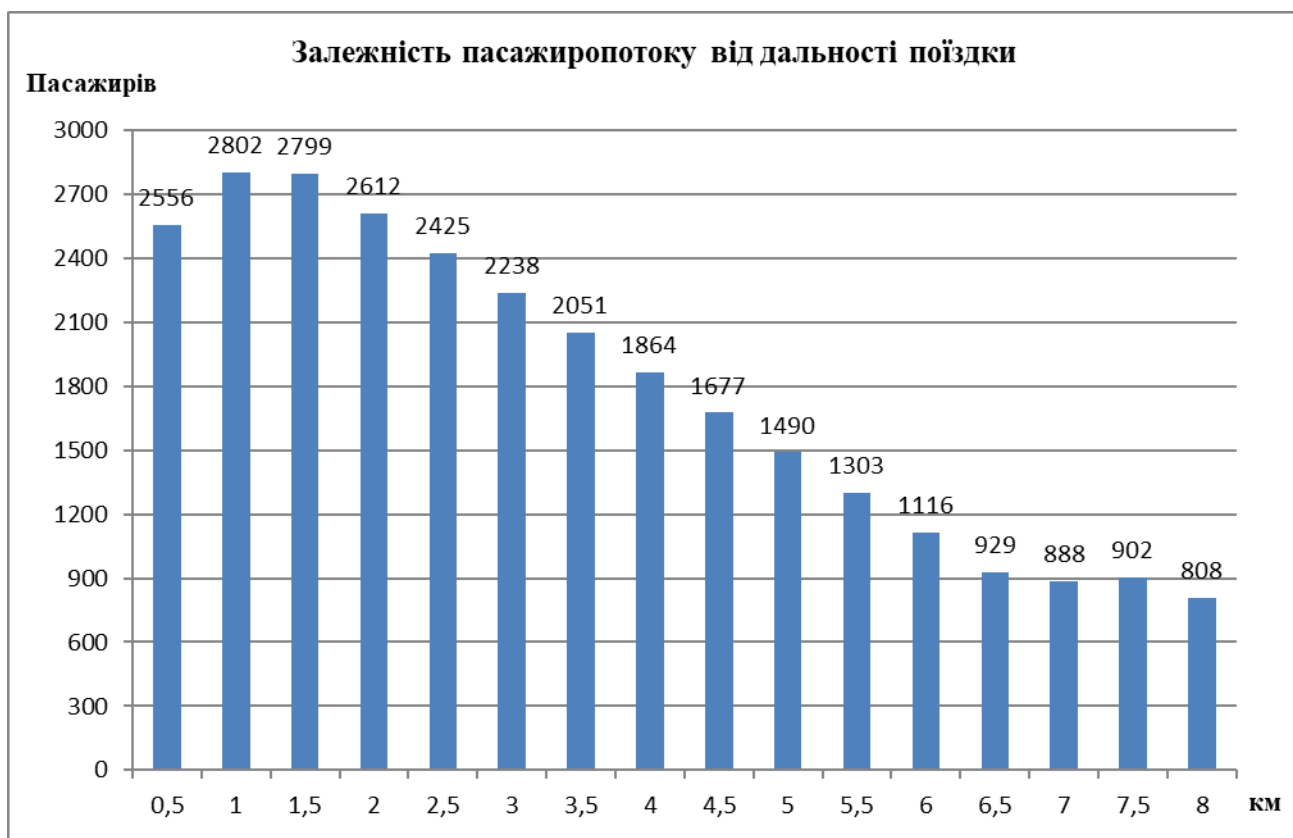


Рисунок В.10 – Розподіл пасажиропотоку по дальності поїздки на маршруті № 275

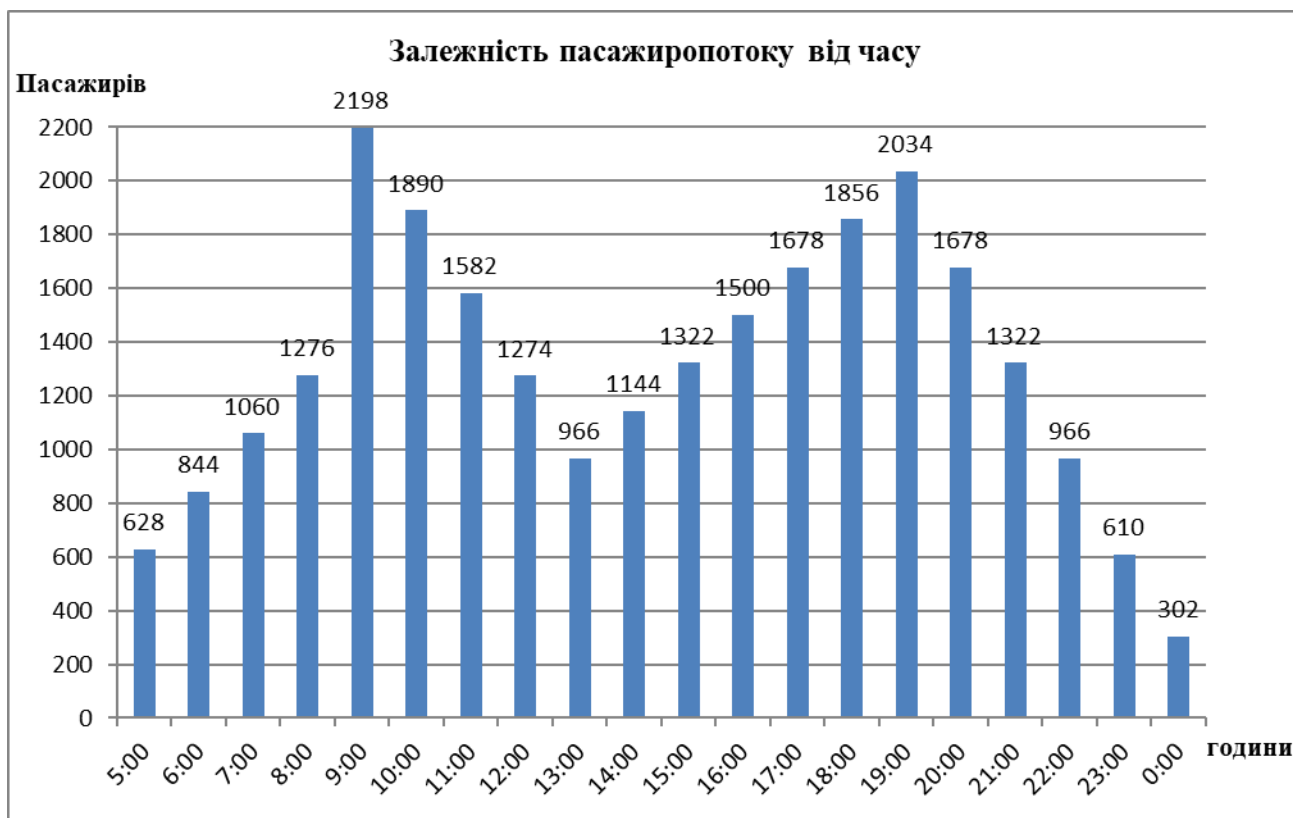


Рисунок В.11 – Розподіл пасажиропотоку по годинах доби на маршруті № 279

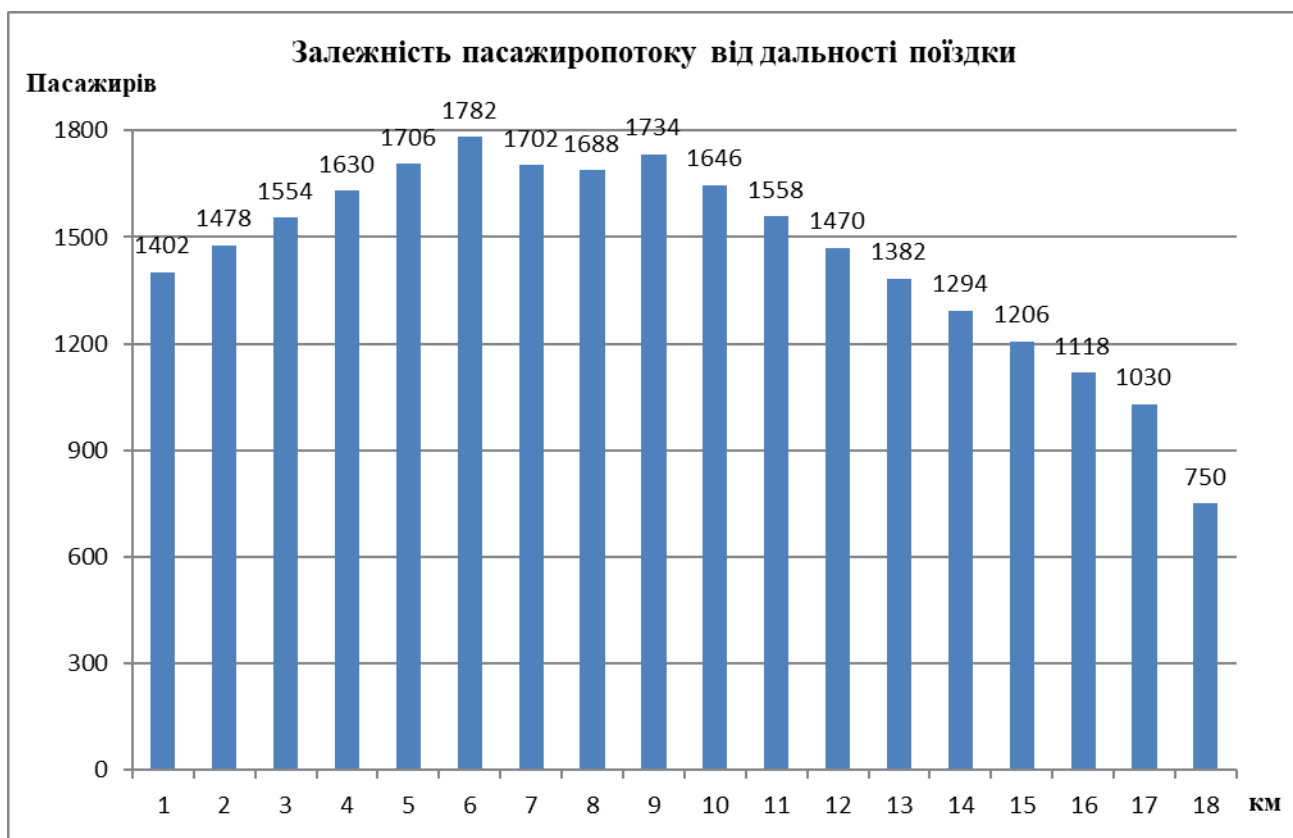


Рисунок В.12 – Розподіл пасажиропотоку по дальності поїздки на маршруті № 279

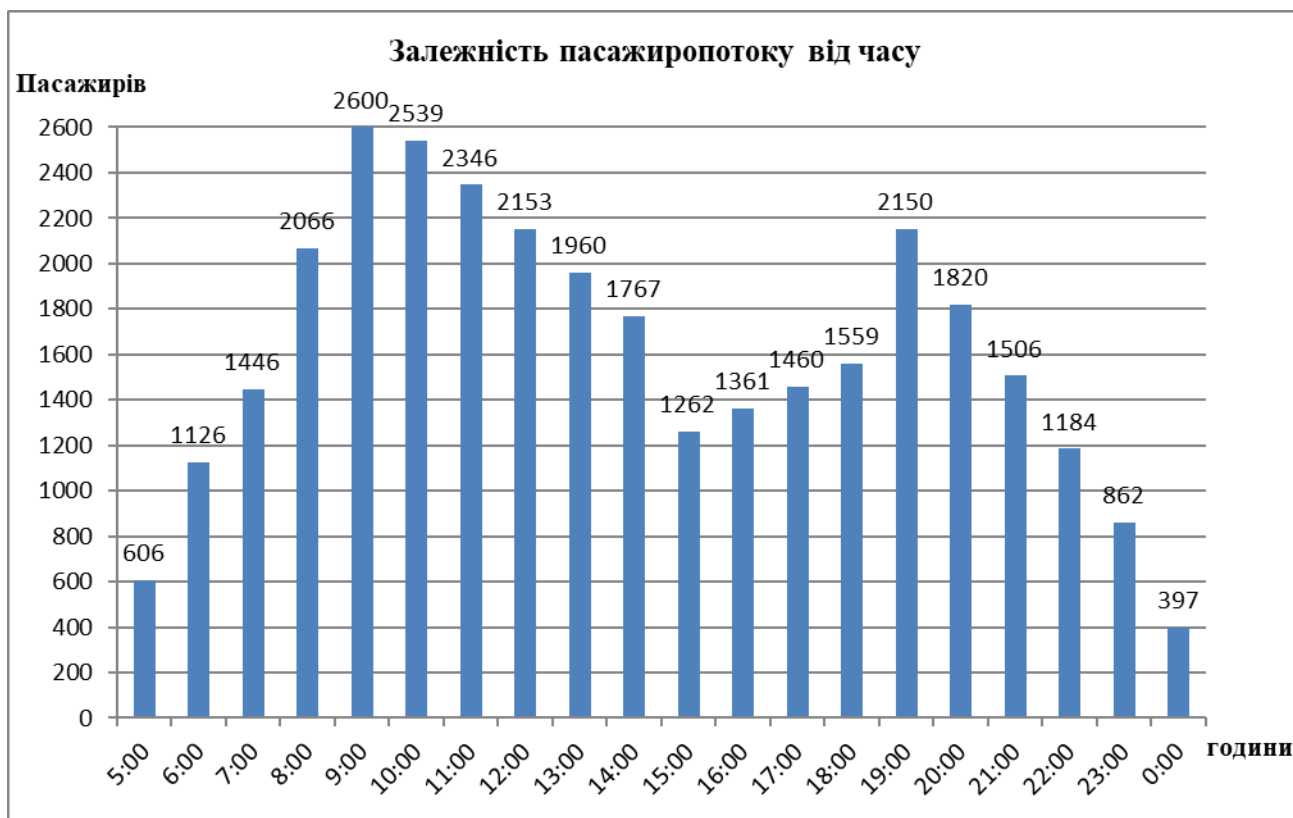


Рисунок В.13 – Розподіл пасажиропотоку по годинах доби на маршруті № 287



Рисунок В.14 – Розподіл пасажиропотоку по дальності поїздки на маршруті № 287

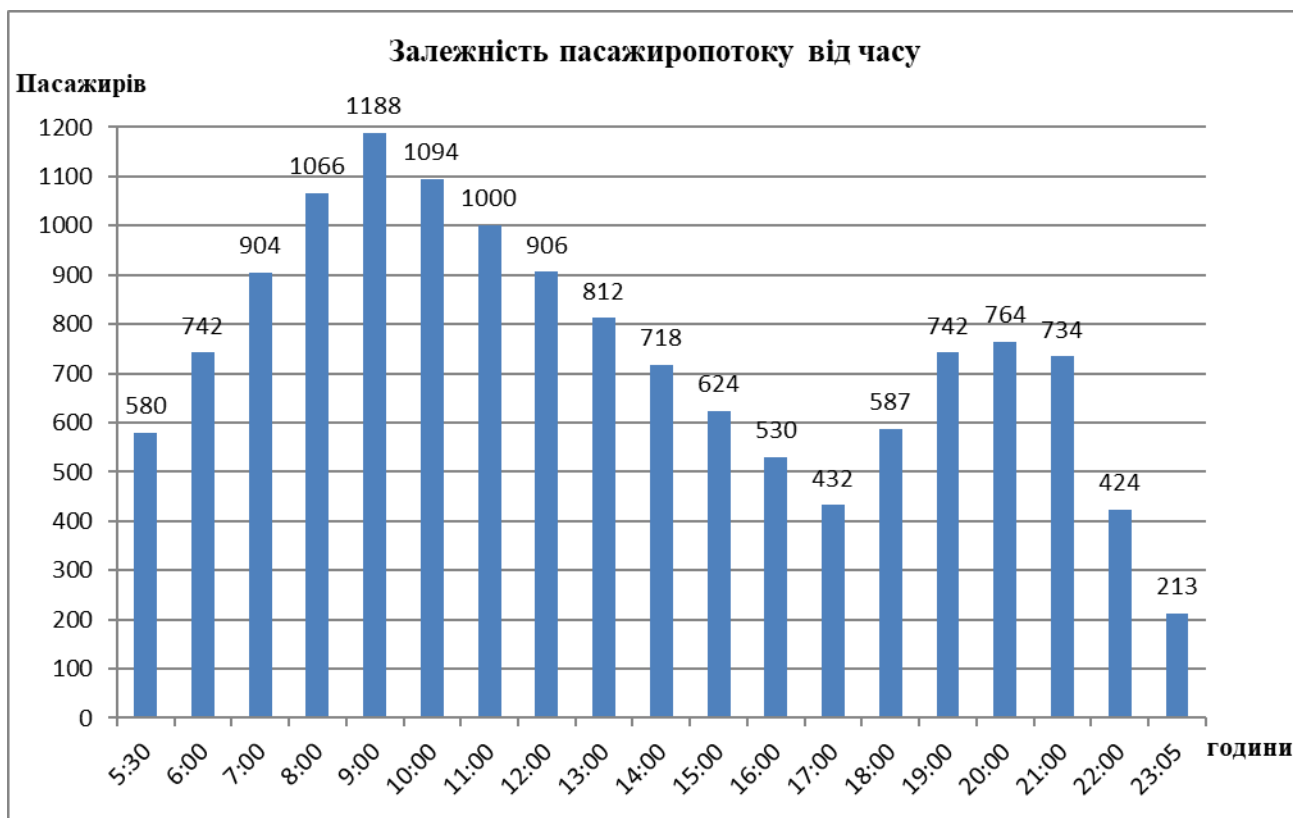


Рисунок В.15 – Розподіл пасажиропотоку по годинах доби на маршруті № 293

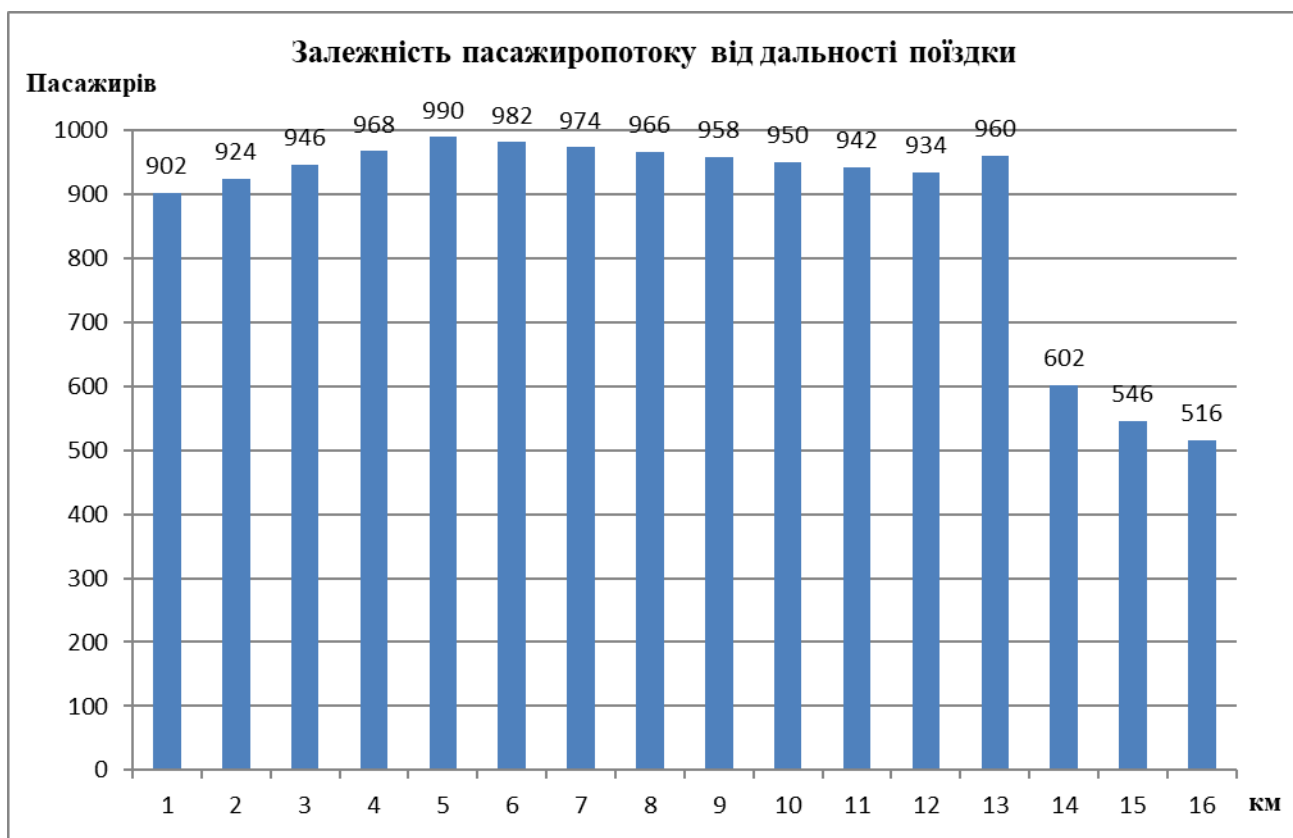


Рисунок В.16 – Розподіл пасажиропотоку по дальності поїздки на маршруті № 293

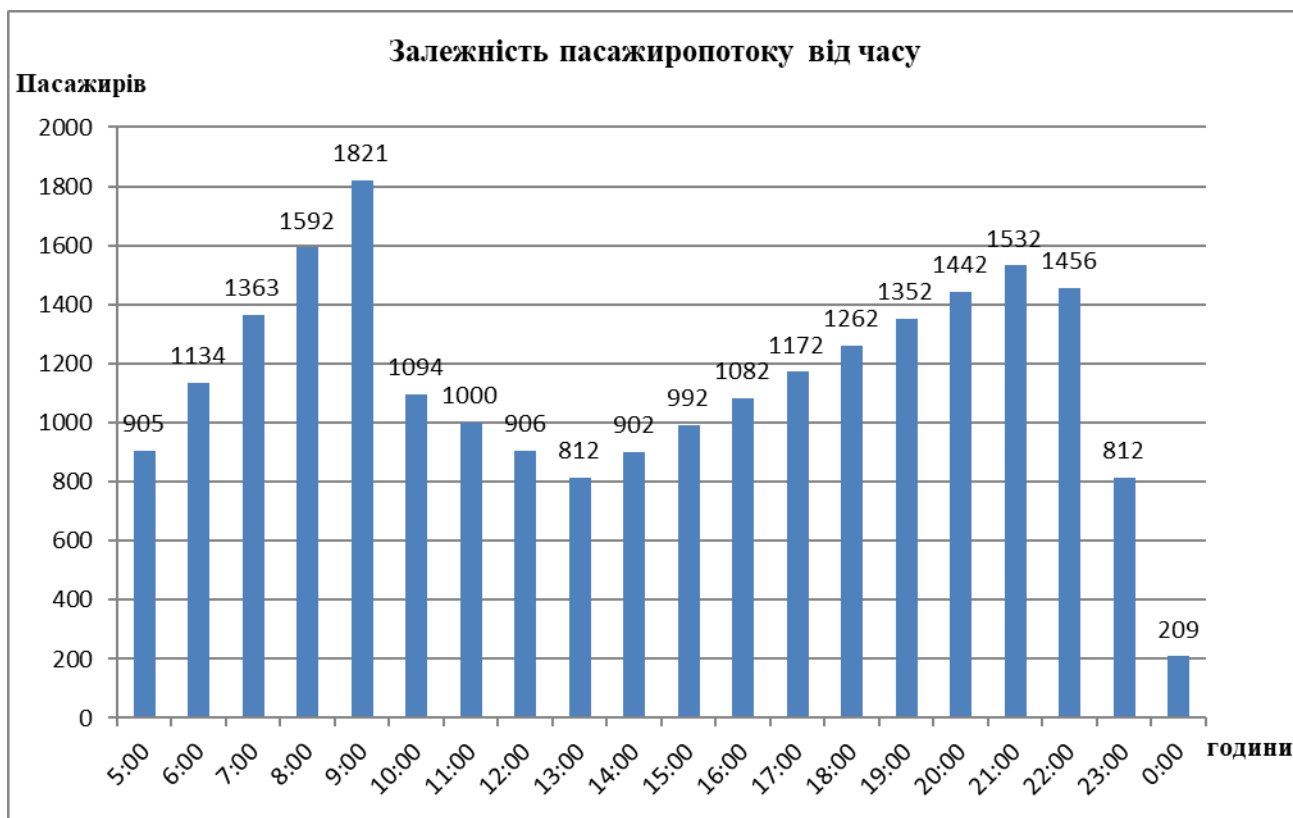


Рисунок В.17 – Розподіл пасажиропотоку по годинах доби на маршруті № 300

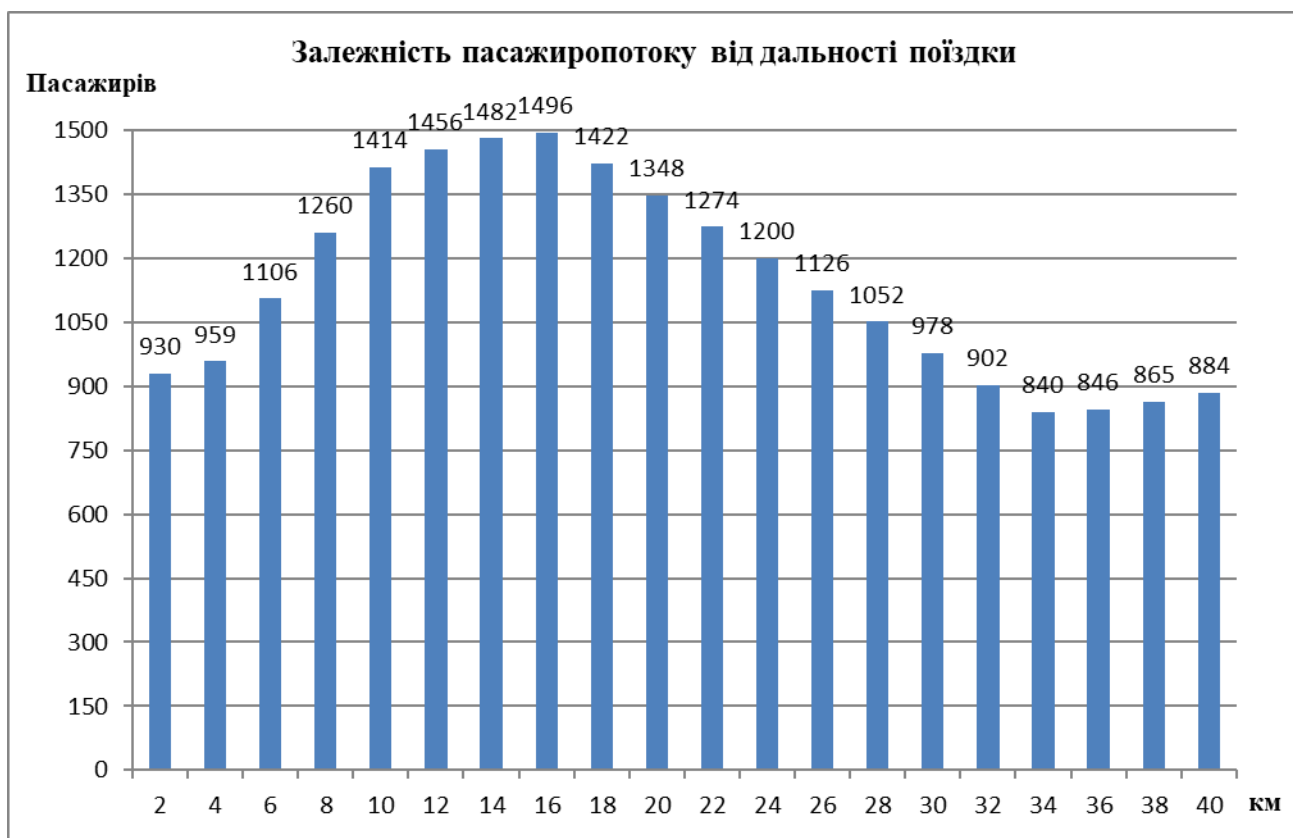


Рисунок В.18 – Розділ пасажиропотоку по дальності поїздки на маршруті № 300

Додаток Д

**Таблиця залежностей величин пасажиропотоків
від часу доби у процентному виразі на маршрутах
№ 11, № 14, № 15, № 240, № 275, № 279, № 287, № 293, № 300
ПП «ОДІУМ-ПРЕСТИЖ» у м. Кривий Ріг**

Таблиця Д.1 – Таблиця залежностей величин пасажиропотоків від часу доби на маршрутах у процентному виразі

Інтервали часу	№ маршруту									
	9	11	14	15	240	275	279	287	293	300
5:00÷6:00	13,16	16,42	49,00	31,40	50,23	71,26	28,57	33,13	48,82	49,70
6:00÷7:00	21,46	64,72	74,08	65,70	66,78	76,81	38,40	42,33	62,46	62,27
7:00÷8:00	32,62	96,22	85,33	100,00	100,00	82,36	48,23	51,53	76,09	74,85
8:00÷9:00	59,37	87,52	96,50	94,71	92,66	87,90	58,05	60,73	89,73	87,42
9:00÷10:00	93,13	78,82	100,00	89,43	85,32	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
10:00÷11:00	68,38	70,12	95,92	84,14	77,99	95,54	85,99	86,88	92,09	60,08
11:00÷12:00	64,38	61,30	91,83	78,86	70,65	91,09	71,97	73,76	84,18	54,91
12:00÷13:00	59,66	52,48	87,75	73,57	63,31	86,63	57,96	60,65	76,26	49,75
13:00÷14:00	42,92	65,47	83,67	68,29	55,97	82,17	43,95	47,53	68,35	44,59
14:00÷15:00	54,08	78,46	79,58	63,00	48,63	77,72	52,05	55,11	60,44	49,53
15:00÷16:00	57,22	91,46	75,50	57,71	41,29	75,49	60,15	62,69	52,53	54,48
16:00÷17:00	71,53	98,39	68,75	52,43	46,53	81,81	68,24	70,27	44,61	59,42
17:00÷18:00	100,00	100,00	74,00	47,14	51,77	88,13	76,34	77,85	36,36	64,36
18:00÷19:00	85,84	73,86	95,33	41,86	57,00	80,85	84,44	85,43	49,41	69,30
19:00÷20:00	67,81	63,58	100,00	61,08	62,24	53,93	92,54	93,02	62,46	74,24
20:00÷21:00	62,95	53,31	92,58	43,23	67,48	27,01	76,34	77,85	64,31	79,19
21:00÷22:00	54,79	43,03	85,17	34,85	78,99	20,15	60,15	62,69	61,78	84,13
22:00÷23:00	35,77	32,76	0,00	26,47	44,86	15,37	43,95	47,53	35,69	79,96
23:00÷24:00	19,89	22,48	0,00	21,73	29,92	0,00	27,75	32,37	17,93	44,59

Додаток Е

**Графіки залежностей величин пасажиропотоків
від часу доби у процентному виразі на маршрутах
№ 11, № 14, № 15, № 240, № 275, № 279, № 287, № 293, № 300
ПП «ОДІУМ-ПРЕСТИЖ» у м. Кривий Ріг**

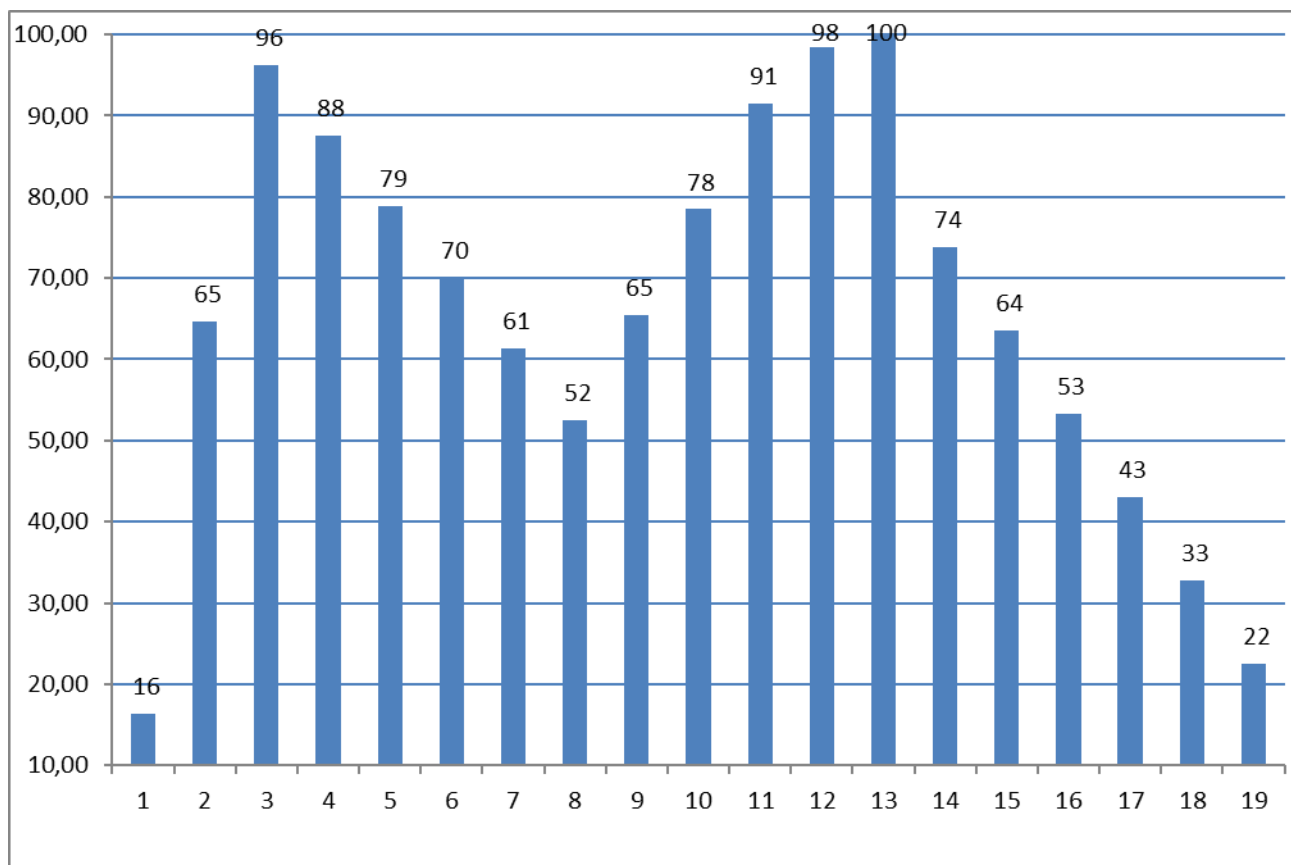


Рисунок Е.1 – Графік залежності величин пасажиропотоків від часу доби у процентному виразі на маршруті № 11

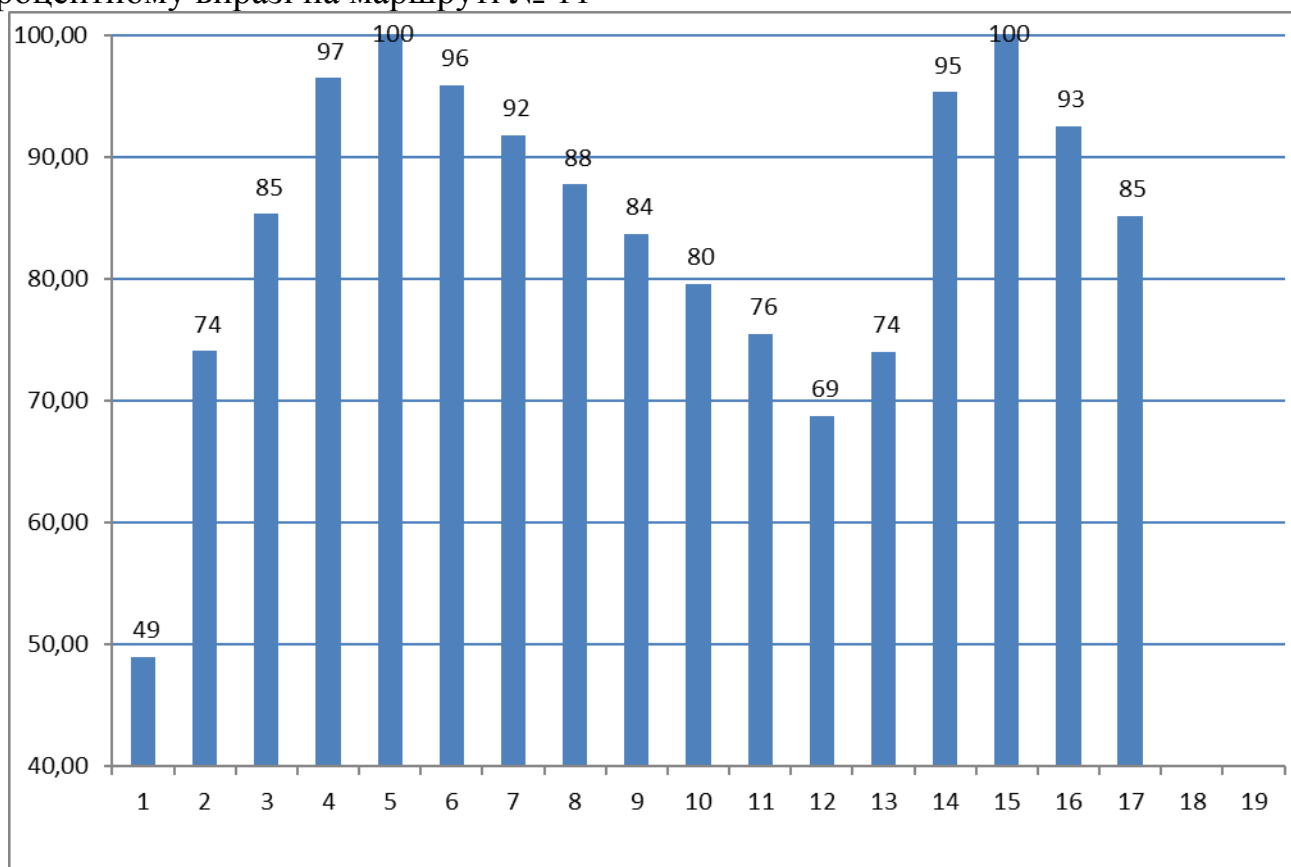


Рисунок Е.2 – Графік залежності величин пасажиропотоків від часу у процентному виразі доби на маршруті № 14

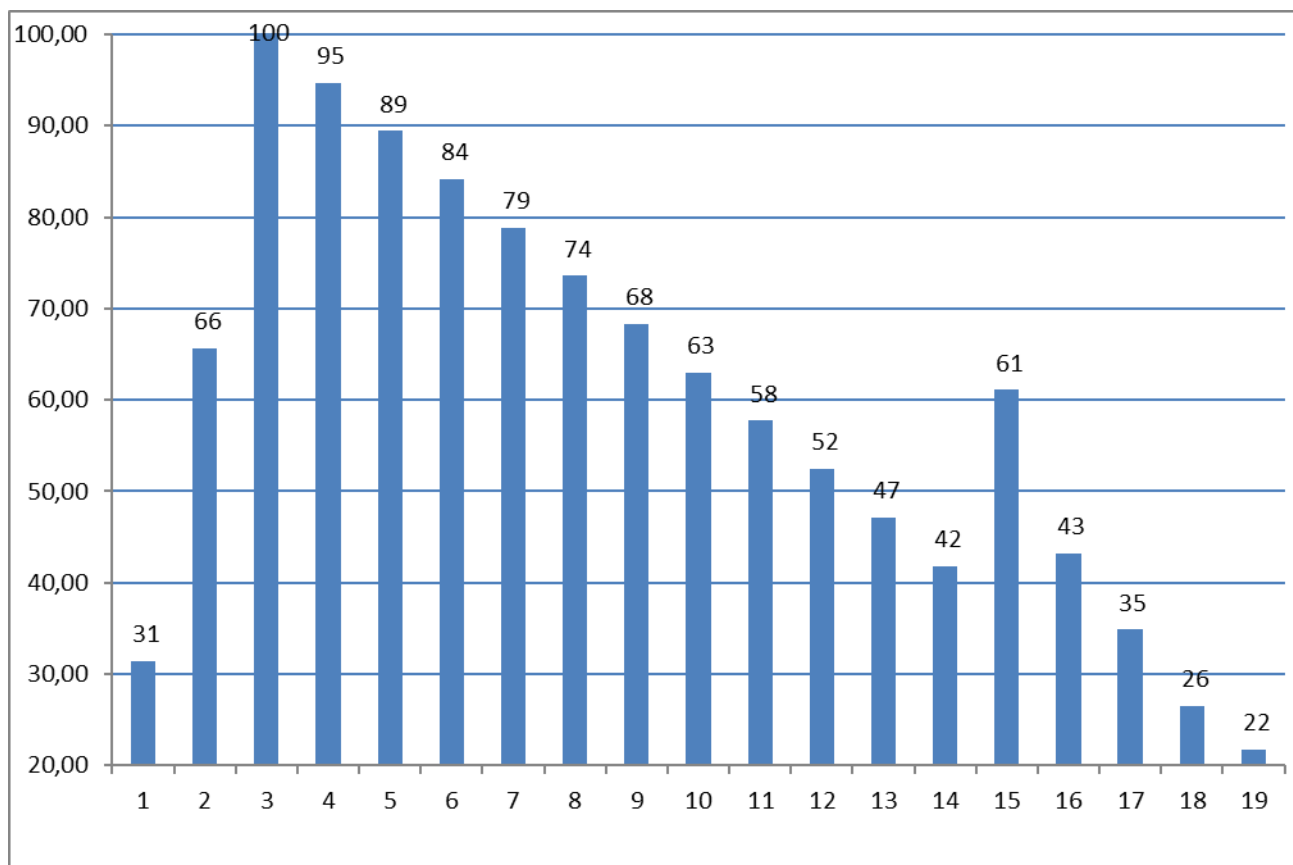


Рисунок Е.3 – Графік залежності величин пасажиропотоків від часу доби у процентному виразі на маршруті № 15

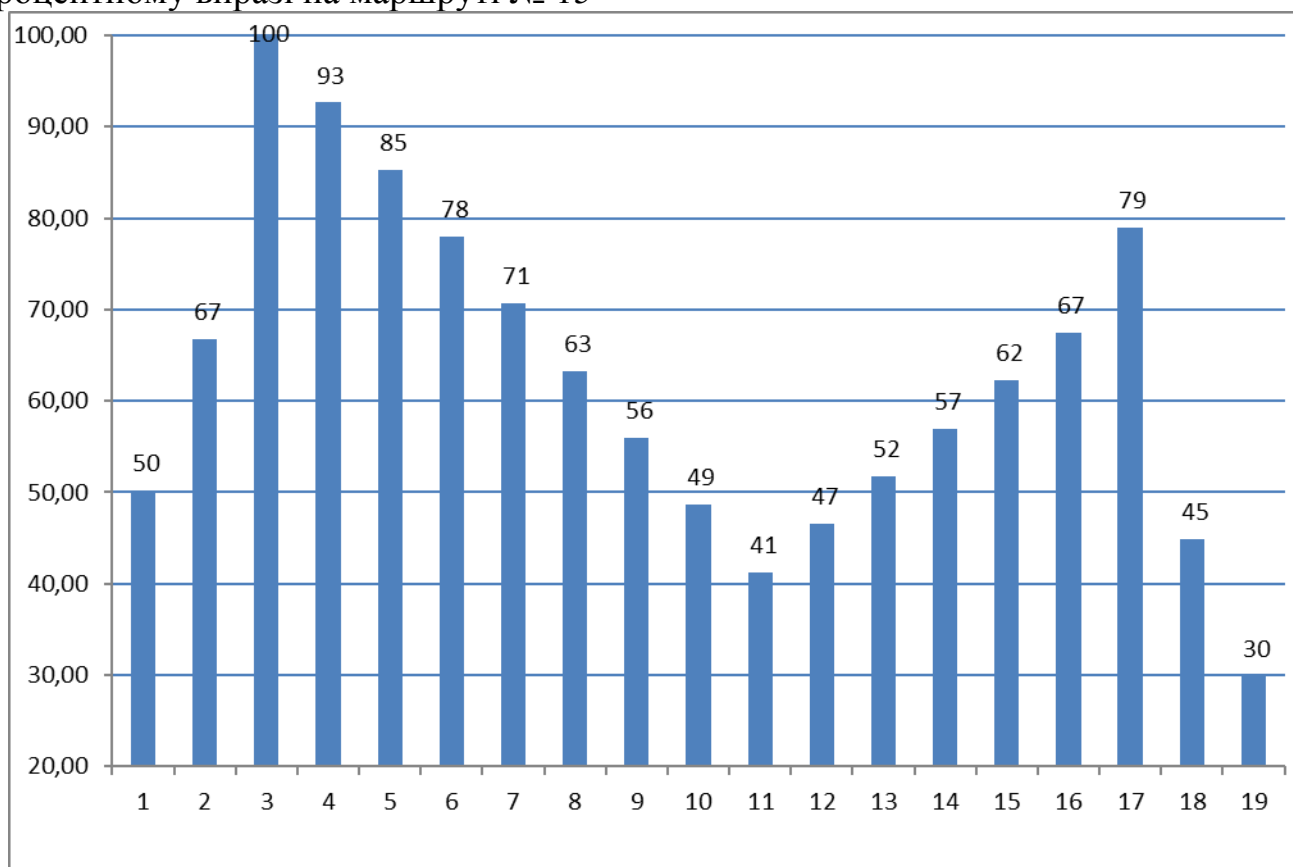


Рисунок Е.4 – Графік залежності величин пасажиропотоків від часу доби у процентному виразі на маршруті № 240

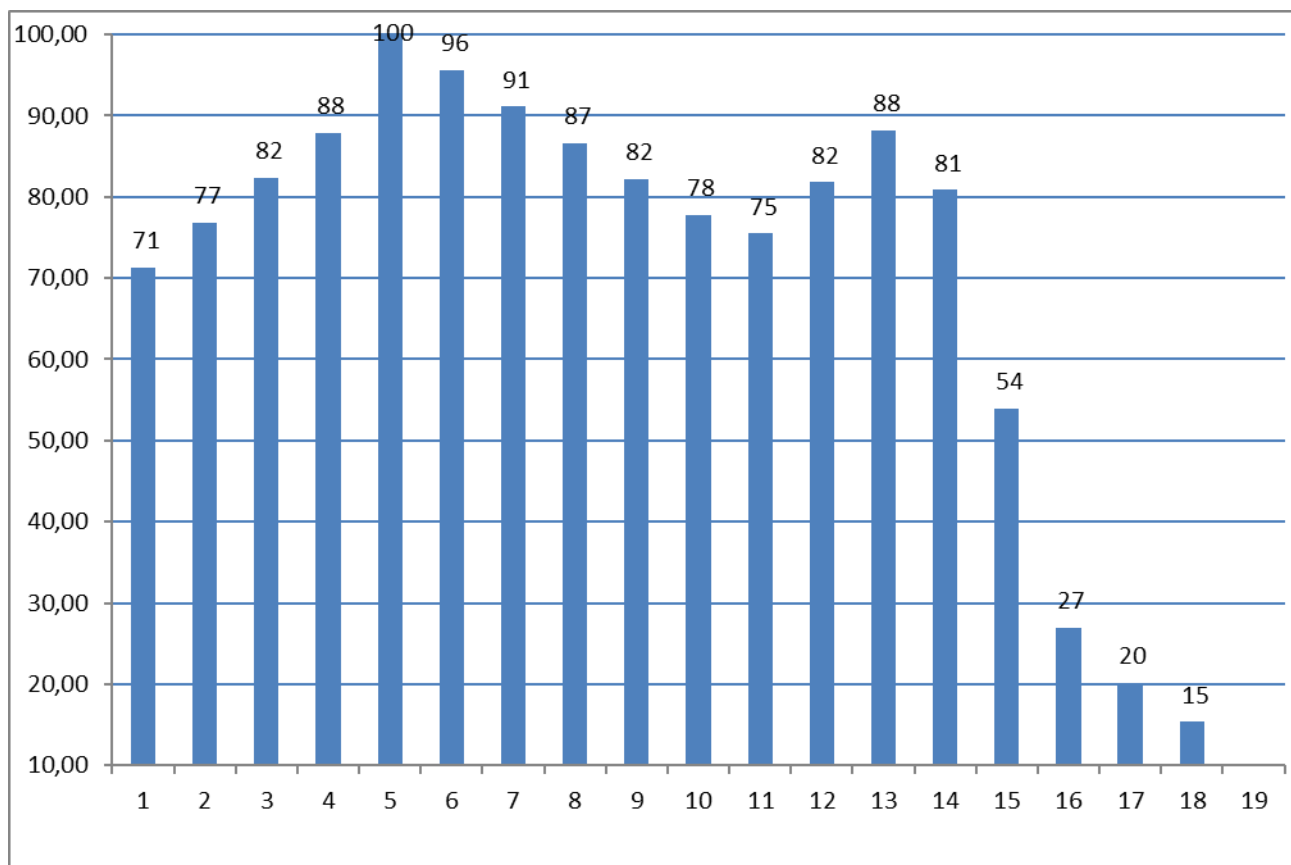


Рисунок Е.5 – Графік залежності величин пасажиропотоків від часу доби у процентному виразі на маршруті № 275

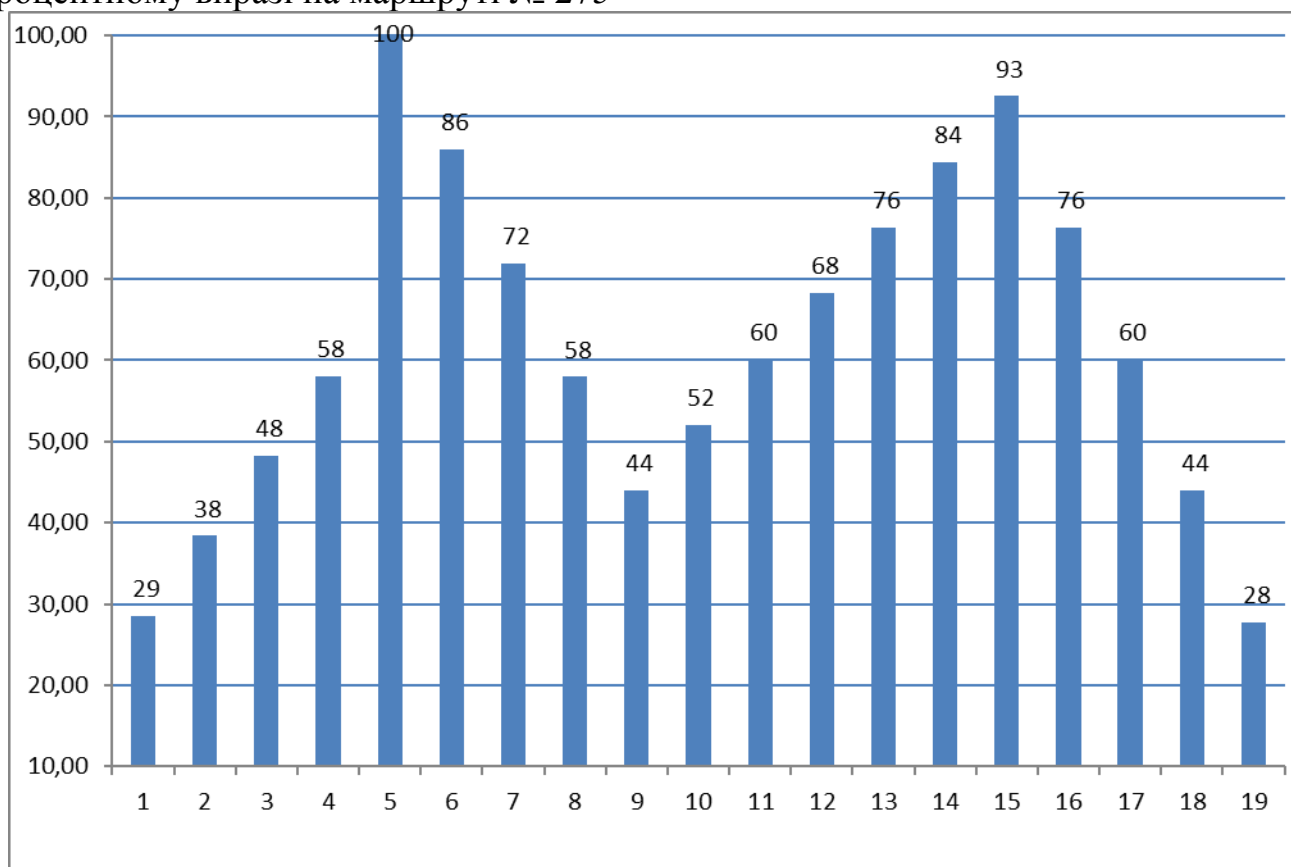


Рисунок Е.6 – Графік залежності величин пасажиропотоків від часу доби у процентному виразі на маршруті № 279

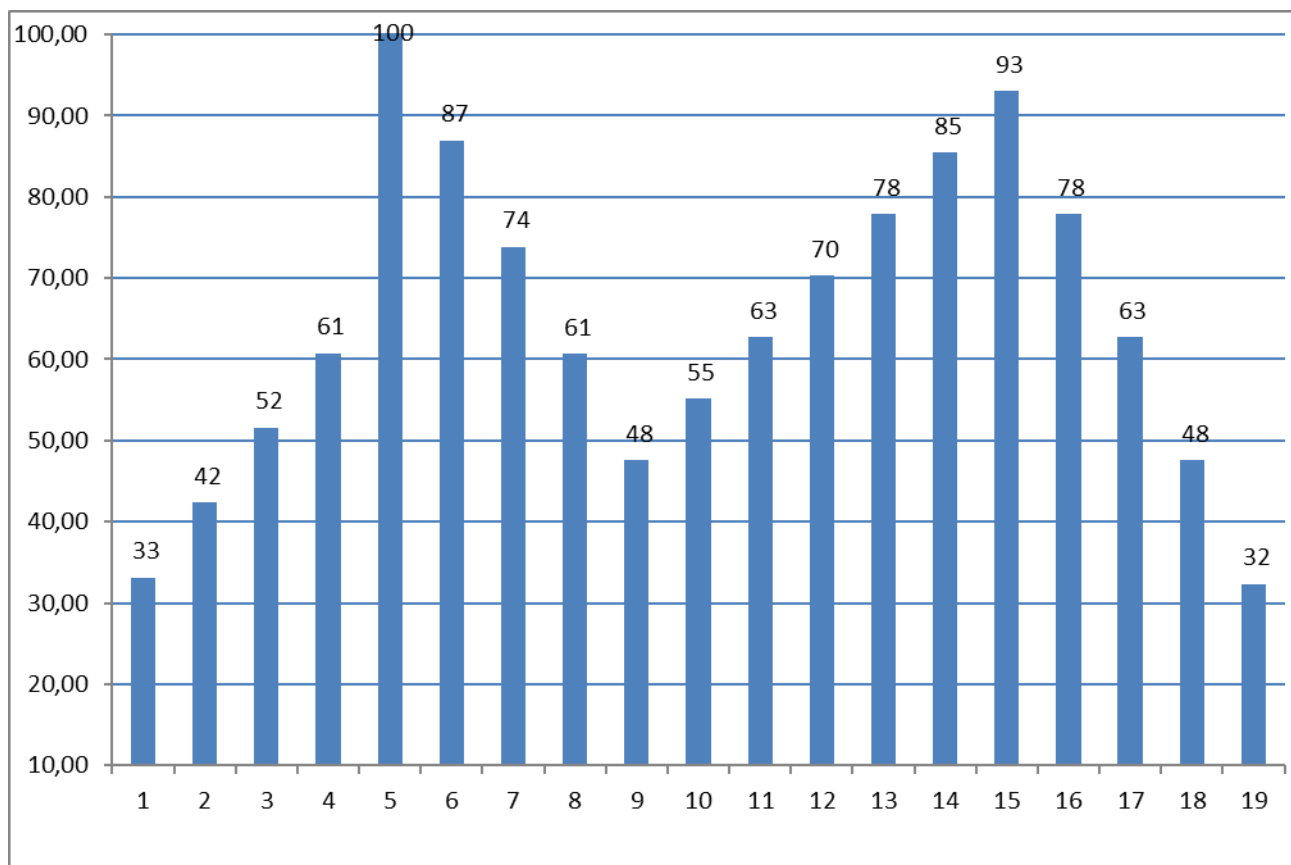


Рисунок Е.7 – Графік залежності величин пасажиропотоків від часу доби у процентному виразі на маршруті № 287

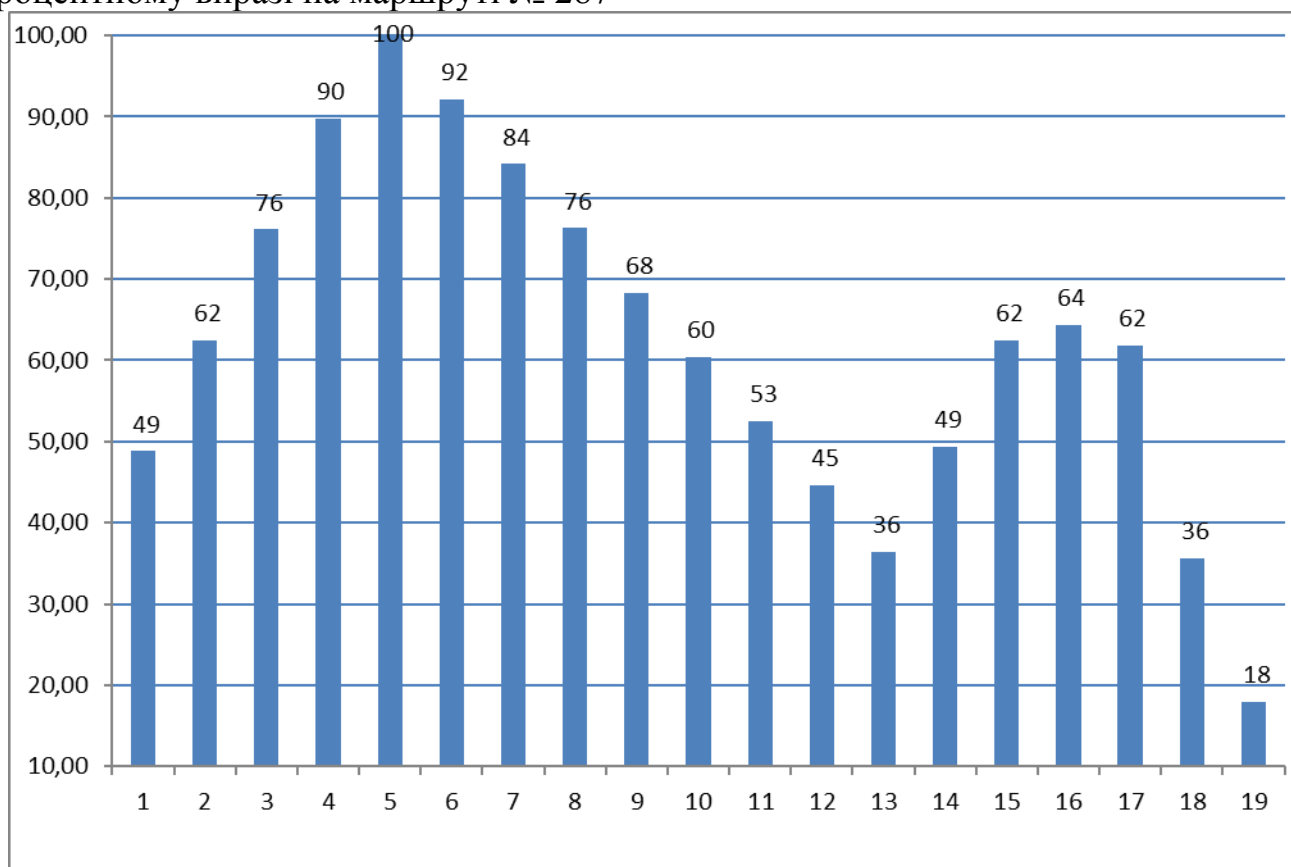


Рисунок Е.8 – Графік залежності величин пасажиропотоків від часу доби у процентному виразі на маршруті № 293

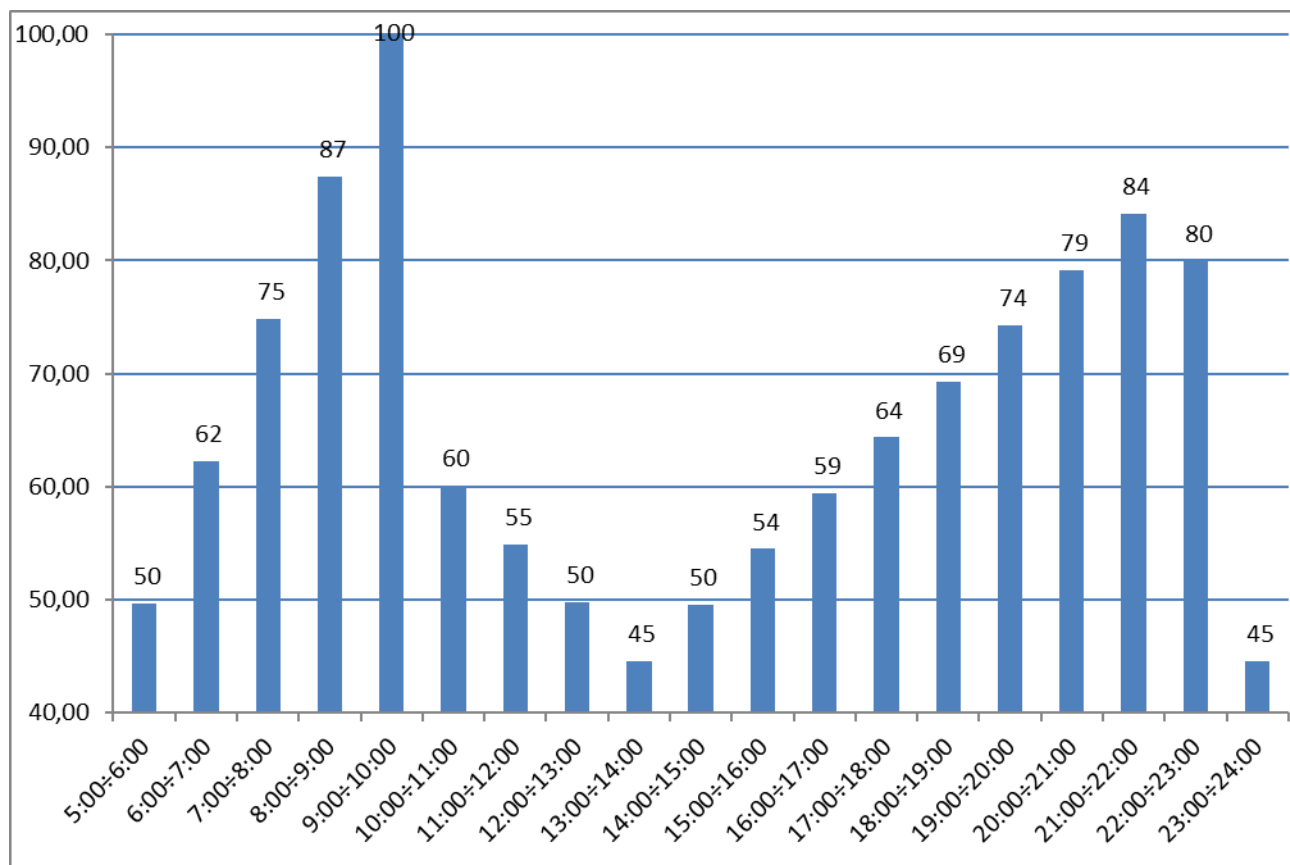


Рисунок Е.9 – Графік залежності величин пасажиропотоків від часу доби у процентному виразі на маршруті № 300

Додаток Ж

**Акти впровадження,
свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір,
тимчасове положення про формування та використання резерву
автобусів на міських маршрутах м. Кривий Ріг**

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з навчальної роботи
Національного транспортного університету



проф. Грищук О.К.

“червня” 2017 р.

А К Т

про впровадження в навчальний процес матеріалів
кандидатської дисертаційної роботи **“Підвищення продуктивності та
якості міських автобусних перевезень”**
здобувача кафедри міжнародних перевезень та митного контролю
Омарова Джаная Магомедовича

Починаючи з 2013-2014 навчального року по даний час в навчальному процесі кафедри міжнародних перевезень та митного контролю Національного транспортного університету використовуються науково-методичні матеріали і прикладні результати, що містяться в кандидатській дисертації здобувача кафедри міжнародних перевезень та митного контролю Омарова Д.М.

Так, при проведенні навчального процесу з студентами спеціальності 275 “Транспортні технології (на автомобільному транспорті)” з дисципліни “Дослідження операцій в транспортних системах”, на кафедрі міжнародних перевезень та митного контролю розглядаються теоретичні і прикладні аспекти підвищення продуктивності та якості міських автобусних перевезень за рахунок розробки і впровадження моделей, методів та програмного забезпечення процесу організації міських автобусних перевезень.

Також в дипломному проектуванні на факультеті транспортних та інформаційних технологій використовуються розроблені в кандидатській дисертації Омарова Д.М. моделі, методи та програмне забезпечення процесу організації міських автобусних перевезень.

Включення матеріалів і результатів кандидатської дисертаційної роботи Омарова Д.М., які мають певну наукову новизну і практичну цінність, у навчальний процес кафедри міжнародних перевезень та митного контролю Національного транспортного університету сприяють його поліпшенню і подальшому удосконаленню.

Декан факультету
транспортних та інформаційних технологій
д.ф.-м.н., професор

/Данчук В.Д./

Завідуючий кафедри
міжнародних перевезень та митного контролю
д.т.н., професор

/Прокудін Г.С./



про впровадження результатів дисертаційної роботи
Омарова Джаная Магомедовича «Підвищення продуктивності та якості
 міських автобусних перевезень»

Даним актом підтверджується, що результати дисертаційної роботи *Омарова Джаная Магомедовича* «Підвищення продуктивності та якості міських автобусних перевезень», яка була виконана у Національному транспортному університеті під керівництвом д.т.н., професора Г.С. Прокудіна впроваджені у діяльність ПАТ «Північтранс».

У якості **результатів** впровадження виступають:

метод удосконалення організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом на основі визначення оптимальної кількості резервних автобусів;
 імітаційна модель визначення оптимальної кількості резервних автобусів для підвищення продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів;

- методика визначення попиту населення на перевезення міським громадським транспортом для підвищення продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів;

методика організації перевезень пасажирів на маршрутах міської пасажирської транспортної системи за критеріями продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів.

Наукова новизна впроваджених результатів полягає в тому, що *Омаровим Д.М.* сформульовані теоретичні та методичні основи розв'язання проблеми ефективного функціонування міської пасажирської транспортної системи.

Практичне значення впровадження одержаних результатів дозволило:

на 25-30% скоротити час проведення обстеження автобусних маршрутів та внесення даних обстеження до відповідної бази даних;

на 10-15% скоротити час очікування пасажирями на зупинках автобусів, підвищилася регулярність їх руху;

на 10 автобусних маршрутах м. Кривий Ріг, виконуваних автопідприємством ПАТ «Північтранс» приблизно на 12% знизилася витрати на здійснення пасажирських перевезень.

Начальник відділу експлуатації
 ПАТ «Північтранс»



(Signature)
 В.В. Малютяк

УКРАЇНА



СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 72380

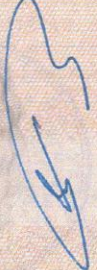
Комп'ютерна програма "Імітаційна модель роботи міських автобусів на маршруті"

(вид, назва твору)

Автор(и) Прокудін Георгій Семенович, Чупайленко Олексій Андрійович,
Прокудін Олексій Георгійович, Омаров Джанай Магомедович

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Дата реєстрації 22.06.2017

Державний секретар Міністерства економічного розвитку і торгівлі України О. Ю. Перевезенцев

ПТК «Україна». Зам. 17-2005. 2017 р. III кв.

УКРАЇНА



СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 72377

Літературний твір науково-технічного характеру "Математична модель роботи міських автобусів на маршруті"

(вид, назва твору)

Автор(и) Прокудін Георгій Семенович, Чупайленко Олексій Андрійович, Прокудін Олексій Георгійович, Омаров Джанай Магомедович

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Дата реєстрації 22.06.2017

Державний секретар Міністерства економічного розвитку і торгівлі України О. Ю. Перевезенцев

ГІК «Україна». Зам. 17-2005. 2017 р. III кв.

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

**Начальник
Відділу транспорту і зв'язку
Виконкому Криворізької міської ради**


Сиротюк С.В.
“ 28 ” “ грудня ” 2017 р.

**Тимчасове положення
про формування та використання резерву автобусів
на міських маршрутах м. Кривий Ріг**

Виконуючи рішення Криворізької міської ради №344 від 13.11.2014 року «Про надання населенню міста послуг міського пасажирського транспорту загального користування» приватне підприємство «Одіум-Престиж» (керівник Омаров Д.М.) уклав у 2014 році угоду з Національним транспортним університетом на проведення госпдоговірної науково-дослідної роботи № 171 на тему «Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях» (номер державної реєстрації 0114U003950).

Наукові співробітники профільного ВНЗ за участю інженерно-технічного складу приватного підприємства «Одіум-Престиж» (далі підприємство) провели наукові дослідження існуючих пасажиропотоків на 10 міських маршрутах загального користування м. Кривого Рогу. В результаті аналізу отриманих даних було виявлено, що головним недоліком в роботі автобусів впродовж доби є їх з'їзди з маршруту по технічним причинам, наслідком чого є 17% невиконаних регулярних рейсів.

Виходячи з цього на підприємстві кожного дня готували резерв з автобусів та вводили його негайно, як тільки того вимагала виробнича необхідність. Ці організаційні заходи на підприємстві дали змогу виконувати щоденно в середньому 98,925% з усіх запланованих рейсів. Слід також відзначити, що за період проведення наукових досліджень від населення не поступило скарг на роботу підприємства, а дохідність маршрутів закріплених за підприємством виросла на 24,2%.

Враховуючи напрацьований та проведений на практиці досвід з питань належного надання населенню якісних послуг пасажирським автотранспортом та керуючись Законами України «Про автомобільний транспорт», «Про місцеве самоврядування в Україні», необхідно:

1. Схвалити інформацію директора підприємства «Одіум-Престиж» про прогресивні організаційні заходи щодо надання населенню міста якісних послуг міським пасажирським автотранспортом.

2. Враховуючи практичну складову проведених наукових досліджень підприємством «Одіум-Престиж» та напрацьований технологічний процес по запровадженню досвіду використання резервних автобусів на маршрутах і з метою подальшого вдосконалення міської маршрутної мережі, необхідно:

- рекомендувати внести зміни в міську маршрутну мережу пасажирського транспорту м. Кривий Ріг;
- рекомендувати за кожним міським маршрутом закріпити резервні автобуси та згідно напрацьованих технологій підприємства «Одіум-Престиж» вводити їх в дію.

3. Рекомендувати керівникам публічних акціонерних товариств «Північтранс» (Пилипчук Г.Б.), «Дніпропетровське АТП 11205» (Жуков Т.Г.), приватного підприємства «Одіум-Престиж» (Омаров Д.М.), товариств з обмеженою відповідальністю «Приват-Автотранс» та «Приваттранс» (Третяченко В.О.) ужити термінових заходів, щодо виконання умов по закріпленню резервних автобусів за маршрутами згідно Додатку 1.

4. Вважати 3 пункт даного рішення тимчасовим положенням про формування та використання резерву автобусів на міських маршрутах м. Кривий Ріг, яке буде дійсним до затвердження аналогічного документу Міністерством інфраструктури України.

Керівник
ПП «Одіум-Престиж»



Д.М. Омаров

Науковий керівник
науково-дослідної роботи № 171,
д.т.н., професор

Г.С. Прокудін

Міська маршрутна мережа пасажирського автомобільного транспорту м. Кривий Ріг

<i>№ з/п</i>	<i>№ маршруту</i>	<i>Назва маршруту</i>	<i>Кількість графіків, од.</i>	<i>Кількість резервних автобусів</i>	<i>Клас автобуса</i>	<i>Режим руху</i>
1	2	3	4	5	6	7
1	2	Автостанція Інгулець - Автостанція Інгулець (кільцевий, через публічне акціонерне товариство «Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат», вул. Каткова)	2	1	А, В, 1,11	Звичайний
2	2а	Автостанція Інгулець - Автостанція Інгулець (кільцевий, через вул. Каткова, публічне акціонерне товариство «Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат»)	2	1	А, В, 1,11	Звичайний
3	3	вул. Дніпропетровське шосе - пл. Толстого, (через мкр-н 5-й Зарічний)	30	4	А, В	Маршрутне таксі
4	5	пл. Толстого - вул. Сочинська	5	1	А, В	Маршрутне таксі
5	9	вул. Ватутіна - Відкрите акціонерне товариство «Південний гірничо-збагачувальний комбінат» (через вул. Дишинського)	14	3	А, В	Маршрутне таксі
6	10	Автостанція Інгулець - Автостанція Інгулець (кільцевий, через публічне акціонерне товариство «Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат»)	4	1	А, В, І, ІІ	Звичайний
7	11	вул. Ватутіна - Відкрите акціонерне товариство «Південний гірничо-збагачувальний комбінат» (через вул. Курчатова)	14	3	А, В	Маршрутне таксі
8	14	Центральний ринок Центрально-Міського району-селище Авангард	1	1	І, ІІ	Експрес
9	15	мкр-н Східний 3 - ст. Кривий Ріг (через зуп. «Автовокзал»)	15	2	А, В, ІІ	Маршрутне таксі
10	20	ст. Кривий Ріг - Головний - ст. Кривий Ріг-Головний (кільцевий, через вул. Вернадського)	1	1	А, ІІ	Звичайний
11	27	вул. Дніпропетровське шосе - Публічне акціонерне товариство «АрселорМіттал Кривий Ріг»	10	2	А, В	Маршрутне таксі
12	28	Автостанція Інгулець - вул. Вереснева	2	1	А, В	Маршрутне таксі
13	32	ст. Рокувата - Закрите акціонерне товариство «Переробник»	8	2	А, В	Маршрутне таксі
14	33	Автостанція Інгулець - вул. Надії	1	1	А, В	Маршрутне таксі
15	35	вул. Дніпропетровське шосе - Відкрите акціонерне товариство «Південний гірничо-збагачувальний комбінат»	10	2	А, В	Маршрутне таксі
16	50	пл. Толстого - вул. Уточкіна	6	1	А, В	Маршрутне таксі
17	54	зуп. «Рудозбагачувальна фабрика №1» - Комунальний заклад «Криворізька міська стоматологічна поліклініка №6» Дніпропетровської обласної ради»	14	2	А, В	Маршрутне таксі
18	57	Автостанцій Інгулець - Автостанція Інгулець (кільцевий, через вул. Сонячну)	2	1	А, В, 1, ІІ	Звичайний
19	71	ст. Кривий Ріг-Головний - вул. Вернадського (кільцевий)	1	1	А, ІІ	Звичайний
20	75	вул. Тельмана - пр-т Карла Маркса	2	1	А, В	Маршрутне таксі
21	79	вул. Комсомолу України - вул. Комсомолу України (кільцевий, через вул. Кремлівську, мкр-н 5-й Зарічний)	12	2	А, В, І, ІІ	Звичайний
22	80	Палац спорту публічного акціонерного товариства «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат» - Комунальний заклад «Криворізький психоневрологічний інтернат» Дніпропетровської обласної ради» (через вул. Мусоргського)	4	1	А, В	Маршрутне таксі
23	83	зуп. «Ринок «Північний» - Рудозбагачувальна фабрика №1 (кільцевий, через вул. Адмірала Головка, вул. Маршака)	10	2	А, В	Маршрутне таксі

24	97	вул. Комсомолу України — вул. Комсомолу України (кільцевий, через мкр-н 5-й Зарічний, вул. Кремлівську)	8	2	A, B, I, II	Звичайний
25	107	мкр-н Всебратьське-2 - зуп. «Державний цирк» (вул. ХХІІ Партз'їзду)	15	3	A, B	Маршрутне таксі
26	108	вул. Електроніки - і пермаркет «Епіцентр»	6	1	A, B	Маршрутне таксі
27	109	вул. Українська - ст. Кривий Ріг (через вул. Широківську)	2	1	A, B	Маршрутне таксі
28	201	пл. Визволення - мкр-н Східний-3	16	3	A, B	Маршрутне таксі
29	203	пл. Визволення - вул. Дніпропетровське шосе	18	3	A, B, I, II	Маршрутне таксі
30	204	вул. Женецька - ст. Кривий Ріг-Головний	15	3	A, B	Маршрутне таксі
31	205	вул. Погребінка (КЗШ № 23) - ст. Кривий Ріг-Головний	30	8	A, B	Маршрутне таксі
32	206	зуп. «Державний цирк» - вул. Самарська	10	2	A, B	Маршрутне таксі
33	208	вул. Ваїугіна - Редакція Криворізької міської комунальної газети «Червоний гірник»	30	8	A, B	Маршрутне таксі
34	209	зуп. «Кінотеатр «Зарічний» - ст. Кривий Ріг-Головний (через вул. Азізбекова)	20	5	A, B	Маршрутне таксі
35	210	мкр-н Східний-3 - Публічне акціонерне товариство «АрселорМіттал Кривий Ріг»	20	5	A, B, I, II	Звичайний
36	211	пл. Визволення - Закрите акціонерне товариство «Переробник»	11	3	A, B	Маршрутне таксі
37	214	пл. Визволення - мкр-н Гірницький	20	4	A, B	Маршрутне таксі
38	217	б-р Вечерній - вул. Рахманінова	16	3	A, B	Маршрутне таксі
39	218	вул. Кремлівська - вул. Каменська	2	1	A, B, I, II	Звичайний
40	255	мкр-н Індустріальний - ст. Кривий Ріг	15	3	A, B	Маршрутне таксі
41	261	вул. Тухачевського - Публічне акціонерне товариство «АрселорМіттал Кривий Ріг»	15	3	A, B, I, II	Маршрутне таксі
42	262	вул. Тухачевського — Західне кладовище	1	1	A, B, I, II	Звичайний
43	264	зуп. «Державний цирк» - Дачі Криворізького центрального рудоремонтного заводу	5	1	A, B	Маршрутне таксі
44	265	зун. «Державний цирк» - вул. Поповича	12	3	A, B	Маршрутне таксі
45	266	пл. Визволення - Відкрите акціонерне товариство «Південний гірничо-збагачувальний комбінат»	9	2	A, B, I, II	Звичайний
46	269	ст. Кривий Ріг-Головний - ст. Батуринська	10	2	A, B	Маршрутне таксі
47	274	ст. Кривий Ріг - вул. Шиферна	3	1	I, II	Звичайний
48	275	вул. Горького - пл. Визволення	2	1	A, I, II	Звичайний
49	278	ст. Кривий Ріг-Головний - Відкрите акціонерне товариство «Південний гірничо-збагачувальний комбінат»	14	3	A, B	Маршрутне таксі
50	279	мкр-н Всебратьське-2 - Парк культури і відпочинку ім. Б. Хмельницького (через зуп. «Авіаколедж»)	20	4	A, B	Маршрутне таксі
51	281	вул. Тухачевського – Трампарк	18	5	A, B	Маршрутне таксі
52	282	вул. Тухачевського - пл. Визволення	10	2	A, B	Маршрутне таксі
53	286	пл. Визволення - ст. Кривий Ріг-Головний	25	5	A, B	Маршрутне таксі
54	287	Гімназія №95 - вул. Каменедробильна	16	4	A, B	Маршрутне таксі
55	291	зуп. «Рудозбагачувальна фабрика №1» - зуп. «Школа-інтернат №2»	20	4	A, B, I, II	Маршрутне таксі
56	293	мкр-н Східний-1 - вул. Українська	20	4	A, B	Маршрутне таксі
57	295	вул. Миколаївське шосе - м-н Праці (через вул. Пісочну, зуп. «Автовокзал»)	36	10	A, B	Маршрутне таксі
58	298	пл. Визволення - зуп. «шахта «Ювілейна» (через вул. Дишинського)	20	5	A, B	Маршрутне таксі
59	300	мкр-н Всебратьське-2 - мкр-н Всебратьське-2 (кільцевий, через вул. Пісочну, стадіон Металург»)	12	3	A, B	Маршрутне таксі
60	300a	мкр-н Всебратьське-2 - мкр-н Всебратьське-2 (кільцевий), (через стадіон «Металург», вул. Пісочну)	12	3	A, B	Маршрутне таксі

61	302	Автостанція Інгулець - пл. Визволення	5	1	I, 11, III	Експрес
62	303	Комунальний заклад «Криворізька міська лікарня №16» Дніпропетровської обласної ради» - зуп. «КЦРЗ - КЗГО»	10	2	A, B	Маршрутне таксі
63	306	мкр-н Східний-3 - ст. Кривий Ріг-Головний	10	2	A, B	Маршрутне таксі
64	307	мкр-н Ювілейний - ст. Кривий Ріг-Головний	25	5	A, B, 1, 11	Маршрутне таксі
65	312	мкр-н Сонячний - вул. Миколаївське шосе	30	10	A, B	Маршрутне таксі
66	314	мкр-н Гірницький - Публічне акціонерне товариство «Криворізький турбінний завод «Констар» (через зуп. «Авіаколедж»)	25	5	A, B	Маршрутне таксі
67	315	мкр-н Сонячний - Публічне акціонерне товариство «АрселорМіттал Кривий Ріг»	20	5	A, B, I, II	Звичайний
68	323	зуп. «Автовокзал» - вул. Сурикова	20	5	A, B, I, II	Маршрутне таксі
69	330	Ринок «Ювілейний» - пл. Толстого	20	5	A, B	Маршрутне таксі
70	341	пр-т Південний - вул. Туринська	1		A, B	Маршрутне таксі
71	361	Автостанція Інгулець - пр-т Південний	7	2	A, B, I, II, III	Експрес
72	364	мкр-н Гірницький - Міський комунальний заклад культури «Народний дім»	15	6	A, B	Маршрутне таксі
73	372	Палац спорту публічного акціонерного товариства «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат» - Публічне акціонерне товариство «АрселорМіттал Кривий Ріг»	12	5	A, B, 1, 11	Звичайний
74	376	мкр-н 5-й Зарічний - ст. Кривий Ріг	10	2	A, B, 1, 11	Звичайний
75	397	пл. Визволення - мкр-н 5-й Зарічний (через вул. Спаську)	20	5	A, B	Маршрутне таксі

ДОДАТОК И

**Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію
результатів дисертації**

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз

1. Omarov D. Improvement of the Methods for Determining Optimal Characteristics of Transportation Networks. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. N. 6/3 (84). P. 54–61. ISSN 1729-3774, DOI:10.15587/1729-4061.2016.85211, <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/85211>.

Статті у наукових фахових виданнях

2. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Босняк М.Г., Лебідь І.Г., Грисюк Ю.С., Гусєв О.В. Defining the ways to increase the safety of hazardous goods in international automobile transportation. *Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика»*. Київ: НТУ, 2013. Вип. 11. С. 91–99.

3. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Дмитриченко А.М., Цимбал Н.М., Дудник О.С. Застосування сучасних інформаційних технологій при розв'язанні багатетапних транспортних задач. *Науково-технічний збірник «Вісник НТУ»*. Київ: НТУ, 2015. Вип 31. С. 450–462.

4. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Прокудін О.Г. Удосконалення організації перевезень пасажирів у великих містах. *Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика»*. Київ: НТУ, 2015. Вип. 16. Част. 1: «Технічні науки». С.125–135.

5. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Прокудін О.Г. Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях. *Науково-технічний збірник «Вісник НТУ»*. Київ: НТУ, 2016. Вип 1 (34). Серія «Технічні науки». С. 378–387.

6. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Майданик К.О., Ремех І.О., Пилипенко Ю.В., Прокудін О.Г. Приклад побудови імітаційних моделей у транспортних системах. *Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика»*. Київ: НТУ, 2016. Вип. 17. Част. 1: «Технічні науки». С. 67–79.

Опубліковані праці апробаційного характеру

7. Омаров Д.М. Приклад моделювання роботи міських автобусів на маршруті. *Науково-технічний збірник. «Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті»*. Київ: НТУ, 2017. Вип. 4. С. 37–47.

8. Омаров Д.М., Г.С. Прокудін Г.С. Підвищення ефективності та якості автобусних пасажирських перевезень. LXX наукова конференція

професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ: НТУ, 2014. С. 209.

9. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Білокобила Є.Ю. Статистичні та соціологічні дослідження параметрів, які впливають на продуктивність та якість автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях / Звіт о НДР № 171 “Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях”, (проміжний, 1 етап), № ДО 0215U002234: Націон. транс. ун-т. – № ДР 0114U003950. Київ: НТУ, 2014. 95 с.

10. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Дудник О.С, Іщенко М.Г., Пелих В.Ю. Застосування сучасних інформаційних технологій при розв’язанні багатоетапних транспортних задач. LXXI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ: НТУ, 2015. С. 281.

11. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Білокобила Є.Ю. Теоретичні дослідження підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях і розробка методики по їх удосконаленню / Звіт о НДР № 171 “Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях”, (проміжний, 2 етап), № ДО 0215U002234: Націон. транс. ун-т. – № ДР 0114U003950. Київ: НТУ, 2015. 89 с.

12. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А. Підвищення якості обслуговування пасажирів міськими автобусами в м. Кривий Ріг. Всеукраїнська науково-практична конференція “Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні”: тези доповідей. Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2015. С. 222–223.

13. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Дудник О.С. Методи оптимізації перевезень пасажирів і вантажів на території України. Міжнародна науково-практична конференція “Стан, проблеми та перспективи вдосконалення економіки України”, Частина 2: тези доповідей. Ужгород: Видавничий дім “Гельветика”, 2015. С. 125–126.

14. Омаров Д.М., Прокудін Г.С. Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях конгломераціях. LXXII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ: НТУ, 2016. С. 233.

15. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., О.С. Дудник. Аналіз сучасних моделей міського автобусного сполучення. Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference “Topical Problems of Modern Science and Possible Solutions”: abstracts of reports. Dubai, UAE, 2016. № 10(14), Vol. 1 P. 50–52.
16. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Прокудіна І.І. Визначення оптимальних параметрів, які впливають на продуктивність та якість автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях / Звіт о НДР № 171 “Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях”, (заключний), № ДО 0216U002813: Націон. транс. ун-т. – № ДР 0114U003950. Київ: НТУ, 2016. 115 с.
17. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Пилипенко Ю.В. Застосування імітаційного моделювання для підвищення ефективності роботи міських автобусів. LXXIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ: НТУ, 2017. С. 258.
18. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г., Дудник О.С. Алгоритм статистичного моделювання роботи міських автобусів. International Academy Journal «Multidisciplinary Scientific Edition: Web of Scholar»: abstracts of reports. 2017. 2(11) P. 11–13. ISSN 25180167X.
19. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г. Математична модель резервування міських автобусів на маршруті / VI Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні управляючі системи та технології»: тези доповідей. Одеса: «ВидавІнформ НУ «ОМА», 2017. С. 95–97.
20. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г. Комп’ютерна програма “Імітаційна модель роботи міських автобусів на маршруті” / Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. № 72380. Київ: Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2017. 17 с.
21. Омаров Д.М., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г. Літературний письмовий твір науково-технічного характеру “Математична модель роботи міських автобусів на маршруті” / Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. № 72377. Київ: Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2017. 11 с.