

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

Понкратов Денис Павлович

УДК 656.13

**ДИСЕРТАЦІЯ**  
**ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ У**  
**МАРШРУТНІЙ СИСТЕМІ МІСЬКОГО**  
**ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ**

05.22.01 – транспортні системи

(27 – Транспорт)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук  
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

---

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий консультант:  
Доля Віктор Костянтинович,  
доктор технічних наук, професор

## АНОТАЦІЯ

*Понкратов Д. П.* Теоретичні основи формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.01 «Транспортні системи» (27 – Транспорт). – Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова Міністерства освіти і науки України, Харків, 2021.

У дисертаційній роботі сформовано наукові положення, що у сукупності розвивають теоретичні основи організації перевезень пасажирів з урахуванням характеристик пасажиропотоку та закономірностей його формування.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено об'єкт і предмет дослідження, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, зазначено особистий внесок автора у працях, опублікованих у співавторстві, наведено дані щодо апробації результатів роботи.

У першому розділі проведено аналіз методів організації перевезень у маршрутній системі міського пасажирського транспорту виходячи з параметрів пасажиропотоку та закономірностей його формування. В результаті встановлено проблемні питання, що є недостатньо вивченими та потребують подальшого дослідження. Увагу акцентовано на тому, що існуючі методи організації перевезень пасажирів у містах ґрунтуються здебільшого на сталих величинах попиту на перевезення. Разом із цим попит зумовлений параметрами транспортного обслуговування як на окремих маршрутах, так і у маршрутній системі загалом. Зміна параметрів транспортного обслуговування на окремому маршруті позначається на зміні попиту на користування цим маршрутом так і спричиняє перерозподіл пасажиропотоків у маршрутній системі. Під час вибору параметрів перевізного процесу на маршрутах

міського пасажирського транспорту як основний чинник розглядають потужність пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту. Разом із цим поза увагою залишаються інші фактори, що характеризують специфічні умови перевізного процесу на певному маршруті, зокрема характеристики нерівномірності пасажиропотоків. Потребують також розвитку методи нормування рівня заповнення салону транспортних засобів, які здебільшого виходять з єдиного граничного рівня на різних маршрутах, що можуть значно відрізнитись за низкою техніко-експлуатаційних показників. Варто зазначити, що складності під час оцінювання рівня заповнення міських пасажирських транспортних засобів зумовлені тим, що для цього застосовують різні показники, що мають певні відмінності. Це зумовлює певні труднощі їхнього застосування та співставлення.

У другому розділі розроблено методика проведення дослідження, обґрунтовано методи дослідження та сформовано систему обмежень та припущень щодо розробки наукових положень. Розв'язання завдання вибору раціональних параметрів перевізного процесу вирішено виконувати із застосуванням методу математичної оптимізації з урахування інтересів обох учасників перевізного процесу, тобто перевізника та пасажирів. У контексті завдання, що вирішується, запропоновано розрізняти два випадки формування пасажиропотоків, які мають принципові відмінності: 1) параметри пасажиропотоків розглядаються як сталі, що не залежать від параметрів організації перевезень; 2) змінні параметри пасажиропотоку, що залежать від параметрів організації перевезень на маршруті. У випадку сталих параметрів пасажиропотоку оптимізацію запропоновано проводити за критерієм мінімуму загальних витрат перевізника та пасажирів. За змінних параметрів пасажиропотоку як критерій оптимізації прийнято максимум прибутку перевізника.

Запропоновано розрахункові залежності взаємозв'язку між зазначеними показниками рівня заповнення салону міських пасажирських транспортних засобів. Встановлено, що взаємозв'язок між показниками рівня

заповнення салону пасажирських транспортних засобів визначається питомою вагою кількості місць для проїзду пасажирів сидячі у номінальній пасажиромісткості транспортних засобів.

Проведено обґрунтування потужності пасажиропотоків, за якої можуть бути застосовані автобуси певного класу пасажиромісткості. Виходячи з обмежень на величину маршрутного інтервалу рівень заповнення салону транспортного засобу виявлено діапазони зміни пасажиропотоку можливого застосування автобусів різного класу пасажиромісткості.

У третьому розділі проведено моделювання транспортних процесів міських пасажирських перевезень за умови сталих та змінних параметрів пасажиропотоку.

Запропоновано метод організації міських пасажирських перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов сталих параметрів пасажиропотоку складається з послідовності таких етапів: формування вихідних даних щодо характеристик маршруту міського пасажирського транспорту, показників пасажиропотоку, характеристик пасажирів, параметрів маршрутної мережі та містобудівних факторів; встановлення обмежень на параметри цільової функції; варіювання керованих змінних (пасажиромісткість транспортних засобів та щільність заповнення їхнього салону на найбільш завантаженому перегоні маршруту); визначення пасажиромісткості транспортних засобів та щільності заповнення їхнього салону на найбільш завантаженому перегоні маршруту, що забезпечують мінімум сукупних витрат перевізника та пасажирів. Застосування запропонованого методу дає змогу ухвалювати рішення щодо підвищення рівня транспортного обслуговування пасажирів та ефективності використання транспортних засобів з урахуванням транспортної стомлюваності пасажирів і характеристик просторової нерівномірності пасажиропотоків на маршруті.

Моделювання вибору пасажирями шляху пересування запропоновано проводити на підставі сформованого інтегрального критерію оцінки

характеристик альтернативних шляхів пересування, що враховує витрати часу пасажирів, рівень їхньої транспортної стомлюваності та величину плати за проїзд під час користування маршрутним пасажирським транспортом.

Розроблено модель формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту, що враховує перерозподіл пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування виходячи з імовірності відмови пасажирам у посадці на зупинних пунктах маршрутів та рівня транспортної стомлюваності пасажирів під час пересування певним шляхом. Використання запропонованої моделі дає змогу проводити оцінку зміни попиту на транспортну послугу залежно від умов пересування пасажирів.

Запропоновано метод організації міських пасажирських перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов змінних параметрів пасажиропотоку, який передбачає виконання таких етапів: формування вихідних даних щодо параметрів функціонування маршрутної системи міського пасажирського транспорту; установлення обмежень на кількість транспортних засобів; моделювання процесу формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту за умов варіювання пасажиромісткості та кількості транспортних засобів на маршруті, що розглядається; формування множини допустимих рішень; визначення пасажиромісткості та кількості транспортних засобів, що забезпечують максимум прибутку перевізника; визначення інтервалів та частоти руху транспортних засобів на маршруті. Застосування запропонованого методу дає змогу обирати таку пасажиромісткість та потрібну кількість транспортних засобів, що забезпечують прийнятні маршрутні інтервали та рівень заповнення їхнього салону з урахуванням дотримання інтересів перевізника та пасажирів.

У четвертому розділі визначено закономірності впливу параметрів пасажиропотоку на технологію перевезень у маршрутній системі міського пасажирського транспорту.

Встановлено, що довжина маршруту є вагомим фактором, що зумовлює раціональні сфери використання автобусів різного класу пасажиромісткості. Зі зростанням довжини маршруту відбувається зміна діапазонів пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту раціонального використання автобусів малого, середнього та великого класів місткості у бік зменшення. У той же час розширюється діапазон використання автобусів особливо великого класу місткості.

Виявлено закономірності змінювання раціонального рівня заповнення транспортних засобів міського пасажирського транспорту залежно від значення коефіцієнта нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту у найбільш завантаженому напрямку руху. Встановлено, що певному значенню коефіцієнта нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту відповідає визначений раціональний рівень заповнення транспортних засобів. Урахування встановлених закономірностей дає змогу диференційовано підійти до нормування рівня заповнення салону транспортного засобу виходячи із характеристик просторової нерівномірності пасажиропотоку.

На підставі проведення мережного розрахунку з використанням запропонованої моделі формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту було встановлено, що обсяг перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов варіювання кількості транспортних засобів певної пасажиромісткості змінюється за функцією Гомперца. Разом із цим варто зазначити, що зміна обсягів перевезень на певному маршруті зумовлена низкою специфічних особливостей, зокрема параметрами попиту мешканців на послуги маршрутного пасажирського транспорту, трасою проходження маршруту у плані міста, розгалуженістю маршрутної мережі, містобудівними характеристиками, наявністю маршрутів-конкурентів та параметрами їхньої роботи тощо. Це стримує можливість розроблення типових рекомендацій щодо вибору раціональних параметрів перевізного процесу та свідчить на

користь проведення оптимізаційної розрахункової процедури у кожному конкретному випадку, виходячи з параметрів попиту мешканців міста на послуги маршрутного пасажирського транспорту та характеристик маршрутної системи.

Практичне значення одержаних результатів дисертаційної роботи полягає у такому:

- розроблена модель формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту дає змогу проводити порівняльний аналіз проєктних рішень з удосконалення розвинених маршрутних систем із високим рівнем попиту пасажирів;

- застосування сформованих методів організації перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов сталих та змінних параметрів пасажиропотоку дає змогу обирати таку пасажиромісткість та потрібну кількість транспортних засобів, що забезпечують прийнятні маршрутні інтервали та рівень заповнення салону транспортного засобу з урахуванням дотримання інтересів перевізника та пасажирів;

- установлені закономірності змінювання раціонального рівня заповнення транспортних засобів міського пасажирського транспорту та зміни раціональних сфер використання автобусів різного класу пасажиромісткості можуть бути використані під час розроблення технології перевезень у маршрутній системі міського пасажирського транспорту.

Можливим напрямком подальших досліджень є застосування запропонованих у роботі підходів, методів та моделей для вирішення завдання проєктування маршрутної системи міського пасажирського транспорту.

**Ключові слова:** маршрутна система міського пасажирського транспорту, пасажиропотік, пасажиромісткість транспортного засобу, шлях пересування, транспортна стомлюваність, імовірність відмови пасажирів в посадці.

## ABSTRACT

*Ponkratov D.* Theoretical bases of passenger flows formation in the route system of urban passenger transport. – Qualifying scientific work on the rights of manuscript.

Thesis for a Doctor of Technical Sciences degree in specialty 05.22.01 «Transport systems» (27 – Transport). – O. M. Beketov Kharkiv National University of Urban Economy of Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2021.

In the dissertation work, the scientific provisions have been formed, in general, to develop the theoretical foundations of the passenger transportation organization taking into account the characteristics of passenger flows and the regularities of its origination.

The introduction substantiates the relevance of the dissertation topic, defines the object and subject of the research, formulates the goal and objectives of the research, demonstrates the scientific novelty and practical significance of the results obtained, indicates the author's personal contribution to the works published in co-authorship and provides the approbation data on the work results.

The section 1 analyzes the methods of organizing transportation in the route system of urban mass transit from the parameters of passenger traffic and the laws of its formation. As a result, the problematic issues have been identified that was insufficiently studied and require a further research. Attention was focused on the fact that the existing methods of organizing urban passenger transportation were based mainly on constant values of transportation demand. At the same time, the demand is substantiated by the parameters of transport services on individual routes and in the route system as a whole. A change in the parameters of transport services on a route affects the change in demand for using this route, and also causes a passenger flow redistribution in the route system. When choosing the parameters of the transportation process on the urban passenger transport routes,



the passenger flow power on the busiest section of the route was considered as the main factor. At the same time, other factors that characterize the specific conditions of the transportation process on a route, in particular, the passenger flow irregularity characteristics remain without attention. Methods for standardizing the vehicles' crowding rate also needs to be developed, which mainly originate from a single limit rate on various routes, and can differ significantly in a number of performance indicators. It should be noted that the difficulties in assessing the urban passenger vehicles' crowding rate are due to the fact that various indicators are used for this, and these are of the great differences. This leads to the difficulties in their application and comparison.

In the section 2, a research methodology has been developed, research methods have been substantiated and a system of restrictions and assumptions to demonstrate the scientific provisions has been formed. It has been decided to solve the problem of choosing rational parameters of the transportation process using the method of mathematical optimization taking into account the interests of the transportation process participants, that is, the transit agency and the passengers. In the context of the problem is being solved, it has been proposed to distinguish between two cases of the formation of passenger flows, which are of the fundamental differences: 1) the of passenger flows parameters are considered as stable not depending on the transportation organization parameters; 2) the passenger flows variable parameters depending on the transportation organization parameters in the route. In the case of constant parameters of passenger flow, it has been proposed to perform the optimization according to the criterion of the minimum total costs of the transit agency and passengers. For the variable parameters of passenger flow, the transit agency's maximum profit of the has been taken as an optimization criterion.

The dependencies to interrelate the specified indicators of the urban passenger vehicles crowding rate have been proposed. It has been established that the relationship between the crowding rate indicators of passenger vehicles was determined by the specific weight of the number of seats in the nominal passenger

capacity of vehicles. The substantiation of the intensity of passenger flows, according to which the buses of a passenger capacity class can be used, has been done. From the restrictions of the route headway value and the vehicle crowding rate, the ranges of change in the passenger flow of the possible use of buses of various passenger capacity classes has been found.

In the section 3, the modeling of the processes of urban passenger transportations under the condition of constant and variable parameters of passenger flow has been done.

A method for organizing the urban passenger transportations on the routes in conditions of constant parameters of passenger flows has been proposed to consist of a sequence of the following stages: formation of initial data on the characteristics of the urban passenger transportation route, passenger flow indicators, characteristics of passengers, parameters of the route network and urban planning factors; restrictions on the objective function parameters; variation of controlled variables (passenger capacity of vehicles and the density of cabin crowding on the busiest section of the route); determination of the passenger capacity of vehicles and the density of cabin crowding on the busiest section of the route to provide a minimum of the total costs of the transport agency and passengers. The application of the proposed method allows making decisions on increasing the level of transport services for passengers and the efficiency of using vehicles taking into account the transport fatigue of passengers and the characteristics of the spatial of passenger flow irregularity on the route.

It has been proposed to model the passenger's route choice from the formed integral criterion for assessing the characteristics of alternative travel routes taking into account the passengers' travel time, level of their transport fatigue and the value of fare when using the fixed-route passenger transportation.

A passenger flow formation model in the route system of urban passenger transport has been developed, which takes into account the redistribution of passenger trips between alternative routes based on the fail-to-board probability at route stops and the passenger fatigue level during the travel. The use of the

proposed model makes it possible to assess the change in demand for transport services depending on the passengers' travel conditions.

A method has been proposed for organizing urban passenger transportation on the routes of urban passenger transport in conditions of variable parameters of passenger flow, which involves the following stages: formation of initial data on the parameters of the urban passenger transport route system functioning; revealing the limits on the number of vehicles; modeling the passenger flows formation in the urban transport route system in conditions of varying the passenger capacity and the number of vehicles on the route, formation of a set of feasible solutions; determination of passenger capacity and the number of vehicles to maximize the transit agency's profit; determination of vehicles' headways and frequency on the route. Application of the method proposed allows choosing the passenger capacity and the required number of vehicles in order to ensure the acceptable route headways and the cabin crowding rate taking into account the interests of the transit agency and passengers.

In the section 4, the regularities of the influence of the passenger flow parameters on the technology of transportation in the route system of urban passenger transport has been demonstrated. It has been found that the route length was a significant factor to determine the rational use of buses of various classes of passenger capacity. With an increase in the route length, there was a change in the ranges of passenger flow on the busiest section of the route for the rational use of buses of small, medium and large capacity classes downward. At the same time, the range of use of buses of a particularly large capacity class is to be expanded.

Regularities of changes in the rational crowding rate of urban passenger transport vehicles depending on the value of the of passenger traffic along the route length in the most loaded traffic direction have been revealed. It has been shown that a value of rational vehicle crowding rate corresponds to a value of the irregularity coefficient of passenger flow along the route length. Consideration of the established patterns generates a differentiated approach to the standardization

of the vehicle's crowding rate from the characteristics of the spatial passenger traffic irregularity.

From a network calculation, using the proposed model for the formation of passenger flows in the route system of urban passenger transport, it has been found that the traffic volume on the routes of urban passenger transport in conditions of varying the number of vehicles of a passenger capacity changes according to the Gompertz function. However, it should be noted that the change in the traffic volume of on a route is due to a number of specific features, in particular, the parameters of the residents' demand for the route passenger transport services, route path within the city, route network branching, urban planning characteristics, availability of competing routes and their operation parameters etc. This hinders the development of standard recommendations for choosing rational parameters of the transportation process and testifies in favor of making an optimization calculation procedure in each specific case, based on the parameters of the urban residents' demand for route passenger transport services and the route system characteristics.

The practical significance of the obtained results of the dissertation is as follows:

- developed model of passenger flows' formation in the urban passenger transport route system allows carrying the comparative analysis of the design decisions on improvement of the route systems with a high level of passengers' demand;

- application of the formed methods of organization of transportations on routes of urban passenger transport in the conditions of constant and variable parameters of passenger traffic flows allows choosing the passenger capacity and the number of vehicles to provide the acceptable route headways and the vehicles' cabin crowding rate taking into account interests of transit agency and passengers;

- established regularities of change in the rational urban passenger vehicles' crowding rate and changes in the rational areas of using the buses of different passenger capacity can be applied in the development of transportation technology in the urban mass transit route system.

A possible direction of further research is the application of the proposed approaches, methods and models to solve the problem of designing a route system of urban mass transit.

**Key words:** route system of urban passenger transport, passenger flow, vehicle capacity, trip path, transport fatigue, fail-to-board probability.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Наукові праці, у яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

#### *Монографія*

1. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Вибір пасажирями шляху пересування у містах: монографія. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 164 с.

#### *Колективні монографії:*

2. Понкратов Д. П., Доля В. К. Модель формування пасажиропотоків у маршрутній системі міста. *Застосування моделей і методів ергономіки і логістики в транспортних системах*: монографія. Харків: Лідер, 2016. С. 199–207.

3. Понкратов Д. П., Доля В. К. Закономірності формування пасажиропотоків у маршрутній системі міста. *Фактор людини у розвитку транспортних систем*: монографія. Харків: Лідер, 2017. С. 134–141.

4. Понкратов Д. П., Ільченко Б. С. Аналіз методів моделювання транспортних процесів на маршрутах міського пасажирського транспорту. *Сучасна проблематика функціонування транспортних та логістичних систем*: монографія. Харків: Лідер, 2018. С. 155–166.

*Статті у виданнях іноземних держав та у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:*

5. Понкратов Д. П., Вакуленко К. Є. Щодо оцінки конкурентноздатності автотранспортних маршрутів міського пасажирського

транспорту. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2010. № 2. С. 20–23.

6. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Оцінка значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування у містах. *Наукові нотатки. Міжвузівський збірник*. Луцьк, 2014. Вип. 46. С. 452–459.

7. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Закономірності розподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування у містах. *Зб. наук. пр. Української державної академії залізничного транспорту*. Харків, 2014. Вип. 148, ч. 1. С. 197–205.

8. Ponkratov D., Dolya V., Lobashov O., Ivanov I. et al. Traffic streams and anti-congestions activities in city networks. *International journal of automation, control and intelligent systems*. 2015. Vol. 1, № 2. P. 21–26.

9. Понкратов Д. П. Особливості моделювання пасажиропотоків у містах. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. Сєверодонецьк, 2016. № 1(225). С. 175–179.

10. Понкратов Д. П. Формування попиту на транспортні послуги з перевезення пасажирів на міських маршрутах. *Наукові нотатки. Міжвузівський збірник*. Луцьк, 2016. Вип. 55. С. 305–309.

11. Понкратов Д. П., Доля В. К. Цільова функція вибору пасажиромісткості транспортних засобів на міських маршрутах. *Зб. наук. пр. Української державної університету залізничного транспорту*. Харків, 2016. № 161. С. 44–52.

12. Понкратов Д. П., Давідіч Н. В. Раціональні сфери використання автобусів різного класу пасажиромісткості. *Автомобильный транспорт*. Харків, 2018. Вип. 43. С. 71–77.

13. Понкратов Д. П., Давідіч Н. В., Куш Є. І., Рославцев Д. М. та ін. Порівняльний аналіз показників рівня заповнення міських пасажирських транспортних засобів. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2019. Т. 6. № 152. С. 196–203.

14. Понкратов Д. П. Формалізація взаємозв'язку між показниками рівня заповнення міських пасажирських транспортних засобів. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2020. Т. 6. № 152. С. 196–203.

*Статті у фахових виданнях:*

15. Понкратов Д. П., Давидич Ю. А. Определение маршрута подачи таксомотора заказчику в условиях функционирования автоматизированной системы управления. *Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта*. Днепропетровск, 2008. № 25. С. 142–145.

16. Понкратов Д. П., Давидич Ю. А., Шпачук В. П. К вопросу выбора населением способа передвижения между индивидуальным и городским массовым пассажирским транспортом. *Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту*. Донецьк, 2009. № 1. С. 82–86.

17. Понкратов Д. П., Давидич Ю. А., Куш Е. И., Вакуленко Е. Е. и др. Определение факторов, влияющих на выбор пассажирами вида городского транспорта. *Коммунальное хозяйство городов*. Харьков, 2009. Вып. 86. С. 344–349.

18. Давідич Ю. О., Понкратов Д. П., Куш Є. І., Калюжний М. В. Оцінка тривалості простою транспортних засобів на проміжних зупинках. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2012. № 105. С. 390–394.

19. Давідич Ю. О., Назаренко Л. А., Понкратов Д. П., Куш Є. І. Ергономічні напрямки підвищення безпеки руху на маршрутах міського пасажирського транспорту. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2013. № 107. С. 439–444.

20. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І., Піпія А. Т. Вибір пасажиромісткості транспортних засобів для роботи на міських маршрутах. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2014. Вип. 116. С. 93–96.

21. Понкратов Д. П., Доля В. К. Методика розрахунку імовірності відмови пасажиру в посадці у мережній постановці. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2016. № 130. С. 81–85.

22. Понкратов Д. П., Давідіч Ю. О., Фалецька Г. І., Несміян Я. Ю. Оцінка регулярності руху транспортних засобів на маршрутах міського пасажирського транспорту. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2017. № 134. С. 84–89.

23. Понкратов Д. П., Доля К. В. Система обмежень на параметри перевезень пасажирів громадським транспортом. *Вісник національного університету «Львівська політехніка»*: зб. наук. пр. Серія: Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. Львів, 2017. № 866. С. 216–220.

24. Понкратов Д. П. Діапазони пасажиропотоку виняткового та альтернативного застосування автобусів різного класу пасажиромісткості. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2018. № 144. С. 24–31.

25. Понкратов Д. П. Діапазони пасажиропотоку раціонального використання автобусів певного класу пасажиромісткості на міських маршрутах різної протяжності. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2018. Вип. 7 (146). С. 46–54.

26. Понкратов Д. П., Давідіч Н. В. Диференційовані рекомендації щодо нормування рівня заповнення салону автобусів при здійсненні міських пасажирських перевезень. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2019. № 1 (147). С. 46–53.

**Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

27. Понкратов Д. П., Куш Є. І. Щодо питання підвищення ефективності функціонування міської транспортної системи. *Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов*: тезиси докладов 35-й науч.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНАГХ (г. Харьков, 21–23 апреля 2010 г.). Харьков, 2010. Ч. 2. С. 51–52. (очна)

28. Понкратов Д. П., Курдюмов В. С. К вопросу выбора пассажирами способа передвижения в городах. *Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов*: тезиси докладов 35-й науч.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНАГХ (г. Харьков, 21–23



апреля 2010 г.) Харьков, 2010. Ч. 2. С. 52–53. (очна)

29. Понкратов Д. П. Распределение корреспонденций между индивидуальным транспортом и общественным пассажирским транспортом в городах. *Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов*: сб. науч. тр. ежегодн. междунар. науч.-практ. конф. (г. Минск, 27–29 октября 2010 г.). Минск, 2011. С. 168–169. (заочна)

30. Понкратов Д. П. Напряжки підвищення ефективності функціонування міської транспортної системи. *Транспортные проблемы крупнейших городов*: материалы междунар. науч.-практ. конф. (г. Харьков, 12–16 марта 2012 г.). Харьков, 2012. С. 85, 86. (очна)

31. Понкратов Д. П. Взаємозв'язок між рівнем автомобілізації населення та параметрами транспортних потоків. *Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов*: тезисы докладов 36-й науч.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНАГХ (г. Харьков, 24–26 апреля 2012 г.). Харьков, 2012. Ч. 2. С. 79. (очна)

32. Понкратов Д. П. До питання формування системи міського маршрутного пасажирського транспорту. *Регіональний розвиток – основа розбудови української держави*: матеріали II міжнар. наук.-практ. конф. Секція 5. Проблеми соціально-економічного розвитку регіонів, інфраструктурне забезпечення їх комплексного розвитку на державному та регіональному рівнях (м. Донецьк, 9–10 квітня 2013 р.). Донецьк, 2013. С. 109, 110. (очна)

33. Понкратов Д. П. К вопросу распределения пассажиропотоков в маршрутной системе городского пассажирского транспорта. *Логистика – Евразийский мост*: материалы VIII междунар. науч.-практ. конф. (г. Красноярск, 16–18 мая 2013 г.). Красноярск, 2013. С. 367–372. (заочна)

34. Понкратов Д. П. До питання формування пасажирських потоків на маршрутній мережі міського пасажирського транспорту. *Городское строительство, электроснабжение городов, транспорт*: материалы 37-й науч.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНУГХ

(г. Харьков, 23–25 апреля 2014 г.). Харьков, 2014. С. 112–114. (очна)

35. Понкратов Д. П. Распределение пассажирских корреспонденций между альтернативными вариантами пути передвижения в городах. *Инновационное лидерство строительной и транспортной отрасли глазами молодых ученых*: сб. науч. тр. молодых ученых по материалам междунар. науч.-практ. конф. (г. Омск, 3–6 февраля 2014 г.). Омск, 2014. С. 152–156. (заочна)

36. Понкратов Д. П. Характеристики альтернативных вариантов пути передвижения пассажиров в городах. *Инновационные системы планирования и управления на транспорте и в машиностроении*: сб. тр. II междунар. науч.-практ. конф. (г. Санкт-Петербург, 16–17 апреля 2014 г.). Санкт-Петербург, 2014. Т. 1. С. 105–109. (заочна)

37. Понкратов Д. П., Г. І. Фалецька. До питання розподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними шляхами пересування. *Нові технології, обладнання, матеріали в будівництві і на транспорті*: матеріали міжнар. наук.-техн. конф. (м. Харків, 26–28 листопада 2014 р.). Харків, 2014. С. 80–82. (очна)

38. Понкратов Д. П. Проблемні аспекти моделювання пасажиропотоків у містах. *Міські і регіональні транспортні проблеми*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 17–19 листопада 2015 р.). Харків, 2015. С. 15. (очна)

39. Понкратов Д. П. До питання взаємозв'язку між характеристиками альтернативних варіантів і величиною попиту на їх використання. *Інновації інфраструктури транспортно-логістичних систем. Проблеми, досвід, перспективи*: зб. тез між нар. наук.-практ. конф. (м. Трускавець, 11–17 квітня 2016 р.). Трускавець – Сєвєродонецьк, 2016. С. 146–148. (очна)

40. Понкратов Д. П. До питання аналізу зміни продуктивності транспортних засобів на маршрутах міського пасажирського транспорту. *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT–*

2016): зб. матеріалів VIII міжнар. наук.-практ. конф. (м. Херсон, 24–26 травня 2016 р.). Херсон, 2016. С. 31–33. (очна)

41. Понкратов Д., Доля К. До питання формування системи обмежень на параметри перевезень пасажирів громадським транспортом. *Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв'язання: тези доповідей II Всеукр. наук.-теоретич. конф.* (м. Львів, 16–18 березня 2017 р.). Львів, 2017. С. 19, 20. (заочна)

42. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Підвищення рівня обслуговування населення міським маршрутним пасажирським транспортом як засіб стримування рівня автомобілізації. *Сталий розвиток міст (містобудівний аспект): матеріали міжнар. наук.-практ. конф.* (Харків, 23–24 листопада 2017 р.). Харків, 2017. С. 200–202. (очна)

43. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. До питання вибору транспортних засобів для міських пасажирських перевезень. *Технології та інфраструктура транспорту: тези доповідей міжнар. наук.-техн. конф.* (м. Харків, 14 – 16 травня 2018 р.). Харків, 2018. Ч 1. С. 218–220. (очна)

44. Понкратов Д. П. До питання визначення раціональних сфер застосування автобусів різного класу пасажиромісткості. *Перспективні напрями розвитку регіональних транспортних та логістичних систем: матеріали міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Харків, 22–23 травня 2018 р.). Харків, 2018. С. 84–88. (очна)

45. Понкратов Д. П., Давідіч Н. В. Фактори вибору пасажиромісткості автобусу на міських маршрутах. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: матеріали VI міжнар. наук.-техн. інтернет-конф.* (м. Харків, 19–20 листопада 2018 р.). Харків, 2018. С. 84–86. (дистанційна)

46. Понкратов Д. Особливості організації перевезень пасажирів за змінних параметрів пасажиропотоків. *Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв'язання: тези доповідей III Всеукр. наук.-теоретич. конф.* (м. Львів, 28–30 березня 2019 р.). Львів, 2019. С. 24. (заочна)

**Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:**

47. Понкратов Д. П., Давидич Ю. А., Куш Е. И., Матренина Д. С. Формирование целевой функции определения рациональной длины перегона маршрута городского пассажирского транспорта. *Коммунальное хозяйство городов*. Харьков, 2009. № 86. С. 368–372.

48. Понкратов Д. П., Давидич Ю. О., Ольхова М. В., Соломатина К. В. Дослідження розподілу видів вантажів між автомобільним і залізничним видами транспорту. *Вісник Національного технічного університету «ХПИ»*. Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. Харків, 2011. Т. 1. № 2. С. 75–79.

49. Понкратов Д. П., Давидич Ю. О., Куш Є. І. Ергономічне забезпечення транспортних процесів: навч. посібник. Харків: ХНАМГ, 2011. 392 с.

50. Понкратов Д. П. Фактори, що впливають на формування пасажиропотоків у маршрутній системі міста. *Ергономічне і логістичне забезпечення транспортних систем*: монографія. Харків: Лідер, 2014. С. 100–110.

51. Понкратов Д. П. Методи моделювання процесу формування пасажиропотоків у маршрутній системі міста. *Ергономічні і логістичні аспекти в транспортних системах*: монографія. Харків: Лідер, 2015. С. 120–129.

52. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Модель вибору пасажирями шляху пересування. *Застосування моделей і методів ергономіки і логістики в транспортних системах*: монографія. Харків: Лідер, 2016. С. 208–219.

53. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Закономірності вибору пасажирями шляху пересування. *Фактор людини у розвитку транспортних систем*: монографія. Харків: Лідер, 2017. С. 142–147.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	24
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У МАРШРУТНІЙ СИСТЕМІ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ВИХОДЯЧИ З ПАРАМЕТРІВ ПАСАЖИРОПОТОКУ ТА ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЙОГО ФОРМУВАННЯ.....	34
1.1 Проблемні аспекти функціонування транспортних систем міст.....	34
1.2 Методи вибору технологічних параметрів перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту.....	37
1.3 Характеристика процесу формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту.....	55
1.3.1 Пасажиропотоки та їх параметри.....	57
1.3.2 Методи вивчення пасажиропотоків.....	59
1.3.3 Завдання визначення пасажиропотоків у комплексній системі транспортного моделювання .....	60
1.3.4 Класифікація методів моделювання пасажиропотоків.....	63
1.4 Моделювання транспортної поведінки пасажирів.....	67
1.4.1 Фактори вибору пасажирями шляху пересування.....	69
1.4.2 Моделі вибору пасажирями шляху пересування .....	82
1.5 Висновки до розділу.....	85
РОЗДІЛ 2 ВИБІР МЕТОДІВ ТА ФОРМУВАННЯ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	87
2.1 Розробка структурно-логічної схеми дослідження.....	87
2.2 Формування системи обмежень та припущень.....	93
2.3 Вибір методів дослідження.....	113
2.4 Порівняльний аналіз показників рівня заповнення міських пасажирських транспортних засобів.....	124
2.5 Формалізація взаємозв'язку між показниками рівня заповнення.....	133

	22
2.6 Оцінка питомої ваги кількості місць для проїзду пасажирів сидячи у номінальній пасажиромісткості транспортного засобу.....	139
2.7 Визначення діапазонів пасажиропотоку можливого застосування автобусів різного класу пасажиромісткості.....	142
2.8 Висновки до розділу.....	150
<b>РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА УМОВ СТАЛИХ ТА ЗМІННИХ ПАРАМЕТРІВ ПАСАЖИРОПОТОКУ.....</b>	<b>152</b>
3.1 Розробка методу організації міських пасажирських перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов сталих параметрів пасажиропотоку.....	152
3.1.1 Витрати пасажирів.....	154
3.1.2 Формалізація взаємозв'язку між параметрами перевізного процесу.....	165
3.1.3 Представлення цільової функції.....	172
3.1.4 Визначення оптимальних параметрів організації перевезень.....	173
3.2 Формування цільової функції за умов змінних параметрів пасажиропотоку.....	177
3.3 Розробка моделі вибору пасажирями шляху пересування.....	179
3.3.1 Формалізація критерію оцінки пасажирями альтернативних шляхів пересування.....	179
3.3.2 Структура альтернативних шляхів пересування.....	181
3.3.3 Формалізація складників витрат часу на пересування.....	184
3.3.4 Формалізація рівня транспортної стомлюваності пасажирів.....	185
3.4 Факторний аналіз узагальненої вартості пересування.....	190
3.5 Розробка моделі вибору пасажирями шляху пересування.....	197
3.6 Розроблення ітеративної процедури перерозподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування....	202
3.6.1 Розробка моделі формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту.....	210
3.7 Висновки до розділу.....	219

РОЗДІЛ 4 ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ПАСАЖИРОПОТОКУ НА ТЕХНОЛОГІЮ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У МАРШРУТНІЙ СИСТЕМІ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ.....	221
4.1 Закономірності впливу параметрів пасажиропотоку на технологію перевезень за умов сталих параметрів пасажиропотоку.....	221
4.1.1 Раціональні сфери використання автобусів різного класу пасажиромісткості.....	221
4.1.2 Зміна раціонального рівня заповнення салону транспортного засобу залежно від характеристик нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту.....	262
4.2 Визначення раціональних параметрів перевезень за змінних параметрів пасажиропотоку.....	270
4.3 Висновки до розділу.....	274
ВИСНОВКИ.....	277
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	281
ДОДАТКИ.....	315
Додаток А.....	315
Додаток Б.....	323
Додаток В.....	330
Додаток Г.....	334
Додаток Д.....	336
Додаток Е.....	338
Додаток Ж.....	344
Додаток К.....	349
Додаток Л.....	447

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Основним завданням міського пасажирського транспорту є своєчасне, повне й якісне задоволення потреб населення в пересуваннях. Під час розроблення заходів, спрямованих на удосконалення організації та планування пасажирських перевезень, першочергове значення має інформація про попит на транспортні послуги. Обґрунтованість вирішення всього комплексу завдань організації та планування міських пасажирських перевезень безпосередньо залежить від того, наскільки точно вдається спрогнозувати потреби населення у пересуваннях у часі та просторі.

Забезпечення високого рівня транспортного обслуговування населення як при удосконалюванні роботи діючої системи міського пасажирського транспорту, так і під час розроблення перспективних проектних рішень, можливе лише на базі глибокого і всебічного вивчення потреб мешканців міста в пересуваннях. На підставі цих даних можливо обрати найбільш доцільні методи задоволення попиту на транспортні послуги. Водночас варто враховувати, що введення різних змін у параметри маршрутної системи спричиняє перерозподіл пасажиропотоків. Отже, під час розроблення заходів, спрямованих на вдосконалення організації пасажирських перевезень, необхідно враховувати наявність зворотних зв'язків між параметрами перевізного процесу і попитом на них із боку пасажирів. Таким чином, проблема визначення причинно-наслідкових зв'язків між параметрами, що характеризують рівень транспортного обслуговування, та процесом формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту є актуальною та потребує вивчення.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалась згідно з «Транспортною стратегією України на період до 2020 року», схваленою Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 р. № 2174–р; «Програмою розвитку



міського електротранспорту м. Харкова на 2013-2020 роки», затвердженою рішенням 21 сесії Харківської міської ради 6 скликання від 19 грудня 2012 р. № 997/12; держбюджетної науково-дослідницької роботи кафедри транспортних систем і логістики Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова за комплексними темами: «Транспортні процеси в найзначніших містах» на 2017–2020 роки (державний реєстраційний номер 0117U000661); «Технологічні засоби ергономіки і логістики в транспортних системах» на 2013–2016 роки (державний реєстраційний номер 0113U001762); «Технологічне проектування, організація, логістична та ергономічна підтримка транспортних процесів міста» на 2008–2012 роки (державний реєстраційний номер 0109U003408).

**Мета і завдання дослідження.** *Метою дослідження є розроблення теоретичних основ формування пасажиропотоків та організації перевезень у маршрутній системі міського пасажирського транспорту.*

Для досягнення зазначеної мети було поставлено такі *завдання*:

- провести аналіз методів організації перевезень у маршрутній системі міського пасажирського транспорту виходячи з параметрів пасажиропотоку та закономірностей його формування;
- формалізувати взаємозв'язок між показниками рівня заповнення салону міських пасажирських транспортних засобів;
- обґрунтувати діапазони зміни пасажиропотоку можливого застосування автобусів різного класу пасажиромісткості;
- сформулювати метод організації міських пасажирських перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов сталих параметрів пасажиропотоку;
- сформулювати інтегральний критерій оцінки характеристик альтернативних шляхів пересування пасажирів у маршрутній системі міського пасажирського транспорту;

- розробити ітеративну процедуру перерозподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування;
- адаптувати модель змінювання імовірності відмови в посадці на маршрутах міського пасажирського транспорту для проведення мережного розрахунку пасажиропотоків;
- розробити модель формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту;
- сформувати метод організації міських пасажирських перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов змінних параметрів пасажиропотоку;
- встановити закономірності впливу параметрів пасажиропотоку на технологію перевезень у маршрутній системі міського пасажирського транспорту;
- запровадити отримані результати у практику організації перевезень у маршрутній системі міського пасажирського транспорту.

*Об'єктом дослідження є процес функціонування маршрутної системи міського пасажирського транспорту.*

*Предмет дослідження – закономірності впливу параметрів пасажиропотоку на технологію перевезень у маршрутній системі міського пасажирського транспорту.*

**Методи досліджень.** Для вирішення поставлених завдань було застосовано такі методи: загальнонаукові методи та методи системного аналізу при встановленні причинно-наслідкових зв'язків між параметрами пасажиропотоку на технологією перевезень у маршрутній системі міського пасажирського транспорту; математичного моделювання при розробці комплексу моделей формування пасажиропотоків у містах; регресійного та кореляційного аналізу при проведенні обробки дослідних та статистичних даних; методи натурних спостережень, зокрема табличний метод при обстеженні пасажиропотоків на маршрутах міського пасажирського транспорту; анкетний метод при опитуванні пасажирів щодо вибору шляху

пересування у системі міського пасажирського транспорту; метод математичної оптимізації при обґрунтуванні раціональних параметрів перевізного процесу на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов сталих та змінних параметрів пасажиропотоку; методи теорії ймовірності та математичної статистики при встановленні законів розподілу інтервалів руху та довжини маршрутів міського пасажирського транспорту.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у такому.

У дисертаційній роботі сформовано наукові положення, що у сукупності розвивають теоретичні основи організації перевезень пасажирів з урахуванням характеристик пасажиропотоку та закономірностей його формування.

Разом із тим *уперше* отримані такі наукові результати:

– сформовано метод організації перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов сталих параметрів пасажиропотоку, що передбачає мінімізацію загальних витрат перевізника і пасажирів з урахуванням транспортної стомлюваності пасажирів та характеристик просторової нерівномірності пасажиропотоків;

– розроблено модель формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту, що враховує перерозподіл пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування виходячи з імовірності відмови пасажирів у посадці на зупинних пунктах маршрутів та рівня транспортної стомлюваності пасажирів під час пересування певним шляхом;

– сформовано метод організації міських пасажирських перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов змінних параметрів пасажиропотоку, який передбачає застосування як критерію оптимізації прибутку перевізника за умов дотримання прийнятного рівня обслуговування пасажирів з урахуванням взаємозв'язку між параметрами перевезень на маршрутах та величиною попиту на їхнє використання;

– виявлено та формалізовано закономірності зміни раціональних сфер використання автобусів різного класу пасажиромісткості виходячи з потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні та протяжності маршруту;

– встановлено закономірності змінювання раціонального рівня заповнення салону транспортного засобу залежно від характеристик нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту.

*Отримали подальшого розвитку:*

– підхід до формалізації взаємозв'язку між показниками рівня заповнення салону міських пасажирських транспортних засобів, який, на відміну від існуючих, ґрунтується на показнику питомої ваги кількості місць для проїзду пасажирів сидячі у номінальній пасажиромісткості транспортних засобів;

– підхід до обґрунтування діапазонів зміни пасажиропотоку можливого застосування автобусів різного класу пасажиромісткості, який, на відміну від існуючих, враховує граничні обмеження на величину маршрутного інтервалу та можливість організації перевезень із різним рівнем заповнення салону транспортного засобу.

*Удосконалено* модель змінювання імовірності відмови пасажиром у посадці на зупинних пунктах маршрутів міського пасажирського транспорту, яка відрізняється від наявних тим, що враховує закономірності формування пасажиропотоків на мережі та розглядає інтенсивність підходу пасажирів як змінну величину, зумовлену параметрами шляху пересування.

**Практичне значення одержаних результатів** дисертаційної роботи полягає у такому:

– розроблена модель формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту дає змогу проводити порівняльний аналіз проєктних рішень з удосконалення розвинених маршрутних систем із високим рівнем попиту пасажирів;

– застосування сформованих методів організації перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов сталих та змінних параметрів пасажиропотоку дає змогу обирати таку пасажиромісткість та потрібну кількість транспортних засобів, що забезпечують прийнятні маршрутні інтервали та рівень заповнення салону транспортного засобу з урахуванням дотримання інтересів перевізника та пасажирів;

– установлені закономірності змінювання раціонального рівня заповнення транспортних засобів міського пасажирського транспорту та зміни раціональних сфер використання автобусів різного класу пасажиромісткості можуть бути використані під час розроблення технології перевезень у маршрутній системі міського пасажирського транспорту.

Основні результати дисертації було впроваджено у виробничій діяльності КП «Міськелектротранссервіс» та ТОВ «Експрес». Впровадження запропонованих заходів дало змогу скорегувати техніко-експлуатаційні показники використання транспортних засобів та дозволило підвищити ефективність роботи маршрутів завдяки забезпечення більшої привабливості транспортних послуг для пасажирів. Положення та результати дослідження також додано до навчальних і робочих програм дисциплін «Пасажирські перевезення», «Міський пасажирський транспорт», «Моделювання пасажирських транспортних систем» за спеціальністю 275 – «Транспортні технології» у Харківському національному університеті міського господарства імені О. М. Бекетова.

**Особистий внесок здобувача.** Основні теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи опубліковано у 53 наукових працях, з них: 4 монографії; 10 статей у виданнях іноземних держав та виданнях України, що включені до міжнародних наукометричних баз; 12 – у фахових виданнях, що входять до переліку, затвердженому Департаментом атестації кадрів МОН України; 20 праць апробаційного характеру; 7 праць, які додатково відображають наукові результати дисертації. Автору належать усі наукові результати, що виносяться на захист. Особисто автором опубліковано

20 праць. У працях, опублікованих у співавторстві, особистий внесок здобувача полягає у такому: розроблено модель вибору пасажирями шляху пересування у містах [1]; розроблено модель формування пасажиропотоків у маршрутній системі міста [2]; виявлено закономірності формування пасажиропотоків у маршрутній системі міста [3]; проведено аналіз методів моделювання транспортних процесів на маршрутах міського пасажирського транспорту [4]; проведено оцінку конкурентоздатності маршрутів міського пасажирського транспорту [5]; розроблено підхід щодо оцінки значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування у містах [6]; виявлено закономірності розподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування у містах [7]; проведено аналіз напрямків підвищення ефективності функціонування транспортних систем міст [8, 15, 27, 42]; сформовано цільову функцію вибору пасажиромісткості транспортних засобів [11, 43]; виявлено раціональні сфери використання автобусів різного класу пасажиромісткості [12]; проведено порівняльний аналіз показників рівня заповнення міських пасажирських транспортних засобів [13]; запропоновано методичний підхід щодо моделювання вибору пасажирями способу пересування [16, 28]; проведено оцінку вагомості факторів, що впливають на вибір пасажирями виду міського пасажирського транспорту [17]; виявлено фактори, що впливають на тривалість простою транспортних засобів на проміжних зупинках [18]; проаналізовано напрямки забезпечення безпеки руху на маршрутах міського пасажирського транспорту [19]; сформовано підхід щодо вибору пасажиромісткості маршрутних транспортних засобів [20]; адаптовано модель змінювання імовірності відмови пасажирів в посадці для проведення мережного розрахунку [21]; формалізовано залежність регулярності руху транспортних засобів від величини планового інтервалу руху на маршрутах міського пасажирського транспорту [22]; сформовано обмеження на параметри перевезень пасажирів міським пасажирським транспортом [23, 41]; виявлено закономірності змінювання раціонального

рівня заповнення салону міських пасажирських транспортних засобів [26]; запропоновано методику розподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними шляхами пересування [37]; проведено аналіз факторів вибору пасажиромісткості автобусів на міських маршрутах [45]; сформовано оптимізаційний підхід до удосконалення організації міських пасажирських перевезень [47]; запропоновано дискрептивний підхід щодо формування потокових процесів у транспортних системах [48]; виділено напрямки ергономічного забезпечення транспортних процесів [49]; проведено формалізацію поведінкових аспектів формування пасажиропотоків у містах [52, 53].

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідались, обговорювались та були схвалені на таких конференціях:

– 35-й, 36-й, 37-й науково-технічних конференціях викладачів, аспірантів і співробітників ХНАМГ «Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов» (м. Харків, 21–23 квітня 2010 р.; м. Харків, 24–26 квітня 2012 р.; м. Харків, 23–25 квітня 2014 р.);

– щорічній міжнародній науково-практичній конференції «Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов» (м. Мінськ, 27–29 жовтня 2010 р.);

– міжнародній науково-практичній конференції «Транспортные проблемы крупнейших городов» (м. Харків, 12–16 березня 2012 р.);

– II міжнародній науково-практичній конференції «Регіональний розвиток – основа розбудови української держави» (м. Донецьк, 9–10 квітня 2013 р.);

– VIII міжнародній науково-практичній конференції «Логистика – Евразийский мост» (м. Красноярськ, 16–18 травня 2013 р.);

– міжнародній науково-практичній конференції «Инновационное лидерство строительной и транспортной отрасли глазами молодых ученых» (м. Омськ, 3–6 лютого 2014 р.);

– II міжнародній науково-практичній конференції «Иновационные системы планирования и управления на транспорте и в машиностроении» (м. Санкт-Петербург, 16–17 квітня 2014 р.);

– міжнародній науково-технічній конференції «Нові технології, обладнання, матеріали в будівництві і на транспорті» (м. Харків, 26–28 листопада 2014 р.);

– міжнародній науково-практичній конференції «Міські і регіональні транспортні проблеми»(м. Харків, 17–19 листопада 2015 р.);

– міжнародній науково-практичній конференції «Інновації інфраструктури транспортно-логістичних систем. Проблеми, досвід, перспективи» (м. Трускавець, 11–17 квітня 2016 р.);

– VIII міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2016)» (м. Херсон, 24–26 травня 2016 р.);

– II, III Всеукраїнських науково-теоретичних конференціях «Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв’язання» (м. Львів, 16–18 березня 2017 р.; м. Львів, 28–30 березня 2019 р.);

– міжнародній науково-практичній конференції «Сталий розвиток міст (містобудівний аспект)» (Харків, 23–24 листопада 2017 р.); міжнародній науково-технічній конференції «Технології та інфраструктура транспорту» (м. Харків, 14–16 травня 2018 р.);

– міжнародній науково-практичній конференції «Перспективні напрями розвитку регіональних транспортних та логістичних систем» (м. Харків, 22–23 травня 2018 р.);

– VI міжнародній науково-технічній інтернет-конференції «Автомобіль і електроніка. Сучасні технології» (м. Харків, 19–20 листопада 2018 р.).

Результати спільних робіт було використано у дисертації: Фалецька Г. І. Вибір пасажирами шляху пересування у найзначніших містах: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01. Харків, 2012. – 190 с.



**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 303 найменувань та дев'яти додатків. Загальний обсяг дисертації – 452 сторінки, із них: 271 – сторінка основного тексту, 46 рисунків та 76 таблиць.

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У МАРШРУТНІЙ СИСТЕМІ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ВИХОДЯЧИ З ПАРАМЕТРІВ ПАСАЖИРОПОТОКУ ТА ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЙОГО ФОРМУВАННЯ

### 1.1 Проблемні аспекти функціонування транспортних систем міст

За сучасних умов розвитку автомобілізації у багатьох країнах світу все більш відчутними стають транспортні проблеми, проявам яких є [54 - 62]: виникнення заторів на вулично-дорожній мережі міст, що призводить до зростання часу руху як транспортних засобів індивідуального користування, так й наземного міського маршрутного транспорту; високий рівень аварійності, що вимагає впровадження комплексу заходів з підвищення безпеки дорожнього руху, транспортних і пішохідних потоків; значні економічні витрати, що пов'язані з необхідністю розвитку, реконструкції та утримання вулично-дорожньої мережі; погіршення екологічної ситуації внаслідок зростання парку транспортних засобів тощо.

Розвиток автомобілізації зазвичай супроводжується зростанням добробуту населення та стимулюється намаганням задовольняти зростаючі потреби в пересуваннях з мінімальною витратою часу та в комфортних умовах. При цьому прагнення окремих індивідуумів задовольнити власні потреби, в остаточному випадку, йде всупереч інтересам суспільства в цілому [54, 62].

Стримувати негативні наслідки автомобілізації певний час вдавалося шляхом розвитку вулично-дорожньої мережі та застосування засобів організації та регулювання дорожнього руху. Згодом, однак стало зрозумілим, що такий шлях є хибним, бо покращення умов руху робить більш ефективним використання індивідуального автомобіля як засобу

пересування, а отже спонукає подальший розвиток автомобілізації. Крім цього слід зазначити, що вирішення транспортних проблем міста шляхом розвитку їх вулично-дорожньої мережі, зазвичай, зіштовхується з низкою обмежень. Особливо це притаманне центральним частинам старих міст з історично сформованою забудовою, вулично-дорожня мережа яких розбудовувалася ще до винаходження автомобіля та не розрахована на сучасні обсяги руху. З позицій землекористування розвиток вулично-дорожньої мережі означає відчуження території міста для потреб транспорту, які можуть бути використанні з іншою метою [62 - 64].

Під час вирішення транспортних проблем у багатьох містах різних країн світу накопичено значний досвід щодо зменшення негативних наслідків автомобілізації на суспільство. Вони спрямовані на стримування рівня автомобілізації та частоти користування власними легковими автомобілями. Все більшого поширення зазнає такий методичний напрямок вирішення транспортних проблем міст як управління попитом на транспортні послуги, що має за мету «максимально підвищити ефективність системи міського транспорту шляхом зниження рівня використання приватного транспорту та популяризації ефективніших, сприятливих для здоров'я та довкілля видів транспорту, зокрема громадського та немоторизованого» [54].

Заходи щодо управління попитом на транспортні послуги поділяють на ті, що роблять використання приватного автомобіля менш привабливим та ті, що демонструють привабливість використання інших видів транспорту. Досягнення максимального позитивного ефекту можливе у випадку комплексного застосування методів обох цих груп [54, 58, 59, 61, 62, 65].

Слід зазначити різні стратегічні підходи до транспортного моделювання у різних країнах світу. У країнах західної Європи та США використовували концепцію орієнтовану на задоволення транспортних потреб мешканців з використанням приватного транспорту. У країнах пострадянського простору основний акцент було наголошено на задоволенні потреб в пересуваннях громадським транспортом [54].

Фахівці в сфері транспорту одноставні в думці, що пріоритетним напрямком у значних та найзначніших містах є збільшення питомої ваги громадського транспорту у засвоєнні загального обсягу пересувань, що досягається за рахунок обмеження користування індивідуального автомобільного транспорту та розвитку громадського транспорту з високим рівнем якості обслуговування [55, 66, 67, 68, 69].

На думку авторів праці [70], за умов розвитку автомобілізації, для того щоб при виконанні трудових пересувань мешканці міст користувались громадським транспортом, останній має забезпечувати швидкість сполучення та комфорт, які б могли конкурувати з цими ж показниками легкових автомобілів. Виходячи з цього, автори зазначають, що основним способом забезпечення високої швидкості сполучення пересувань є створення розвиненої мережі швидкісного громадського транспорту (метрополітену, у тому числі й відкритого типу; міських залізничних доріг; швидкісного трамваю тощо). Разом з цим, для того щоб зробити швидкісний транспорт привабливим для пасажирів, слід створити високий рівень зручності користування, зокрема надати кожному пасажирові місце для сидіння під час здійснення поїздок.

Одним з сучасних напрямків рішення транспортних проблем міст є розвиток їхніх транспортних систем, орієнтований на користування громадським транспортом (*transit oriented development*) [71 - 73]. Сутність цього напрямку полягає у проведенні транспортної політики, що полягає у застосуванні комплексу заходів, які заохочують мешканців міст користуватись громадським транспортом.

На користь користування громадськими видами транспорту свідчить їх більші провізні здатності, порівняно низька собівартість перевезень та вартість поїздки пасажирів [55, 57, 62, 69, 74].

Одним з показників, що свідчить про переваги користування громадським транспортом, порівняно з приватними автомобілями, є середня площа вулиці, що припадає в розрахунку на одного пасажирів при здійсненні

поїздки у транспортному засобі. За даними праці [69] за швидкості руху 30 км/год та ширині проїзної частини 3,5 м, цей показник орієнтовно становить для тролейбусу 2,8 м<sup>2</sup>, трамваю – 3,0 м<sup>2</sup>, автобусу середньої місткості – 3,6 м<sup>2</sup>, легкового автомобіля – 40 м<sup>2</sup>. Виходячи з означеного підходу, використання транспортних засобів великої місткості можна розглядати як засіб підвищення пропускної здатності вулиць.

Забезпечення економії часу пасажирів та надання транспортних послуг з належним рівнем якості, збільшує привабливість громадського транспорту знижує інтенсивність використання власних легкових автомобілів, мотоциклів для короткочасних поїздок в межах міста, тим самим зменшуючи надмірне завантаження міських вулиць, особливо у години пік [54, 55, 69].

## **1.2 Методи вибору технологічних параметрів перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту**

Перевезення пасажирів можуть бути здійснені транспортними засобами різної пасажиромісткості, що відрізняються динамічними характеристиками, паливною економічністю тощо [55, 66, 75, 76].

Для отримання максимальних показників використання транспортних засобів та якості пасажирських перевезень підприємства міського пасажирського транспорту мають бути забезпечені транспортними засобами різної пасажиромісткості та розподіляти їх між маршрутами відповідно до потужності пасажиропотоку [55, 75 - 77].

При використанні транспортних засобів однакової пасажиромісткості на маршрутах з різним пасажиропотоком у гірших умовах будуть знаходитись ті маршрути, які мають менші пасажиропотоки, оскільки інтервал руху на них буде більшим, а використання місткості меншим, ніж на більш пасажиронапружених маршрутах [55].

В структурі завдань з організації перевезень пасажирів важливим є вибір транспортних засобів (певної пасажиромісткості) та їхньої кількості

для роботи на маршрутах [66, 75 - 79]. Завдання вибору марки транспортного засобу зазвичай вирішують шляхом обґрунтування раціональної пасажиромісткості транспортного засобу виходячи із величини пасажиропотоків.

Основними завданнями організації перевезень на міських маршрутах є вибір марки транспортних засобів для здійснення перевезень та встановлення їхньої потрібної кількості.

При різких коливаннях пасажиропотоку раціонально використовувати автобуси різної місткості. Використання автобусів малої місткості при великій потужності пасажиропотоків збільшує необхідну кількість автобусів, підвищує завантаженість вулиць та собівартість перевезень [80].

Як зазначають автори праці [81] задачу оптимізації перевізного процесу слід вирішувати виходячи з:

- мінімізації витрат часу пасажирів на здійснення пересувань;
- максимізації прибутку транспортних підприємств;
- максимізації соціальних вигод або мінімізації соціальних витрат.

При цьому, витрати та доходи перевізника можуть бути розглянуті як обмеження. В іншому випадку оптимізаційну задачу слід розглядати як багатокритеріальну. За таких умов можуть бути отримані різні вирішення, що забезпечують різний рівень витрат часу пасажирів та витрат перевізника. Найкраще співвідношення цих витрат може бути обрано транспортним проєктувальником. При цьому вагомість складників може бути задана відповідними ваговими коефіцієнтами [81].

Основним завданням організації перевезень є визначення пасажиромісткості транспортного засобу. Залежно від того якої пасажиромісткості транспортні засоби працюють на маршруті залежать інші параметри перевізного процесу, такі як їх потрібна кількість, інтервали, частота руху тощо [55, 77, 82, 83].

Вимірювачами пасажиромісткості транспортного засобу є [69]: площа підлоги, що припадає на одно місце для проїзду пасажирів сидячі; площа

підлоги, що припадає на одно місце для проїзду пасажирів стоячі; частка місць для сидіння у загальній місткості транспортного засобу.

При вирішенні завдання вибору пасажиромісткості транспортних засобів для здійснення перевезень застосовують метод математичної оптимізації. Як критерій оптимізації використовують загальні витрати перевізника та пасажирів [84].

На підставі аналізу наявних моделей вибору пасажиромісткості транспортних засобів, автор праці [85] наводить такі особливості їхнього застосування та загальні закономірності:

1. Зі зростанням вартісної оцінки транспортного часу пасажирів спостерігається зменшення оптимальної пасажиромісткості транспортного засобу. У деяких моделях цей зв'язок виражається зворотно пропорційною залежністю кореню квадратному вартості транспортного часу.

2. Немає погодженості серед моделей щодо питання впливу складників пересування на оптимальну пасажиромісткість транспортного засобу. Деякі моделі містять, як змінні окремі складники часу пересування. Проте не має моделей, що містили б усі з них.

3. Зазвичай, моделі зміни витрат перевізника описуються функцією  $C = a + b \cdot Z$  ( $Z$  - пасажиромісткість транспортного засобу;  $a$ ,  $b$  - коефіцієнти витрат); у більшості моделей параметр  $a$  виявляється впливовим фактором вибору оптимальної пасажиромісткості, а параметр  $b$ , як впливовий фактор розглядається лише у декількох моделях.

4. Залежність оптимальної пасажиромісткості від довжини маршруту або часу оберту показує, що чим більша протяжність маршруту, тим більшою є оптимальна пасажиромісткість транспортних засобів.

5. У різних моделях виходять з протилежних точок зору щодо взаємозв'язку між величиною попиту та пасажиромісткістю транспортних засобів. В одних моделях зростання величини потоку пасажирів позначається на збільшенні пасажиромісткості транспортні засобів. В інших моделях обґрунтовується використання транспортних засобів меншої місткості.

6. Практичне застосування моделей вибору пасажиромісткості потребують додаткових налаштувань та калібрування їхніх параметрів виходячи з чинних умов. До таких параметрів може бути віднесена функція експлуатаційних витрат перевізника, вартісна оцінка витрат часу пасажирів тощо. Разом з цим, переважна кількість моделей як змінні містять параметри, що підлягають безпосередній фіксації та є доступними для транспортних підприємств. Натомість, деякі моделі є більш трудомісткими з позиції формування вхідних даних та потребують більш деталізованої інформації, що може бути отримана шляхом проведення додаткових обстежень.

На маршруті міського пасажирського транспорту має бути забезпечено потрібну кількість транспортних засобів для виконання перевезень з наповненням не більше 8 пас./м<sup>2</sup> у годину пік й дотримання гранично допустимого інтервалу (зазвичай не більше 20 хв.) [66].

Кількість транспортних засобів визначають виходячи із величини пасажиропотоку на найбільш пасажиронапруженому перегоні маршруту. При цьому застосовують формулу такого виду [68, 77]:

$$A = \frac{F_{\max} \cdot t_{об}}{q_n \cdot \gamma_c}, \quad (1.1)$$

де  $F_{\max}$  - величина пасажиропотоку на найбільш пасажиронапруженому перегоні маршруту, пас./год;

$t_{об}$  - час оборту транспортного засобу, год.;

$q_n$  - номінальна пасажиромісткість транспортного засобу, пас.;

$\gamma_c$  - коефіцієнт використання пасажиромісткості на найбільш пасажиронапруженому перегоні маршруту.

При виборі частоти руху транспортних засобів (частоти обслуговування) виходять зі ступнею заповнення салону транспортного засобу на найбільш завантаженому перегоні маршруту (*Peak-Load Factor*) [86].



Використовують різні підходи щодо визначення цього показника. У вітчизняній практиці прийнято його визначати як відношення кількості пасажирів, що знаходяться у салоні транспортного засобу, до його номінальної пасажиромісткості [68, 77]. У закордонних дослідженнях замість номінальної місткості також використовують кількість місць для сидіння [86, 87, 88, 89]. У першому випадку коефіцієнт використання пасажиромісткості має діапазон зміни від 0 до 1 та може перевищувати одиницю у випадку якщо спостерігається значне переповнення транспортного засобу. Згідно другого підходу значення, що дорівнює одиниці, відповідає повній зайнятості місць призначених для проїзду пасажирів сидячі, а значення більші за це значення вказують на те, що певна частка пасажирів здійснюють поїздку сидячі.

Натомість, до недоліків зазначеного підходу слід віднести, що значення  $F_{\max}$ , отримане за результатами натурних обстежень, відповідає тим технічним та технологічним параметрам перевізного процесу за яких воно було отримане. Зміна кількості транспортних засобів позначається на маршрутному інтервалі та може призводити до перерозподілу пасажиропотоків між маршрутами [77].

Завдання різних значень  $\gamma_c$  у формулі (1.1) дає змогу корегувати ступінь заповнення салону транспортного засобу для забезпечення певних умов пересування пасажирів. Найчастіше значення  $q_n$  приймають виходячи із повної зайнятості місць для сидіння та у розрахунку 8 пас./м<sup>2</sup> вільної площі підлоги транспортного засобу, а значення  $\gamma_c$  такому, що дорівнює 1,0. Таким чином, визначення кількості транспортних засобів виходячи з залежності (1.1) дає змогу встановити таку кількість транспортних засобів, що забезпечить засвоєння заданого пасажиропотоку без відмов пасажирам в посадці та задовільним рівнем комфортабельності.

Потрібна кількість транспортних засобів для здійснення перевезень визначається прийнятим обмеженням щодо рівня заповнення салону транспортного засобу [90 - 93].

За даними праці [75] кількість та пасажиромісткість транспортного засобу є величинами, що обумовлюють один одне. Автори наголошують на тому, що вибір пасажиромісткості та кількості транспортних засобів слід виконувати сумісно та це завдання слід розглядати як оптимізаційне, виходячи з інтересів пасажирів та перевізника.

Автори праці [94] зазначають, що зміна частоти руху транспортних засобів позначається на перерозподілі кореспонденцій між способами пересувань (користування громадським транспортом, індивідуальним автомобілем, здійснення пересування пішки). У загальній проблемі проектування системи маршрутного пасажирського транспорту важливе значення має завдання обґрунтування частоти руху маршрутних транспортних засобів.

Вирішенню завдання вибору раціональних параметрів перевізного процесу на маршрутах пасажирського транспорту присвячено значну кількість праць серед яких [78, 84, 86, 92, 94 - 127]. При вирішенні цього завдання дослідники виходять з різних припущень. Найбільш поширеним є припущення про сталий попит на перевезення, що не залежить від характеристик транспортного обслуговування. Зазвичай завдання розглядають як оптимізаційне та виходять із урахування інтересів перевізника та пасажирів. У праці [97] пропонується додатково враховувати екологічні наслідки транспортного процесу.

Проте, при розгляді заходів, що мають за мету вплинути на перерозподіл кореспонденцій з приватного на громадський транспорт слід застосовувати інший методологічний підхід. При цьому попит на транспортні послуги розглядають як еластичний й зрушення в умовах транспортного обслуговування спричиняють перерозподіл кореспонденцій на користь використання того чи іншого способу пересування [127].

Рівень заповнення транспортних засобів на міських маршрутах є одним з основних показників, що визначає якість транспортного обслуговування [87, 88, 89, 128 - 164]. Надмірне заповнення (переповнення автобусів)

спричиняє дискомфортні умови здійснення поїздки та є причиною розвитку транспортної стомлюваності пасажирів [77, 79, 165]. Зважаючи на це, рівень заповнення є нормованою величиною.

Вибір коефіцієнту використання пасажиромісткості на найбільш завантаженому перегоні маршруту дають можливість проєктувальнику корегувати потрібну кількість транспортних засобів для роботи на маршруті [90].

За даними [86] нижня межа частоти руху може бути визначена виходячи з максимально допустимого заповнення салону транспортного засобу на найбільш пасажиронапруженому перегоні маршруту. Проте такий підхід є прийнятним у випадку застосування транспортних засобів певної пасажиромісткості. При вирішенні завдань вибору пасажиромісткості транспортних засобів гранична величина частоти руху буде залежати від пасажиромісткості транспортних засобів, що застосовуються.

Найбільш комфортними умовами поїздки є такі, коли пасажир має можливість її здійснення сидячи. Прийнятними умовами можна вважати такі, коли транспортний засіб не є переповненим та поїздка не є занадто тривалою. Дискомфортні умови спостерігаються при переповненні салону транспортного засобу [166].

Оцінку рівня заповнення автобусів виконують за декількома показниками. Перш за все, це коефіцієнт використання пасажиромісткості (коефіцієнт заповнення). Виділяють такі його різновиди [77]: статичний та динамічний. Обидва ці показники знайшли широке використання у проєктних розрахунках з планування та організації перевезень, наприклад, при визначенні потрібної кількості транспортних засобів для роботи на міських маршрутах.

У закордонних дослідженнях при розрахунку коефіцієнта заповнення (*load factor*) в якості бази для порівняння використовують кількість місць для проїзду пасажирів сидячі [163]. Для якісної оцінки ступеню заповнення

салону транспортного засобу використовують поняття рівня обслуговування (*level of service*) (див. табл. 2.1) [163, 164].

Рівень обслуговування розглядається як якісна характеристика, що використовується для оцінки якості обслуговування пасажирів громадським транспортом. Цей показник було розроблено у 1965 році для оцінки якісного стану транспортного потоку. На теперішній час у США та Германії цей показник використовують у нормативній документації для оцінки якості обслуговування пасажирів громадським транспортом [164]. Рівень обслуговування є комплексним показником, що визначається низкою одиничних показників, таких як [164]: доступність (*availability*); зручність підходу (*accessibility*), інформаційне забезпечення (*information*), часові характеристики (*time*); турбота про клієнтів (*customer care*); комфортабельність (*comfort*), безпека (*security*), вплив на оточуюче середовище (*environmental impact*).

Показник щільності заповнення (*passenger density*) є більш об'єктивним показником, що характеризує умови здійснення поїздки пасажирів [141].

Як недолік застосування коефіцієнтів заповнення зазначають, що при порівнянні двох марок транспортних засобів, навіть однакової місткості, значення коефіцієнту заповнення може значно відрізнятись через різне планування салону пасажирського транспортного засобу [163].

Іншим показником, що застосовують при проведенні оцінки рівня заповнення, є кількість пасажирів, що припадає на 1 м<sup>2</sup> підлоги салону транспортного засобу, яка призначена для проїзду пасажирів стоячи [77]. У закордонних дослідженнях використовують термін «щільність пасажирів» (*passenger density*), що має тотожний зміст [130].

Оцінка рівня обслуговування залежно від ступеня заповнення пасажирського транспортного засобу наведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Оцінка рівня обслуговування залежно від ступеня заповнення пасажирського транспортного засобу [163, 164]

Рівень обслуговування	Показник ступеню заповнення ( <i>load factor</i> )	Площа салону транспортного засобу, що припадає на одного пасажиря, який здійснює поїздку стоячи, м <sup>2</sup> /пас.	Характеристика
A	0,0 – 0,50	>1,0**	Пасажири не мають необхідності сидіти поруч
B	0,51 – 0,75	0,76 – 1,0**	Пасажири мають можливість обирати, де сидіти
C	0,76 – 1,0	0,51 – 0,75**	Всі пасажири мають можливість здійснювати поїздку сидячи
D	1,01 – 1,25*	0,36 – 0,50	Комфортабельне заповнення для здійснення поїздки стоячи
E	1,26 – 1,50*	0,20 – 0,35	Максимальне заповнення транспортного засобу
F	>1,50*	<0,20	Переповнення транспортного засобу

\* - приблизні значення для порівняння, для транспортних засобів зпроектованих з більшою кількістю місць для сидіння;

\*\* - використовується для транспортних засобів, що мають більшу кількість місць для проїзду стоячи.

Цей показник є нормованим, проте, у різних країнах світу використовують різні норми заповнення. За даними праці [163] граничною відміткою, яка визначає неприйнятний рівень заповнення має різне значення для різних країн та регіонів. Так, у країнах Європейського союзу та в Австралії прийнята норма 4 пас./ м<sup>2</sup>; США – 5 пас./ м<sup>2</sup>; Китай (автобусні перевезення) – 8 пас./ м<sup>2</sup>.

Комфортність поїздки залежно від площі підлоги салону транспортного засобу, що припадає на одного пасажера, який здійснює поїздки стоячи (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Комфортність поїздки залежно від площі підлоги салону транспортного засобу, що припадає на одного пасажера, який здійснює поїздки стоячи [167]

Щільність пасажирів, пас./м <sup>2</sup>	Площа салону транспортного засобу, що припадає на одного пасажера, який здійснює проїзд стоячи		Умови проїзду пасажирів стоячи
	м <sup>2</sup> /пас.	ft <sup>2</sup> /пас.	
<1	>1	>10,8	Пасажири стоять незалежно один від одного, можливість вільного переміщення в салоні
2 – 3	0,50 – 0,33	5,4 – 3,6	Тіла певних пасажирів торкаються, переміщення турбує інших пасажирів
4	0,25	2,7	Інтенсивний контакт пасажирів, переміщення утруднено
5	0,20	2,2	Давка, переміщення значно утруднено
6,7	0,15	1,6	Граничне заповнення, переміщення значно утруднено, можливі сварки між пасажирами

Певним значенням цього показника відповідають якісні характеристики умов здійснення пасажиром поїздки (див. табл. 1.1).

Фактичне заповнення транспортних засобів у години максимальних навантажень може перевищувати 8 пас./м<sup>2</sup> та сягати 10 пас./м<sup>2</sup> [55, 69]. За даними праці [68], фізичною межею вважається рівень заповнення, що складає близько 12 пас./м<sup>2</sup>. Починаючи із заповнення транспортного засобу, що дорівнює 8 пас./м<sup>2</sup> (гранично допустимий експлуатаційний норматив), спостерігається блокування можливості переміщення пасажирів по салону. Комфортний проїзд пасажирів забезпечується при рівні заповнення 3 пас./м<sup>2</sup> та менше.

Згідно з даними праці [55], як нормальне вважається заповнення транспортних засобів, коли зайняті усі місця для проїзду сидячи та площа підлоги салону для проїзду стоячи заповнена із розрахунку 5 пас./м<sup>2</sup>; максимальним, допустимим у години «пік», вважається ступінь заповнення із розрахунку 8 пас./м<sup>2</sup>.

Також оперують й зворотною величиною щільності заповнення, яка характеризує питому площу підлоги салону транспортного засобу, яка припадає на одного пасажирів, який здійснює проїзд стоячі [77]. Наприклад, щільності заповнення 5 пас./м<sup>2</sup> відповідає питома площа підлоги 0,2 м<sup>2</sup>/пас.

Найбільше розповсюдження у науковій та навчальній літературі [69] отримала норма рівня заповнення 5 пас./м<sup>2</sup>. У Стандарті Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України СОУ 60.2-3363588-0002:2006 «Послуги міського електричного транспорту. Показники якості» як один з рекомендованих показників якості послуг виділяють наповненість салону транспортного засобу, що не має перевищувати 4 пас./м<sup>2</sup>. Але, як показує досвід користування громадським транспортом, такі норми заповнення зазвичай не дотримуються, особливо у періоди напруженого пасажиропотоку.

Згідно з ДБН 360-92\*\* «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень» при вирішенні завдання проєктування системи

пасажирського транспорту провізну здатність різних видів транспорту, параметри обладнань і споруд пропонується визначати виходячи з норми наповнення рухомого складу на розрахунковий термін – 4 пас./м<sup>2</sup> вільної площі підлоги пасажирського салону для звичайних видів наземного транспорту і 3 пас./м<sup>2</sup> – для швидкісного транспорту.

З позиції організації перевезень рівень заповнення є керованим параметром, що визначається відповідністю пасажиромісткості транспортних засобів та їх кількості до величини пасажиропотоку на маршруті. Згідно до [168] для підвищення ефективності роботи автобусів на автобусному маршруті загального користування відповідний організатор пасажирських перевезень повинен здійснити такі коригувальні дії залежно від наповнюваності місткості автобусів:

- 1) більше ніж 100 % – збільшити або зменшити кількість рухомого складу шляхом заміни його типу або марок на рухомий склад більшої пасажиромісткості;
- 2) від 100 % до 80 % – збільшити кількість рухомого складу;
- 3) менше ніж 80 % – внесення змін до роботи діючого автобусного маршруту недоцільне;
- 4) 50 % – зменшити кількість рухомого складу;
- 5) менше ніж 50 % – розглянути питання щодо доцільності закриття автобусного маршруту загального користування, якщо він дублюється іншими автобусними маршрутами, або, у разі неможливості його закриття, – щодо збитковості такого маршруту та заходів для покриття витрат на його обслуговування.

Корегування кількості та місткості транспортних засобів позначається й на інтервалах руху, та, як наслідок, на часі очікування пасажирів на зупинках [75, 68, 76, 77]. Проте, надання більш комфортних послуг для пасажирів тягне за собою зростання експлуатаційних витрат.

Також існують рекомендації, згідно яких пропонується виходити з різного рівня заповнення при організації перевезень на маршруті у період пік



(5 пас./м<sup>2</sup>) та міжпіковий період (3 пас./м<sup>2</sup>) [194]. Однак, слід зазначити, що така пропозиція продиктована, перш за все, намаганням дотримання прийнятних інтервалів руху у періоди спаду пасажиропотоку.

Також, у праці [85] зазначені вимоги щодо рівня заповнення салону транспортного засобу, за якими у години «пік» на найбільш завантаженому перегоні маршруту ступінь заповнення не має перевищувати 125 – 150 % від кількості місць для проїзду пасажирів сидячи та 100 % у міжпікові періоди. Більше заповнення (150 – 175 %) допускається за малої відстані поїздки пасажирів.

Таким чином, можна дійти висновку, що існуючі методи та рекомендації щодо нормування рівня заповнення салону транспортного засобу не достатньо повно враховують відмінності маршрутів міського пасажирського транспорту, зокрема за низкою експлуатаційних показників та параметрів пасажиропотоку. Натомість, як з наукової, так і практичної точок зору, більш доцільним є застосування диференційованого підходу, що дасть змогу індивідуально підійти до вирішення завдання вибору параметрів організації перевізного процесу на кожному маршруті окремо виходячи з наявних особливостей його функціонування.

Поряд з тим, що негативний вплив надмірного заповнення на якість транспортного обслуговування є цілком зрозумілим та не викликає сумнівів, наукові підходи та методи визначення раціональних рівнів заповнення автобусів на міських маршрутах є недостатньо обґрунтованими та потребують подальших досліджень.

У практиці знайшли застосування різні методи щодо вирішення цього завдання.

Частота руху характеризує кількість транспортних засобів, що проходять через певний пункт маршруту за одну годину. Вона є величиною зворотною до інтервалу руху. Виконання запланованих інтервалів та частоти руху транспортних засобів є важливою умовою забезпечення якості обслуговування пасажирів на маршруті [69].

Вважається, що величина пасажиропотоку є основним параметром, що зумовлює вибір пасажиромісткості транспортного засобу [68, 69]. Виходячи з різних позицій було розроблено низку рекомендацій з вибору транспортних засобів виходячи з величини пасажиропотоку.

Практично, питання вибору транспортних засобів може розглядатися у таких випадках: відкриття нових маршрутів; корегування параметрів перевезень на діючих маршрутах. Зазвичай корегування може бути здійснене шляхом зміни кількості транспортних засобів залежно від параметрів пасажиропотоків. Також переглядають можливість зміни транспортних засобів при вичерпанні їх ресурсу.

У праці [169] виділяють п'ять груп факторів, що мають бути враховані при вирішенні цього завдання: економічні, соціальні, технічні, експлуатаційні та нормативні.

Для перевезення пасажирів можуть бути використані автобуси різних моделей і місткості. Однак ефективність використання їх далеко не однакова, якщо номінальна місткість не буде відповідати фактичній потужності пасажиропотоків на маршруті. Використання автобусів малої місткості при великій потужності пасажиропотоків збільшує необхідну кількість транспортних засобів, підвищує завантаження вулиць і потребу у водіях.

Застосування ж автобусів великої місткості на напрямках з пасажиропотоками малої потужності призводить до значних інтервалів руху автобусів і до зайвих витрат часу пасажирів на очікування [83].

Використання автобусів малої місткості за значної величини пасажиропотоку потребує занадто великої кількості транспортних засобів, що впливає на завантаженість вулично-дорожньої мережі, та пов'язано з більшою собівартістю перевезень. Разом з цим, необґрунтоване застосування транспортних засобів великої та особливо великої місткості пов'язано із великими інтервалами руху транспортних засобів, що не задовольняє прийнятному рівню якості обслуговування пасажирів [169].

Також вирішується завдання розподілу наявного парку транспортних засобів між маршрутами міського пасажирського транспорту.

Більш прийнятним є вибір пасажиромісткості транспортного засобу, виходячи з індивідуальних характеристик маршруту [75].

Зі зменшенням інтервалу руху скорочується час, що витрачається пасажирями на очікування транспортного засобу. Проте водночас зменшується й ступінь заповнення транспортного засобу [69].

З точки зору транспортного підприємства використання транспортних засобів меншої пасажиромісткості позначається на зростанні собівартості перевезень та вимагає збільшення штату водіїв. За таких умов транспортні підприємства зацікавлені у використанні транспортних засобів більш високої місткості [55].

У праці [68] наведено рекомендації щодо вибору виду транспорту та класу пасажиромісткості транспортного засобу залежно від величини пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту у ранкову годину «пік» (табл. 1.3). Автор зазначає, що представлені рекомендації слід розглядати як орієнтовні.

Таблиця 1.3 - Пасажиромісткість транспортних засобів (клас місткості)

$F_{max}$ , пас/год	До 1000	1000-1800	1800-2600	2600-3200	Понад 3200
Автобус	Малий або середній	Середній чи великий	Великий (80-95 місць)	Великий (95 – 115 місць)	Особливо великий
Тролейбус	-	Середній	Великий	Великий або особливо великий	Особливо великий
Трамвай	-	Одиночні вагони	Одиночні вагони	Одиночні вагони або вагони у зчепленні	Вагони у зчепленні

У праці [69] наведено орієнтовні значення інтервалу руху автобусів залежно від розміру пасажиропотоку (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 - Орієнтовні значення інтервалу руху автобусів залежно від розміру пасажиропотоку

Розмір пасажиропотоку, пас./год	до 750	750 - 1500	1500 – 2250	2250 – 3000	3000 – 3750	3750 – 4500	більше 4500
Інтервал руху автобусів на маршруті, хв.	8,0	4,0	2,7	2,0	1,6	1,3	1,0

У праці [170] при побудові моделі вибору автобусу оптимальної пасажиромісткості слід виходили з таких припущень:

- експлуатаційні витрати у розрахунку на 1 км пробігу транспортного засобу зростають лінійно зі збільшенням пасажиромісткості транспортного засобу;

- попит на перевезення залежить від величини середніх узагальнених витрат на пересування та цей зв'язок виражається постійною еластичністю;

- існують фінансові обмеження, згідно яких доходи від перевезень та розмір субсидії мають покривати експлуатаційні витрати перевізника;

- час здійснення поїздки зростає зі ступенем заповнення салону транспортного засобу, що зумовлено відповідним збільшенням часу простою транспортних засобів на зупинних пунктах під час здійснення пасажирообміну;

- має враховуватись додатковий зовнішній ефект, що може бути виражений через кількість пасажирів додатково залучених до користування послугами громадського транспорту та впливом руху автобусів на інтенсивність транспортного потоку, що зростає пропорційно кількості виконаних автомобіле-кілометрів на маршруті.

Попит на користуванням послугам маршруту вважається еластичним до середніх узагальнених витрат з постійним значенням коефіцієнту еластичності  $g$ , що виражається залежністю такого вигляду [170]:

$$P = P_0 \left( \frac{G}{G_0} \right)^{-g}, \quad (1.2)$$

де  $P$  - обсяг перевезень на маршруті за величини середніх узагальнених витрат пасажирів  $G$ , пас.;

$P_0$  - обсяг перевезень на маршруті за величини середніх узагальнених витрат пасажирів  $G_0$ , пас.;

$g$  - коефіцієнт еластичності.

Проте врахування зміни обсягу перевезень через показники еластичності не дозволяє розглянути перерозподіл кореспонденцій між способами пересування та виходить з намагання постановки та вирішення завдання аналітичними методами. Окрім цього, значення коефіцієнту еластичності значною мірою зумовлено великою кількістю факторів, що характеризують місцеві умови здійснення перевезень, тобто для певного об'єкту проектування має виконуватись процедура його балансування. Разом з цим, визначення коефіцієнту еластичності натурними методами пов'язано зі значними труднощами, що зумовлено значною обмеженістю можливістю завдання різних параметрів перевізного процесу на діючих маршрутах міського пасажирського транспорту.

Оптимальну місткість транспортного засобу автори праці [131] пропонують визначати виходячи із залежності:

$$N_{opt} = \frac{1}{b} \left( \frac{C}{P \cdot W} - 1 \right). \quad (1.3)$$

де  $W$  - середня вартісна оцінка витрат часу очкування, год.;

$P$  - обсяг перевезень на маршруті, пас.;

$b$  - коефіцієнт, що характеризує зростання експлуатаційних витрат при збільшенні пасажиромісткості автобусу.

Експлуатаційні витрати перевізника автори праці [131] визначають виходячи із залежності:

$$C = C_0(1 + b \cdot N) \cdot K, \quad (1.4)$$

де  $C_0$ ,  $b$  - коефіцієнти, що характеризують збільшення величини експлуатаційних витрат в розрахунку на 1 авт.-км пробігу зі зростанням пасажиромісткості транспортного засобу;

$N$  - пасажиромісткість транспортного засобу, од.;

$K$  - кількість виконаних автомобіле-кілометрів, авт.км.

У праці [98] наведено таку величину витрат, що залежать від пасажиромісткості автобусу (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Рівень витрат, що залежать від пасажиромісткості автобусу [62]

Розмір автобусу (пасажиромісткість автобусу), пас.	Змінні витрати, що пов'язані з пробігом автобусів типу $a$ ( $CK_a$ ), €/км	Постійні витрати у розрахунку на годину роботи автобусу типу $a$ ( $CF_a$ ), €/авт./год
30	0,30	14
60	0,50	23
90	0,70	32
120	0,80	35
150	0,85	37
180	0,90	41

У праці [171] розглядають питання вибору місткості автобусів. При цьому розглядають три можливі сценарії: використання автобусів малої (19 місць для сидіння) чи великої місткості (29 місць для сидіння) та сумісне використання обох типів автобусів. Увагу акцентують на тому, що спостерігаються випадкові коливання попиту на протягом часу роботи маршруту.

У праці [170] визначено, що загальні витрати на експлуатацію автобусів у розрахунку на годину роботи та кілометр пробігу транспортного засобу зростають за лінійною залежністю зі зростанням пасажиромісткості транспортного засобу.

Аналогічний висновок роблять у праці [172].

Проведений аналіз засвідчив, що основним фактором, що визначає технологічні параметри перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту є пасажиропотік [55, 173 - 175, 176, 177, 120, 178, 179, 65, 180, - 182].

Особливості його формування у маршрутній системі міського пасажирського транспорту мають бути враховані під час вибору заходів щодо організації перевезень пасажирів.

### **1.3 Характеристика процесу формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту**

Попит мешканців міста на транспортні послуги є вихідною характеристикою при розробці проектних рішень в сфері організації транспортних процесів міста. Цей попит характеризується потребою мешканців міста здійснювати пересування, що розосереджені, як у просторі, так і в часі, та можуть відрізнятися за метою їх здійснення (трудові, культурно-побутові). Просторова розосередженість пересувань визначається взаємним розміщенням пунктів відправлення та призначення у плані міста [55].

Для оцінки попиту мешканців використовують такі показники як: рухомість населення, коефіцієнти користування транспортом, маршрутним пасажирським транспортом тощо [55, 76, 77]. Проте фактичним проявом потреб населення у перевезеннях є відомості про параметри пасажиропотоків [169].

Пасажиропотоки є основним фактором, що визначає вимоги щодо роботи міського маршрутного пасажирського транспорту. Від потужності пасажиропотоків залежить вибір раціонального виду міського пасажирського транспорту. Вони визначають вибір транспортних засобів виходячи з їх пасажиромісткості та швидкісних характеристик, інтервалів руху тощо [70].

Вивчення пасажиропотоків є підґрунтям для удосконалення маршрутної системи та параметрів роботи окремих маршрутів [68, 70]. Лише на підставі вивчення пасажиропотоків можливе не тільки раціональне удосконалення транспортного обслуговування міського населення, але й покращення показників використання транспортних засобів та економічних показників роботи підприємств міського пасажирського транспорту [70].

Слід враховувати, що взаємозв'язок «пасажиропотоки – маршрутна система» є двостороннім. З одного боку, пасажиропотоки є вихідною інформацією під час проектування маршрутної системи, з іншого – маршрутна система впливає на параметри пасажиропотоків та процес їхнього формування [74].

Формування пасажиропотоків є динамічним процесом, що розвивається, як у просторі, так й у часі [55]. Це зумовлено розвитком сучасних міст (просторове зростання території міста, підвищення щільності міської забудови, зміна фокусів транспортного тяжіння тощо) та й наявністю активного елемента у системі міського пасажирського транспорту – пасажирів [61]. Динамічні процеси формування пасажиропотоків можуть обумовлювати таке становище, коли малодіяльні маршрути перетворюються у маршрути з потужними пасажиропотоками, та навпаки, на маршрутах з високим попитом спостерігається тенденція до скорочення обсягів перевезень [70].



Первинною характеристикою попиту на послуги міського маршрутного пасажирського транспорту є міжрайонні кореспонденції пасажирів, що характеризують кількість пасажирів, які здійснюють пересування між певними пунктами відправлення та призначення. Така інформація міститься у матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій. Пасажиропотоки формуються як результат реалізації цих кореспонденцій у маршрутній системі [180].

### **1.3.1 Пасажиропотоки та їх параметри**

Потрібна інформація про пасажиропотоки залежить від тих завдань, що вирішуються під час розробки різноманітних проектних рішень з удосконалення функціонування міської пасажирської транспортної системи [68].

До основної характеристики пасажиропотоку відносять його потужність [55, 76, 77]. Відповідно до перегону маршруту потужність пасажиропотоку характеризує кількість пасажирів, що перетинають перетин перегону за певний проміжок часу. Виходячи з величини пасажиропотоку вирішують низку завдань організації перевезень пасажирів, таких як: завдання вибору пасажиромісткості транспортних засобів та їх кількості, інтервалів руху тощо.

Потреби мешканців міста характеризуються нерівномірністю у просторі та часі. Нерівномірність пасажиропотоків у часі пов'язана із добовим циклом життя населення. Для її відображення використовують відповідні коефіцієнти, які відносять до певного проміжку часу (місяця року, дня тижня, години доби) [55, 69]. Просторова нерівномірність пов'язана з розосередженням місць відправлення та призначення пересувань у плані міста. Вона спостерігається за довжиною (ділянками) маршруту та напрямками руху (прямий та зворотний).

У більшості випадків транспортні розрахунки виконують орієнтуючись на період найбільшого навантаження. Таким періодом, зазвичай, є ранкова година «пік». Для цього періоду характерною є переважна більшість трудових пересувань (близько 80 %). Трудові пересування здійснюються між місцями мешкання та прикладення праці, що робить їх детермінованими за часом здійснення та напрямками реалізації кореспонденцій [55].

Нерівномірність пасажиропотоку на ділянках маршруту оцінюють коефіцієнтом нерівномірності за довжиною маршруту. Його визначають як відношення максимального пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту до середньої потужності (напруженості) пасажиропотоку [69].

Нерівномірність пасажиропотоку за напрямками руху на маршруті визначається відповідним коефіцієнтом, що розраховується як відношення пасажиропотоку (обсягу перевезень) у найбільш пасажиронапруженому напрямку до обсягу перевезень у зворотному напрямку [55, 76, 77, 63].

Іншим показником є коефіцієнт змінності, що визначається як відношення довжини маршруту до середньої відстані поїздки пасажирів [69]. Коефіцієнт змінності характеризує кількість пасажирів, які здійснили поїздку на одному фактично використаному пасажиро-місці [77].

За невідповідності провізної спроможності маршруту попиту на перевезення, виникають відмови пасажирів у посадці через переповнення транспортних засобів. За таких умов пасажиропотоки не відбивають реальний попит на перевезення [169]. Урахування цих обставин стає можливим у разі використання як вхідних даних інформації щодо інтенсивності підходу пасажирів до зупинок маршруту [169].

У працях [98, 171, 88] виходять з припущення, що підхід пасажирів до зупинного пункту погоджується з законом розподілу Пуассона. Проте таке припущення є доречними за високої частоти руху транспортних засобів, коли пасажирів здійснюють підхід до зупинки випадково, не орієнтуючись на розклад руху.

### 1.3.2 Методи вивчення пасажиропотоків

Під час визначення пасажиропотоків застосовують низку методів, що поділяються на три групи [68, 76, 77, 182]:

- звітно-статистичні;
- натурних спостережень;
- розрахунково-аналітичні (моделювання пасажиропотоків).

Звітно-статистичний метод передбачає використання даних системи обліку перевезень. З його використанням, зазвичай, отримують відомості про обсяги перевезень на маршрутах [68].

До групи методів натурних спостережень відносять такі [68, 76, 77, 182]: табличний, таблично-опитувальний, талонний, візуальний, автоматизований, анкетний.

Проведення натурних обстежень та оброблення отриманих результатів пов'язано зі значними витратами часу, трудових та матеріальних ресурсів [77]. Крім цього, відомості, що були отримані в результаті проведення натурних обстежень пасажиропотоків, відбивають умови, що склалися за наявної системи організації транспортних процесів у місті. Отже, натурним методам притаманна низька прогнозна здатність, що обмежує сфери їхнього застосування, особливо під час коригування та уточнення організації перевезень на діючих маршрутах без внесення значних змін у транспортний процес.

Остання група методів (розрахунково-аналітичні) передбачає застосування модельного підходу до вивчення пасажиропотоків [68]. Необхідність застосування модельного підходу зумовлена тим, що доцільність рішень з удосконалення організації та управління перевізним процесом не може бути обґрунтована шляхом практичної апробації можливих варіантів через неприпустимі витрати часу та ресурсні обмеження. У такому випадку, доречним є застосування модельного підходу, що дає змогу проводити оцінку різних проєктних рішень та обирати найбільш

ефективне за певних умов. У такому випадку, використання методу моделювання передбачає відтворення процесу функціонування маршрутного пасажирського транспорту, відповідно до застосовуваного методу управління, та проведення його оцінки з позиції якості задоволення транспортних потреб та ефективності використання ресурсів [183].

Важливим аспектом розробки та використання моделей маршрутних пасажирських перевезень є урахування причинно-наслідкових зв'язків між характеристиками перевізного процесу та параметрами, що його формують, тобто параметрами пасажиропотоку [75].

Виходячи з зазначеного, до сфери застосування розрахунково-аналітичних методів слід віднести завдання проектування та модернізації маршрутної системи та заходи з удосконалення перевізного процесу на окремих маршрутах, що передбачають внесення суттєвих змін у параметри перевезень, які спричиняють перерозподіл пасажиропотоків [183].

### **1.3.3 Завдання визначення пасажиропотоків у комплексній системі транспортного моделювання**

У комплексній системі транспортного моделювання зазвичай виділяють чотири основні етапи [66]:

1. Транспортне районування міста та визначення загального попиту мешканців на транспортні послуги (*trip generation*).
2. Розрахунок матриці міжрайонних кореспонденцій (*trip distribution*).
3. Моделювання способу пересування мешканців міста (*modal split*).
4. Моделювання завантаження транспортної мережі (*trip assignment*).

На першому етапі виконується поділ території міста на умовні транспортні райони (транспортне зонування) [55, 75]. Залежно від мети дослідження може бути використана методика укрупненого транспортного районування. Її використання дає змогу спростити транспортні розрахунки, але ціною меншої точності результатів [55]. Деталізоване транспортне

районування забезпечує більшу точність моделі, проте потребує більшого обсягу вхідних даних та є більш трудомістким. Наступним кроком, на підставі місцевих характеристик (чисельність населення, кількість місць прикладення праці тощо), для кожного транспортного району визначають ємності по утворенню та поглинанню пересувань (кореспонденцій).

На другому етапі виконується розрахунок матриці міжрайонних кореспонденцій. Для цього застосовують [55, 68, 180]: гравітаційний метод, ентропійні моделі, метод пересічних можливостей та ін. Під час проведення перспективних розрахунків застосовують методи коефіцієнтів зростання, метод Фратара, Детройдський метод тощо [68]. Окрім цього, матриця кореспонденцій може бути отримана завдяки застосування анкетного методу обстеження пересувань [77].

Також застосування знайшли методи нечіткої логіки та генетичних алгоритмів для вирішення завдань моделювання матриці кореспонденцій [184]. До позитивних рис цих методів автори відносять «ефект навчання», завдяки якому модель має можливість пристосовуватись до реальних умов шляхом зміни своїх параметрів. Використання генетичних алгоритмів дає можливість автоматично виконувати калібрування моделі.

Проте, ці методи не знайшли широкого застосування для вирішення практичних завдань. До недоліків слід віднести певну суб'єктивність у виборі параметрів функцій належності та складність моделювання мереж великої розмірності.

На третьому етапі виконується розподілення кореспонденцій за способами пересувань. Зазвичай, як способи пересувань виділяють [55, 62]: пішохідні; пересування, що реалізуються з використанням індивідуальних транспортних засобів; пересування, що реалізуються маршрутним пасажирським транспортом.

Пішохідні пересування розглядають як внутрішньорайонні, оскільки вони реалізуються на незначну відстань (до 2 км). У подальших розрахунках, пішохідні кореспонденції можуть бути не враховані, оскільки вони не

завантажують транспортну мережу. В результаті виконання третього етапу, між кожною парою транспортних районів встановлюється величина кореспонденції, що реалізується з використанням індивідуального та маршрутного пасажирського транспорту [55].

Метою четвертого етапу є встановлення завантаження транспортної мережі. Під час його проведення визначають шляхи реалізації пасажирських кореспонденцій у маршрутній системі міського пасажирського транспорту та шляхи реалізації транспортних кореспонденцій на вулично-дорожній мережі міста. В результаті накладення кореспонденцій між кожною парою транспортних районів відправлення та прибуття на мережу встановлюють параметри транспортних та пасажирських потоків [185, 61].

Комплексна система транспортного моделювання дає змогу проводити аналіз дієвості різних заходів з підвищення привабливості послуг маршрутного пасажирського транспорту, що сприятимуть відволіканню певної частини користувачів транспортної системи від використання власного автомобіля на користь здійснення пересувань маршрутним пасажирським транспортом [54].

На думку авторів праці [55], найбільш складним питанням транспортного проектування, що вносить основну частку невизначеності у транспортний розрахунок та визначає основну частку помилки розрахунку кореспонденцій, є розподіл пасажиропотоків у маршрутній мережі. Відмінність розрахованих пасажиропотоків за моделлю від наявних може сягати 100 % та більше. Складність моделювання транспортної поведінки пасажирів щодо вибору шляху пересування у маршрутній системі міського пасажирського транспорту зумовлена значною кількістю факторів та суб'єктивністю ухвалення рішень.

### 1.3.4 Класифікація методів моделювання пасажиропотоків

Під час класифікації методів моделювання пасажиропотоків виходять з різних ознак. Поєднання цих ознак у єдиній класифікаційній схемі є підставою для віднесення моделі формування пасажиропотоків до певного класу. У праці [186] запропоновано класифікацію, що поєднує три ознаки: характеристика мережі з позиції співвідношення «попит – пропозиція»; підхід, що застосовується для розподілу пасажиропотоків; характеристики моделі вибору пасажиром шляху пересування (див. табл. 1.6).

Таблиця 1.6 – Класифікація методів моделювання пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту

Характеристика мережі з позиції співвідношення «попит – пропозиція»	Підхід до розподілу пасажиропотоків	Модель вибору шляху пересування	
Не враховано ефект насичення ( <i>uncongested</i> )	моделювання розподілу кореспонденцій на мережі	детермінована	стохастична
Враховано ефект насичення ( <i>congested</i> )	рівноважне розподілення	детермінована рівновага	стохастична рівновага
	динамічний	детермінований або стохастичний процес	детермінований або стохастичний процес

З позиції співвідношення «попит – пропозиція» методи моделювання пасажиропотоків поділяють на ті, що не враховують ефект насичення (*uncongested*), та ті, що його враховують (*congested*) [187].

Виходячи з підходу до розподілу пасажиропотоків у мережі методи поділяють на такі: моделювання розподілу кореспонденцій на мережі; рівноважне розподілення; динамічний підхід.

Моделювання розподілу кореспонденцій на мережі виконується на підставі застосування відповідних моделей вибору пасажирями шляху пересування у маршрутній системі міського пасажирського транспорту. Ці моделі засновані на різних гіпотетичних припущеннях щодо вибору пасажирями шляху пересування та факторів, що його зумовлюють [55, 180].

При моделюванні пасажиропотоків у маршрутних мережах, для яких характерним є ефект насичення використовують метод рівноважного розподілу [188 - 191]. В його основу покладені принципи сформульовані Уолдропом щодо рівноваги у мережі при наближенні величини попиту до її пропускної здатності [192]. Спочатку цей метод використовувався при моделюванні транспортних потоків на мережі автомобільних доріг, а згодом його було адаптовано для вирішення завдань моделювання пасажиропотоків. Невід'ємним положенням щодо застосування цього методу є урахування погіршення умов користування певною альтернативою зі зростанням частоти її використання (зростання інтенсивності транспортних або пасажирських потоків). Під час цього використовують метод обмеження за провізною здатністю (*capacity constraints*) [189, 193 - 195, 196 - 200].

Динамічні моделі враховують зміну попиту на пересування та параметрів транспортної пропозиції залежно від фактору часу, зазвичай протягом доби чи днів тижня [84, 88, 102, 139, 201, 203 - 205].

З позиції урахування випадкових факторів, моделі вибору пасажирями шляху пересування поділяють на детерміновані та стохастичні [186].

За принципом побудови моделі вибору пасажирями шляху пересування у маршрутній системі міського пасажирського транспорту поділяють на ті, що засновані на частоті руху (*frequency-based*) [189, 202, 206, - 212] та ті, що виходять з розкладу руху (*schedule-based*) [187, 204, 205, 211, 213].

Відмінність між зазначеними підходами, перш за все, полягає у рівні деталізації при моделюванні процесу перевезень. Підхід, заснований на частоті руху транспортних засобів, оперує усередненими даними та не розглядає моменти прибуття кожного транспортного засобу на маршруті.



Заповнення транспортного засобу також визначається як усереднена величина. Разом з цим, підхід заснований на розкладі руху, передбачає моделювання моментів прибуття транспортних засобів та пасажирів до зупинного пункту. Завдяки цьому, застосування цього підходу дає змогу проводити моделювання заповнення салону окремих транспортних засобів, врахувати нерівномірність прибуття пасажирів до зупинки, проводити оцінку нерегулярності руху, встановлювати пікові навантаження у певні періоди часу [187, 214].

В рамках підходу, що заснований на розкладі руху, можуть використовуватись агрегований та дезагрегований підходи щодо опису як характеристик попиту, так і пропозиції [187].

За дезагрегованого підходу розглядаються параметри руху окремого транспортного засобу та процес взаємодії між транспортними засобами. Натомість, агрегований підхід, хоча й розглядає рух окремих транспортних засобів, але передбачає перехід від характеристик їх руху до усереднених параметрів.

Як характеристики попиту при дезагрегованому підході розглядаються окремі пасажирів, які відрізняються індивідуальними характеристиками. При цьому моделюється окрема поведінка користувачів транспортної системи та рішення, що ними приймаються при здійсненні пересування. За агрегованого підходу розглядаються групи пасажирів, що об'єднуються за схожими характеристиками [187].

В межах класу моделей, заснованих на розкладі руху, агреговані моделі можуть розглядатись як макромоделі, а дезагреговані – як мікромоделі [187].

Зазвичай, підхід, заснований на частоті руху, використовують при моделюванні пасажиропотоків у мережах з високою частотою руху транспортних засобів, а підхід заснований на розкладі руху – за низької частоти [205].

Але, підхід, заснований на розкладі, руху може бути застосований і при високій частоті руху транспортних засобів. Завдяки високій деталізації

опису, він може бути використаний для опису формування пасажиропотоків у мережах з високим рівнем завантаження (в насичених маршрутних мережах) [187].

Автори дослідження [215] наголошують на необхідності розробки гібридних моделей формування пасажиропотоків, які дозволяють враховувати особливості функціонування маршрутів з високою та низькою частотою руху транспортних засобів. Це дасть змогу проводити таке моделювання пасажиропотоків, що більшою мірою відповідатиме наявним умовам функціонування існуючих маршрутних систем, у яких сумісно функціонують маршрути обох зазначених видів.

Методи моделювання пасажиропотоків поділяють на ті, що з множинності шляхів пересування, та ті, що не враховують цієї особливості. У першому випадку кореспонденції між кожною парою транспортних районів розподіляються між групою шляхів пересування, що входять до множини альтернативних, а у другому – кореспонденції накладаються на найкоротший шлях (критичний). При цьому, інші шляхи пересування залишаються не завантаженими. Такий метод отримав назву «метод найкоротшого шляху». У закордонній літературі цей метод отримав назву «все або нічого» (*all or nothing*) [61].

Основною позитивною рисою методу найкоротшого шляху є простота його застосування та алгоритмічної реалізації. Це зумовлює його широке застосування для моделювання пасажиропотоків у маршрутних мережах високої розмірності [185]. Але реалізація кореспонденцій за найкоротшим шляхом не відображає дійсного перебігу процесу формування пасажиропотоків, адже у розгалужених маршрутних мережах значних та найзначніших міст пасажери мають можливість здійснювати пересування за декількома маршрутами, що незначно відрізняються за параметрами пересування (витратами часу, тарифом, умовами пересування тощо). Внаслідок цього використання методу найкоротшого шляху не забезпечує достатньої адекватності моделювання [61, 185].

Крім, цього поняття найкоротшого шляху є достатньо умовним. Слід зазначити, що за умови випадкового підходу пасажирів до зупинного пункту певна частка кореспонденцій може бути реалізована за маршрутами, що характеризуються значними інтервалами руху та час очікування на яких занадто великий.

В розгалужених маршрутних мережах існує достатньо велика кількість шляхів пересування, що відрізняються один від одного складниками. Множину таких маршрутів слід обмежувати з позиції заборони повернення на вже пройдену частину шляху. Однак, навіть за таких умов кількість шляхів залишається занадто великою та у дійсності пасажирів використовують лише певну їх частку. Такі шляхи пересування формують множину альтернативних. Алгоритмічно, при формуванні множини альтернативних шляхів із усієї сукупності можливих шляхів виділяються ті, що відрізняються від найкоротшого на задану константу. Її величина може бути задана як у абсолютних, так і відносних одиницях [216, 210].

Найчастіше, як критерій, використовують витрати часу на пересування, проте можуть бути використані й інші показники [55]. Дослідження проведені автором праці [185] показали, що область згладжування розширюється із зростанням витрат часу на пересування. Проте порівняльний аналіз результатів розподілу пасажиропотоків з використанням зазначеної особливості не значно впливає на кінцевий результат.

#### **1.4 Моделювання транспортної поведінки пасажирів**

Дослідженню закономірностей транспортної поведінки пасажирів присвячено праці [157, 180, 193, 216 - 235].

Важливим аспектом у вирішенні завдання моделювання розподілу пасажирських кореспонденцій у маршрутній системі є встановлення множини альтернативних шляхів пересування між кожною парою транспортних районів відправлення та призначення. Для видалення

альтернативних шляхів пересування у праці [236] пропонують використовувати процедуру фільтрації виходячи з наступних умов:

- мінімальною кількістю для включення автобусних маршрутів до шляху пересування є дві зупинки;

- шлях пересування не має містити більше трьох пересаджень;

- обмеження щодо тривалості складників пересування (максимальний час пішохідного підходу чи відходу до (від) зупинки становить 20 хв.; максимальний сумарний час пішого руху та очікування при здійсненні пересаджень не має перевищувати 30 хв.; розглядаються усі альтернативи, час пересування за якими відхиляється від найкоротшого шляху більше ніж удвічі);

- рівень незалежності альтернатив має перевищувати 33%.

Дещо інший підхід до вивчення транспортної поведінки пасажирів запропонований авторами праці [237]. При цьому було застосовано метод оптимальних стратегій, що отримав подальше використання у моделях на підставі частоти руху та розкладу руху [194].

Визначення оптимальної стратегії пересування використовується в тих випадках, коли [201]:

- у пасажирів немає точних відомостей про час прибуття транспортних засобів на зупинні пункти і ступеня їхнього заповнення;

- прибуття транспортних засобів різних маршрутів на зупинний пункт не синхронізовані і для кожного маршруту їхнє прибуття підпорядковане розподілу Пуассона;

- прибуття пасажирів на зупинках не обумовлене часом прибуття транспортних засобів;

- пасажир прагнуть мінімізувати час очікування при здійсненні поїздки до місця призначення.

Характеристики транспортної поведінки пасажира також визначаються на основі розподілу пасажиропотоків по маршрутам, траси яких містять в собі одні і ті ж (сумісні) перегони. Тому в деяких дослідженнях окремо

виділяються питання розподілу пасажиропотоків на суміщених ділянках маршрутної мережі [ 104, 235, 238].

Розглядаючи питання розподілу пасажиропотоку на суміщених ділянках маршрутної мережі дослідники виходять з припущення, що він розподіляється пропорційно частоті обслуговування на маршрутах, що проходять суміщеною ділянкою [237]. Таке припущення є цілком обґрунтованим за умови відсутності систем інформування пасажирів про фактичні інтервали руху на маршрутах.

На підставі проведення натурних досліджень автором праці [239] було зроблено висновок, що підхід щодо розподілу поїздок, який ґрунтується на принципі, згідно з яким вибір пасажирів обумовлюється лише частотою руху транспортних засобів та середніми витратами часу на очікування, не дає змогу досягти адекватних результатів моделювання. Основним недоліком такого підходу автор вважає, що не враховуються різниця в часі поїздки і вважається, що інтервали між прибуттям автобусів різних маршрутів мають рівномірний розподіл.

#### **1.4.1 Фактори вибору пасажирями шляху пересування**

Як вказують результати численних досліджень основним фактором, що зумовлює транспортну поведінку користувачів транспортної системи є витрати часу [55, 67, 69, 240, 241].

Час, що витрачається на пересування розглядають як непродуктивний, оскільки при пересуваннях людина не виробляє матеріальних цінностей, зазвичай не використовує його для навчання, розвитку особистості, відпочинку, у культурних цілях та ін. Витрати часу на пересування займають значну частку у розрізі загального добового часу. Із 16 годин добового бюджету часу (за виключенням 8 годин на сон) мешканці міст витрачають на пересування за різними цілями 7-8 % та більше [55]. Оскільки час, що витрачають пасажирі на пересування відносять до категорії вільного часу, то

його економія може бути використана для задоволення інших потреб: відпочинку, навчання тощо [55, 67]. Витрачаючи більше часу на пересування пасажирів менше часу залишають для інших видів активності [242].

Зменшення витрат транспортного часу є одним з основних соціальних наслідків впровадження транспортних проєктів. Отже, витрати часу розглядають як основний критерій ефективності функціонування транспортної системи. Забезпечення економії часу мешканців міст є основною функцією транспорту [55, 67, 242]. Частка ефекту від економії транспортного часу, за даними праці [242], у таких країнах як Англія, Голландія, Фінляндія, складає близько 80 % у загальній структурі показників ефективності.

Витрати часу на пересування прийнято поділяти на складники [67, 242]: пішохідний рух до зупинки; очікування транспортного засобу; поїздка у транспортному засобі; витрати часу, що пов'язані зі здійсненням пересадок.

Результати чисельних досліджень показують, що сприйняття окремих складників часу пересування пасажирами не є рівнозначним [55, 67, 68, 242]. Для урахування цих обставин користуються поняттям приведеного транспортного часу. Зазвичай оцінку витрат часу окремих складників (пішохідного руху, очікування) приводять до складника, що характеризується найменшою вагою – часу поїздки [55, 242]. Разом з цим, слід враховувати, що оцінка вагомості часу поїздки у транспортному засобі залежить від умов, за яких вона виконується. Ці умови більшою мірою визначаються ступенем заповнення салону транспортного засобу при здійсненні поїздки [166].

У праці [55] вагомість пішохідного складника приймають у 1,5 рази, а часу очікування в 2 рази вищим ніж здійснення поїздки у транспортному засобі. Автор праці [68] наводить такі значення коефіцієнтів: поїздка у транспортному засобі стоячи – 1,0; поїздка у транспортному засобі сидячи – 0,7–0,8; очікування транспортного засобу на зупинному пункті – 1,8–2,0; пішохідний рух – 1,15–1,2.

Проте дослідження проведені у різних країнах світу показують, що відносна вагомість може змінюватись у широких межах. Причиною такого становища є місцеві умови. Наприклад, природнім є те, що у країнах з суворим кліматом більшу значущість мають складники пересування, що виконуються поза транспортного засобу (піший рух та очікування) [242].

При вирішенні багатьох завдань дослідницького та практичного характеру вдаються до вартісної оцінки витрат транспортного часу. Потреба у проведенні такої оцінки зумовлена перш за все намаганням зведення різнорідних показників, що характеризують рівень транспортного обслуговування до одного вимірювання [243 - 245].

Під час здійснення пересування у значних та найзначніших містах пасажери, зазвичай, мають можливість скористатись декількома видами транспорту. Вони віддають перевагу тому виду транспорту, що у певний час та виходячи з наявних умов є більш зручним для використання [69]. З метою урахування особливостей окремих способів пересування використовують показник специфіки виду транспорту (*mode specific factor*) [246].

Цей показник характеризує привабливість одного виду транспорту порівняно з іншим без врахування таких факторів як плата за проїзд, час пішого руху, час очікування, час поїздки та пересадження. Показник специфіки виду транспорту, зазвичай, вимірюється постійною величиною, що виражається у одиницях часу приведених до часу поїздки у транспортному засобі. Як базу для порівняння використовують автобусний транспорт, що працює у звичайному режимі [246].

Фактори, що визначають значення показника специфіки виду транспорту поділяють на ті, що залежать від відстані пересування, та ті, що приймаються як постійні. До першої групи відносять технічне оснащення транспортного засобу, їздовий комфорт (прискорення, сповільнення, вібрації). Ці фактори характеризують комфортність здійснення поїздки, можливість читати при русі або займатись іншою діяльністю [246]. Слід зазначити, що порівняно з міськими перевезеннями ці фактори, насамперед, є

вагомими при здійсненні пересувань на значні відстані, тобто у приміському, міжміському та міжнародному сполученні.

Розрізняють прості та складні пересування. Прості пересування передбачають переміщення між пунктами відправлення та призначення за одним маршрутом (здійснення маршрутної поїздки), тобто здійснення пересування без пересаджень. Натомість, складні пересування пов'язані зі здійсненням пересаджень. Структурно такі пересування містять декілька маршрутних поїздок (дві та більше), що об'єднують поняттям мережна поїздка [55].

Наявність пересаджень є одним з факторів, що враховують пасажир при ухваленні рішень з вибору шляху пересування [84, 88, 90, 236, 246 - 252]. Здійснення пересаджень зазвичай розглядають як негативний аспект, оскільки воно пов'язане з додатковими витратами часу на пішохідний рух та очікування транспорту, грошовими витратами, іншими незручностями [246, 247]. Проте, у певних випадках, здійснення пересувань з пересадженнями сприяє економії витрат часу пасажир [248].

З метою урахування негативних наслідків пересаджень використовують показник «Штраф за пересадження» (*transfer penalty*) [84, 88, 90, 236, 246 - 251]. Він являє собою оцінку пересаджень, виходячи з їхнього сприйняття пасажиром. Зазвичай його розглядають як постійну величину, що має вираження у одиницях часу приведеного до часу здійснення поїздки у транспортному засобі. У працях [84, 88, 251] «штраф» за пересадження приймають еквівалентним 5 хв. поїздки у транспортному засобі.

Величина «штрафу» за пересадження залежить від багатьох факторів та змінюється у широких межах залежно від виду транспорту, виду сполучення (міське, приміське, міжміське), мети пересування (трудова, культурно-побутова), місцевих умов тощо [246]. Негативні наслідки пересаджень істотно залежать від частоти обслуговування на маршрутах, на які здійснюється пересадження. За результатами натурних обстежень було



встановлено, що за високої частоти обслуговування величина «штрафу» за пересадження є практично у два рази меншою ніж за низької частоти обслуговування [247]. Також сприйняття пересаджень зумовлене рівнем заповнення транспортного засобу, облаштуванням зупинки (наявність місць для сидіння, оснащення навісом), доступністю інформації в реальному режимі часу щодо моментів прибуття транспортних засобів на зупинку тощо [248].

У праці [236] для урахування незручностей, що пов'язані зі здійсненням пересаджень запропоновано визначати додаткові витрати на основі залежності:

$$C_t = 1 - \exp\left(\frac{-(ht)^2}{\beta t}\right), \quad (1.5)$$

де  $ht$  - інтервал на маршруті на який здійснюється пересадження, хв.;

$\beta t$  - коефіцієнт, значення якого залежить від виду транспорту між якими здійснюється пересадження (для різних сполучень видів транспорту при пересадженні: «автобус - автобус» -  $\beta t = -100/\ln(0,80)$ ; «автобус - залізничний транспорт» -  $\beta t = -100/\ln(0,85)$ ; «залізничний транспорт - залізничний транспорт» -  $\beta t = -100/\ln(0,90)$ ).

Цей показник змінюється в межах від 0 до 1 та характеризує несприятливі наслідки здійснення пересадження. Значення близькі до 0 характеризують сприятливі умови пересування, а близькі до 1 - несприятливі.

Як показали дослідження проведені у м. Мадрид, Іспанія [248], величина чистого «штрафу» за пересадження еквівалентна 15,2 - 17,7 хв. часу поїздки у транспортному засобі. Авторами праці [249] встановлено, що одне пересадження еквівалентно 4,9 хв. поїздки у автомобілі, а двох пересаджень -

10,7 хв. відповідно. У праці [250] зазначають, що середній «штраф» за пересадження відповідає еквіваленту 10,9 хв. часу здійснення поїздки.

Іншим фактором, що зумовлює транспортну поведінку пасажирів є рівень комфорту, що забезпечує маршрутний пасажирський транспорт [174]. Рівень комфорту визначається сукупністю факторів, до яких відносять [69, 253 - 255]: зручність здійснення посадки та висадки; наявність накопичувальних площадок та чистота салону транспортного засобу; рівень заповнення; наявність системи кондиціонування повітря, зручність сплати за проїзд; наявність системи інформаційного забезпечення пасажирів; забезпечення регулярності руху тощо.

Не зважаючи на комплексний характер показника рівня комфорту, одним з його найважливіших одиничних чинників є ступінь заповнення салону транспортного засобу. Надмірне заповнення салону транспортного засобу є причиною відчуття пасажирами дискомфорту при здійсненні поїздки [69].

При встановленні природи дискомфорту викликаного заповненням транспортного засобу дослідники вдаються до проведення опитування та аналізу суб'єктивних оцінок [133, 163, 164]. Такий підхід дає можливість визначити відношення опитуваних щодо певного ступеня заповнення транспортного засобу при здійсненні поїздки та проводити ранжування факторів за їх значущістю.

У праці [133] автори виділяють такі причини зростання дискомфорту зі збільшенням ступеня заповнення салону транспортного засобу:

- надмірна близькість (вторгнення до особистого простору людини) - викликає стрес та нестачу контролю;
- стояння – зі зростанням ступеня заповнення салону транспортного засобу певна частка пасажирів вимушена здійснювати поїздку стоячи, що пов'язано з більшим фізичним навантаженням порівняно з поїздкою сидячи;
- шум – є причиною дискомфорту та може впливати на психічний стан пасажира;

- запах (мікроклімат) – переповнення салону транспортного засобу може викликати розповсюдження поганого запаху;
- додаткові витрати часу - переповнення салону транспортного засобу є причиною додаткових затримок транспортних засобів при пасажирообміні на зупинних пунктах;
- марне витрачання часу – за високого заповнення салону транспортного засобу виникають складнощі з виконанням пасажирами певної діяльності під час поїздки (читання книги або газети, користування мобільним телефоном тощо);
- ризик втрати рівноваги – при здійсненні поїздки у переповненому транспортному засобі певна частка пасажирів не має можливості триматися за поручні, внаслідок чого може втратити рівновагу;
- ризик крадіжок – за більшого заповнення транспортного засобу зростає ризик кишенькових крадіжок.

Опитування пасажирів громадського транспорту у м. Париж [133] дало змогу встановити, що найбільш вагомими причинами дискомфорту, що викликане переповненням транспортного засобу, є вторгнення до особистого простору, фізичне навантаження під час стояння та погіршення мікроклімату в салоні транспортного засобу (див. табл. 1.7). Встановлено, що більш чутливими до умов заповнення, є жінки та пасажири з високим рівнем доходу. Аналогічного висновку дійшли автори праці [256].

Зі зростанням рівня заповнення салону транспортного засобу погіршуються умови здійснення поїздки пасажирів. Це позначається і на пасажирах, які здійснюють поїздку сидячи [77].

Результати чисельних досліджень [134, 140, 141, 144, 145, 149, 215, 257] свідчать про те, що рівень заповнення салону транспортного засобу під час здійснення поїздки є вагомим фактором вибору пасажирами шляху пересування.

Таблиця 1.7 – Результати ранжування причин відчуття дискомфорту викликаного переповненням транспортного засобу [132]

Категорії причин	Причина виникнення дискомфорту	Середній ранг	Вагомість	Середнє квадратичне відхилення
Психологічна	Вторгнення до особистого простору	2,0	7,7	2,525
Фізична	Стояння	3,3	6,3	3,208
Сенсорна	Шум	4,2	5,2	2,924
	Запах	3,1	6,6	2,827
Часова	Додаткові витрати часу	4,3	5,1	2,874
	Марне витрачання часу	3,9	5,5	3,116
Ризики	Втрата рівноваги	5,2	3,9	6,286
	Крадіжки	3,8	5,5	3,198

При оцінюванні заходів щодо обмеження рівня заповнення транспортних засобів мають бути застосовані моделі, в яких має бути враховано взаємозв'язок між рівнем заповнення та параметрами здійснення поїздки пасажирів на мережному рівні, а також процесу адаптації пасажирів, як зворотного відгуку на зміни умов пересування [215].

У працях [215, 140, 258] наголошують, що зростання рівня заповнення пасажирського транспортного засобу впливає на параметри пересування пасажирів, що має прояв в таких аспектах: 1) розвиток дискомфорту – здійснення поїздки при зростанні заповнення салону транспортного засобу стає менш комфортним для пасажирів; виникнення відмов пасажирів у посадці – спричиняє умови, коли певна кількість пасажирів не має можливості здійснити посадку до першого транспортного засобу, поданого на зупинку, та змушені очікувати на прибуття наступного; надійність обслуговування – зі зростанням рівня заповнення салону транспортного

засобу збільшуються витрати часу на очікування та здійснення поїздки через зменшення регулярності руху, більшої тривалості простою транспортних засобів на проміжних зупинках та інтервалів руху.

Для врахування погіршення умов пересування зі зростанням рівня заповнення салону транспортного засобу у функції корисності шляху пересування використовують коефіцієнти штрафу (*crowding penalty, crowding multiplier*). Значення цих коефіцієнтів зростає зі збільшенням рівня заповнення (див. додаток Б).

В результаті проведення обстежень пасажирів метрополітену у м. Париж (Франція) встановлено, що при вартості проїзду 0,5 € середні загальні витрати приведені до грошового виміру складають 2,42 € за умови здійснення пасажиром поїздки сидячи. В той же час, за умови здійснення поїздки стоячи у переповненому транспортному засобі (близько 6 пас./м<sup>2</sup>) ця величина складає 3,69 €. На підставі обробки дослідних даних встановлено, що вартісна оцінка транспортного часу зростає в середньому на 34% за умов урахування наявного заповнення вагонів метрополітену продовж годин «пік» [133].

Результати досліджень, що наведені у праці [130], вказують на те, що ступінь заповнення транспортного засобу призводить до суттєвого зростання дискомфорту, що може бути визначений через зміну функції корисності. На підставі таких досліджень, що були проведені у м. Сантьяго (Чилі), було встановлено, що функція корисності шляху пересування зростає на 29% у тому випадку, якщо щільність пасажирів збільшується з 1-2 пас./м<sup>2</sup> до 3-4 пас./м<sup>2</sup>; на 73% при збільшенні щільності з 3-4 до 5-6 пас./м<sup>2</sup>.

За результатами досліджень [130], визначено співвідношення між складниками часу пересування з позиції вартісної оцінки витрат часу. При цьому вартісна оцінка витрат часу на здійснення поїздки змінюється у діапазоні від 4,6 до 10,4 \$ США/год залежно від ступеня заповнення при здійсненні поїздки. Оцінка часу очікування та пішого руху показала схожі результати з випадком здійснення поїздки з високим ступенем заповнення. Здійснення пересадження має оцінку – 0,44 \$ США на поїздку. Таким чином,

хвилина поїздки з високою щільністю заповнення (5-6 пас./м<sup>2</sup>) характеризується у 2,3 рази більшим ступенем дискомфорту, ніж поїздка з низьким ступенем заповнення (1-2 пас./м<sup>2</sup>) (див. табл. 1.8).

Таблиця 1.8 – Вартісна оцінка складників часу пересування (за даними праці [130])

№ п/п	Параметр		Значення вартісної оцінки
1	Час поїздки за різного ступеня заповнення салону транспортного засобу	1-2 пас./м <sup>2</sup>	4,6 \$ США/год
2		3-4 пас./м <sup>2</sup>	5,9 \$ США/год
3		5-6 пас./м <sup>2</sup>	10,4 \$ США/год
4	Час очікування		8,6 \$ США/год
5	Пішохідний рух		8,1 \$ США/год
6	Пересадження		0,44 \$ США/пересадження

У праці [131] було встановлено лінійну залежність вартості витрат часу зі зростанням рівня заповнення салону транспортного засобу, що здійснюють поїздку стоячі (див. табл. 1.8).

У праці [137] встановлено нелінійну залежність коефіцієнтів заповнення. На думку авторів це пояснюється тим, що за високого рівня (8 пас./м<sup>2</sup>) заповнення умови здійснення поїздки стають набагато гіршими ніж за помірною рівня (4 пас./м<sup>2</sup>). Особливо це відчують пасажирів, які здійснюють поїздку стоячі (див. табл. 1.8).

У праці [144] окремо виділяють пасажирів, що є нечутливими до умов заповнення, які не враховують цей параметр при виборі шляху пересування. До цієї категорії відносять пасажирів, що рідко користуються послугами громадського транспорту або не мають досвіду пересування у певному напрямку, наприклад, приїзжі.

У праці [137] встановлено, що рівень заповнення впливає на пасажирів, що здійснюють поїздку сидячи та стоячі.

У праці [139] авторами встановлено нелінійний характер зміни коефіцієнту штрафу зі зростанням рівня заповнення. На їх думку такий взаємозв'язок більш достовірно відображає погіршення умов здійснення поїздки зі зростанням ступеня заповнення, коли дискомфортні умови стають більш відчутними при перевищенні певного граничного рівня заповнення.

Автори праці [131] наголошують на тому, що переповнення салону транспортного засобу за певних умов має більшу вагомість з позиції її оцінки пасажирями ніж час очікування.

Разом з цим, на теперішній час, не існує моделей формування пасажиропотоків, які повністю враховують три ефекти переповнення салону маршрутних транспортних засобів: дискомфорт пасажирів, обмеження провізної спроможності та надійність обслуговування [215].

Вибір пасажирями шляху пересування може відбуватися на основі підсвідомої оцінки витрат енергії при здійсненні поїздки та відчуття транспортної втоми. На цьому заснований підхід щодо оцінки рівня комфорту маршрутного пасажирського транспорту заснований на дослідженні зміни функціонального стану пасажирів [77].

Автор праці [254] зазначає, що дискомфорт у системі міського пасажирського транспорту може бути визначений виходячи з ступеня психологічної та фізичної втоми.

Функціональний стан пасажиря впливає на його вибір шляху пересування [82]. За даними, що наведені у праці [67] загальні витрати часу, що не перевищують 30 хв. не викликають втоми пасажирів та не позначаються на їх працездатності.

У праці [259] наведено результати експериментальних досліджень напруженості при здійсненні пасажирями різних складників пересування. Автор зазначає, що вивчення впливу різноманітних умов пересування можна проводити із застосуванням методів реєстрації різних психофізіологічних показників, таких як: дослідження витрат фізичної енергії, шляхом

застосування пневмографії; серцево-судинної системи за частотою пульсу; шкірно-гальванічною реакцією тощо.

Проведені дослідження показали, що окремі складники пересування не є рівнозначними (табл. 1.9). Оцінка частоти та глибини дихання дає змогу встановити витрати фізичної енергії, що витрачає людина при здійсненні певної діяльності. Робота серцево-судинної системи є інтегральною характеристикою стану організму людини [259].

Таблиця 1.9 – Оцінка напруженості організму пасажирів за різних складників пересування

Складники пересування	Витрати фізичної енергії (перевищення фонового рівня), ккал/хв.	Частота серцевих скорочень (перевищення фонового рівня), уд./хв.
Здійснення поїздки у автобусі або у потязі сидячи	0,5	5
Стояння у вільних умовах	-	6
Поїздка у транспортному засобі стоячі	-	15
Очікування транспортного засобу стоячи	1,0	16
Керування транспортним засобом	1,8	18
Пішохідний рух рівнинною місцевістю	3,5	25
Сходження сходами	7,0	50

Також до чинників, що впливають на вибір пасажирями шляху пересування, слід віднести такі [208, 230, 241, 258, 260, 261 - 262]: оснащення зупинних пунктів та станцій, відомості щодо їх розміщення та інформаційне забезпечення пасажирів щодо роботи окремих маршрутів, так і маршрутної системи в цілому.



Інформація, що доступна користувачеві про умови пересування є вагомим фактором, що зумовлює їх транспортну поведінку. Таку інформацію поділяють залежно від джерела її отримання, способу передачі тощо [241]. Так, достатньо значний обсяг інформації зумовлений попереднім досвідом використання користувачем тієї чи іншої альтернативи. Інформація може бути доступна користувачеві перед початком здійснення пересування (*pre-trip information*) та у процесі його здійснення (*on-board information*). Наявність систем інформаційного забезпечення пасажирів робить поведінку пасажирів більш обміркованою. Вони мають можливість ухвалювати рішення не тільки спираючись на власний досвід, а й оптимізувати свою поведінку виходячи з наявної інформації. Наприклад, на підставі інформації про моменти прибуття транспортних засобів на зупинки пасажирів можуть більш зважено обирати, який саме маршрут застосовувати. Відсутність такої інформації призводить до того, що пасажирів зазвичай здійснюють посадку до першого транспортного засобу, що буде поданий до зупинного пункту, з набору альтернативних [208, 261].

Забезпечення пасажирів актуальною інформацією у режимі реального часу сприяє скороченню витрат часу на пересування [208]. У праці [258] в результаті проведеного експерименту, встановлено, що отримання актуальної інформації про параметри пересування за альтернативними шляхами через смартфон, дає змогу скоротити витрати часу пасажирів більш ніж на 15% у порівнянні з пасажирами, які не користуються такою інформацією. Аналогічні дослідження, проведені авторами праці [260] вказують на те, що забезпечення пасажирів актуальною інформацією про умови пересування сприяє скороченню витрат часу пасажирів майже на 20%.

### 1.4.2 Моделі вибору пасажирями шляху пересування

У закордонних дослідженнях широкого застосування для опису поведінки пасажирів застосовують теорію корисності та дискретні моделі вибору [115, 130, 223, 241, 263 - 265].

Для математичної формалізації поведінкових аспектів вибору пасажирями альтернатив (способу, шляху пересування тощо) застосовують моделі дискретного вибору (*discrete choice models*) (див. Додаток В). Такий підхід зазнав широкого використання в практиці транспортного моделювання та є базовим для формалізації поведінки користувачів транспортної системи у закордонних дослідженнях [241, 265].

Для опису процесу формування пасажиропотоків у закордонній практиці застосовують теорію корисності.

В основу імовірнісної теорії корисності покладено низку припущень щодо поведінки користувачів транспортної системи [130]:

- користувачі розглядають обмежену множину альтернатив здійснення пересування, що є взаємовиключаючими;
- індивідуальні уподобання пасажирів при оцінці альтернатив можуть бути представлені функцією корисності, що залежить від параметрів складників альтернатив та індивідуальних характеристик користувачів;
- користувачі обирають ту альтернативу, що забезпечує найбільшу корисність серед розглянутої множини;
- до індивідуальної функції корисності входять змінні, що є наявними для певного (конкретного) користувача. Внаслідок цього, два користувача з однаковим набором альтернатив та сукупністю наявних характеристик можуть обирати різні альтернативи;
- передбачається, що невраховані індивідуальні компоненти корисності є випадковими та незалежно розподіленими серед населення.

Для представлення функції корисності може бути використаний детермінований та імовірнісний підхід.

З практичної точки зору імовірнісна теорія корисності як змінні може містити показники пересувань при користуванні певною альтернативою, індивідуальні характеристики користувачів та випадкову складову [130].

Випадкова складова відображає вплив тих параметрів, що в явному вигляді не враховані у функції корисності, але зумовлюють здійснення вибору. До них можуть бути віднесені певні характеристики альтернатив, що не піддаються безпосередньому вимірюванню, або різні індивідуальні уподобання користувачів транспортної системи тощо [130].

Функцію корисності у загальному вигляді представляють як суму детермінованого ( $V$ ) та випадкового ( $\varepsilon$ ) складників [186]:

$$U = V + \varepsilon, \quad (1.6)$$

$$V = \sum_j \beta_j \cdot X_j, \quad (1.7)$$

де  $X_j$  - параметри пересування (час пішохідного руху, очікування, поїздка у транспортному засобі, кількість пересаджень, грошові витрати на сплату проїзду тощо);

$\beta_j$  - коефіцієнти вагомості  $j$ -го параметра пересування.

Коефіцієнти  $\beta_j$  характеризують вагомість  $j$ -го параметра пересування та визначаються на підставі обстежень транспортної поведінки пасажирів. Для обчислення коефіцієнтів моделі зазвичай використовують метод максимальної правдоподібності. Проте, на думку авторів праці [265], використання цього методу не гарантує достовірності та точності результатів. Вони пропонують використання методу найменших квадратів, що дає змогу проводити обґрунтований аналіз коефіцієнтів і адекватності моделі в цілому.

Роль випадкового складника  $\varepsilon$  у функції корисності полягає у тому, що він враховує [130, 186]: вплив тих параметрів, що у явному вигляді не

враховані у функції корисності, але зумовлюють здійснення вибору, тобто характеристики альтернатив, що не піддаються безпосередньому вимірюванню або різні індивідуальні уподобання користувачів транспортної системи тощо; похибки, що викликані агрегуванням окремих параметрів пересування пасажирів до інтегральної характеристики.

Моделі вибору пасажирями шляху пересування поділяють залежно від прийнятого припущення щодо закону розподілу випадкового складника. У випадку, якщо випадковий складник приймають таким, що дорівнює 0, то йдеться про детерміновану модель вибору пасажирями шляху пересування [186].

Відповідно до прийнятих припущень щодо закону розподілу випадкового складника використовують різні види моделей. Зокрема, за припущення, що випадковий складник є не корельованим та підкорюється розподілу Гамбла (*Gumbel distribution*) застосовують логіт-моделі (*logit model*). У випадку, якщо випадковий складник підкорюється нормальному закону розподілу, для моделювання поведінки пасажирів використовують пробіт-моделі (*probit model*) [130].

Дискретні моделі можуть бути застосовані для опису бінарного чи множинного вибору. У останньому випадку застосовують мультіноміальні моделі [25, 130].

У разі, якщо враховується наявність кореляційного взаємозв'язку між різними альтернативами, то застосовують вкладені моделі дискретного вибору (*nested model*) [186].

Порівняння результатів моделювання пасажиропотоків, що наведені у праці [215], проведених з використанням програмного забезпечення VISUM та BusMezzo, показав, що при вирішенні практичних завдань параметри моделі, такі як коефіцієнти функції корисності, мають бути визначені та калібровані, виходячи з місцевих умов об'єкту проектування.

Вихідною інформацією при налаштуванні моделей є наявний розподіл пасажиропотоків, відомості про які можуть бути отримані на підставі даних електронних систем збору оплати за проїзд [215, 266].

### **1.5 Висновки до розділу**

1. Існуючі методи удосконалення організації перевезень пасажирів у містах ґрунтуються здебільшого на сталих величинах попиту на перевезення. Разом з цим, попит зумовлений параметрами транспортного обслуговування, як на окремих маршрутах, так й у маршрутній системі в цілому. Зміна параметрів транспортного обслуговування на окремому маршруті позначається на зміні попиту на користування цим маршрутом, так й спричиняє перерозподіл пасажиропотоків у маршрутній системі. Залежність між параметрами транспортного обслуговування та попитом на перевезення є недостатньо вивченими.

2. Найбільш достовірні відомості про попит мешканців міста на пасажирські перевезення можна отримати шляхом проведення натурних обстежень пасажиропотоків в маршрутній системі міського пасажирського транспорту. Натомість, використання натурних методів стримується низкою недоліків, що властиві цим методам (значні витрати трудових та матеріальних ресурсів на проведення обстежень та обробку його результатів), основним з яких є низька прогностна спроможність. Натурні методи дають змогу зафіксувати існуючі характеристики попиту на перевезення, що склалися при певних параметрах транспортного обслуговування. Разом з цим зміна параметрів транспортного обслуговування на маршрутах маршрутного міського пасажирського транспорту позначається на величині попиту, що дослідження якого з використанням натурних методів пов'язано зі значними труднощами. Альтернативним способом є використання методу моделювання,

застосування якого дає змогу прогнозувати зміни пасажиропотоку в результаті зміни параметрів транспортного обслуговування.

3. Використання модельного підходу вимагає застосування адекватних моделей формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту. Основним проблемним питанням є опис транспортної поведінки пасажирів, що зумовлено сукупністю факторів, які вносять імовірнісний характер в транспортний процес.

4. В результаті аналізу стану наукової думки з дослідження пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту було встановлено, що існуючі наукові та практичні підходи недостатньо повно враховують поведінкові аспекти цього процесу, а саме:

- системні взаємозв'язки між рівнем попиту на послуги міського пасажирського транспорту та характеристиками транспортної пропозиції (зміна одних параметрів перевізного процесу впливає на зміну попиту, та опосередковано впливає на інші);

- сукупність факторів, що характеризують рівень транспортного обслуговування на маршрутах міського пасажирського транспорту, зокрема комфортність пересування, що може бути вимірювана рівнем транспортної стомлюваності пасажирів;

- обмеженість транспортної пропозиції, що полягає в тому, що є гранична величина транспортної послуги, що може бути надана за певний проміжок часу;

- характеристики взаємозв'язку «попит - пропозиція», наслідком якого є погіршення якості транспортної послуги при зростанні попиту на її використання;

- процес вибору пасажирами зупинного пункту при здійсненні пішохідної складової транспортного пересування.

Основні результати дослідження за розділом опубліковані у працях [1, 4, 8, 15, 30, 31, 42, 48, 49, 50].

## РОЗДІЛ 2

### ВИБІР МЕТОДІВ ТА ФОРМУВАННЯ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 2.1 Розробка структурно-логічної схеми дослідження

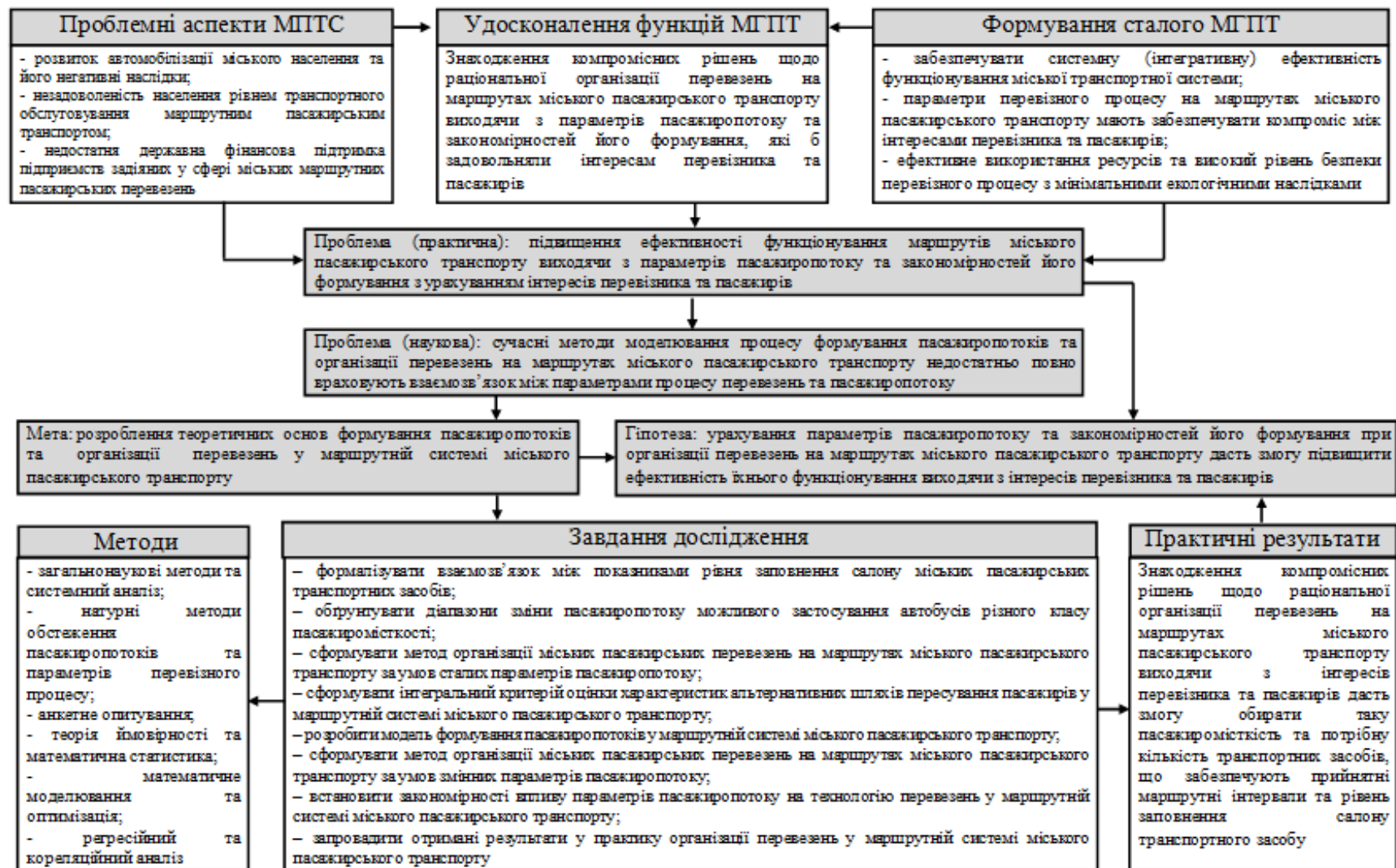
Для систематизації процесу проведення дослідження розроблено структурно-логічну схему, що зображена на рис. 2.1. У запропонованій схемі структуровано відповідність між окремими елементами наукового дослідження, а саме: проблема, що розглядається, її науковий та прикладний аспекти; мета та робоча гіпотеза дослідження; завдання дослідження та методи їхнього вирішення; практичні результати.

До проблемних аспектів функціонування міських пасажирських транспортних систем слід віднести такі:

- розвиток автомобілізації міського населення та його негативні наслідки;
- незадоволеність населення рівнем транспортного обслуговування маршрутним пасажирським транспортом;
- недостатня державна фінансова підтримка підприємств задіяних у сфері міських маршрутних пасажирських перевезень.

Формування сталого міського громадського пасажирського транспорту є можливим у тому випадку якщо організація перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту буде забезпечувати [267 - 270]:

- системну (інтегративну) ефективність функціонування міської транспортної системи;
- параметри перевізного процесу, що забезпечують компроміс між інтересами перевізника та пасажирів;
- ефективне використання ресурсів;



Скорочення: МПТС – міська пасажирська транспортна система, МГПТ – міський громадський пасажирський транспорт

Рисунок 2.1 – Структурно-логічна схема дослідження



- високий рівень безпеки перевізного процесу та мінімальні екологічні наслідки від його виконання.

Слід зазначити, що завдання підвищення ефективності використання ресурсів та зменшення екологічних наслідків перевізного процесу у переважній більшості вирішуються завдяки удосконаленню конструкції транспортних засобів, забезпечення паливної економічності та екологічності двигунів внутрішнього згорання, використання альтернативних джерел енергії на традиційних видах міського пасажирського транспорту (наприклад, електричні автобуси) тощо.

Забезпечення безпеки перевізного процесу здебільшого знаходиться у площині дотримання чинних нормативних вимог до організації перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту та впровадження відповідних заходів з підвищення безпеки дорожнього руху на вулично-дорожній мережі міст.

Удосконалення функцій міського маршрутного пасажирського транспорту може бути забезпечена шляхом знаходження компромісних рішень під час організації перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту виходячи з параметрів пасажиропотоку та закономірностей його формування, які б задовольняли інтересам перевізника та пасажирів.

До інтересів перевізника можна віднести економію витрат часу на пересування, прагнення до скорочення грошових витрат на оплату проїзду, здійснення поїздки у комфортних умовах, що, насамперед, визначається рівнем заповнення салону транспортного засобу. Серед усіх складників транспортного пересування пасажирів віддають найбільшу вагомість витратам часу на очікування прибуття транспортного засобу на зупинному пункті. За умов надмірного заповнення салону транспортного засобу, як найбільш вагомий показник пересування, може розглядатись поїздка у транспорті. Незадовільні умови пересування пасажирів є причиною розвитку транспортної стомлюваності, що під час виконання трудових пересувань позначається на результатах їхньої виробничої діяльності. Час очікування

пасажирів і рівень заповнення залежать від пасажиромісткості та кількості транспортних засобів, що працюють на маршруті.

Підприємства міського пасажирського транспорту зацікавлені у забезпеченні економічної результативності своєї діяльності, що насамперед може бути досягнута завдяки мінімізації експлуатаційних витрат та, відповідно, скороченню собівартості перевезень. Для отримання такого результату перевезення мають виконуватись якомога меншою кількістю транспортних засобів та з максимальним рівнем заповнення.

Отже, інтереси перевізника та пасажирів є протилежно спрямованими та конфліктують.

У межах проблеми, що розглядається, можна виокремити науковий та прикладний аспекти. З позиції практики існує об'єктивна потреба у підвищенні ефективності функціонування маршрутів міського пасажирського транспорту шляхом раціональної організації перевезень виходячи з параметрів пасажиропотоку та закономірностей його формування з урахуванням інтересів перевізника та пасажирів. З наукової точки зору сучасні методи моделювання процесу формування пасажиропотоків та організації перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту недостатньо повно враховують взаємозв'язок між параметрами процесу перевезень та пасажиропотоку.

Зважаючи на зазначене, метою дослідження є розроблення теоретичних основ формування пасажиропотоків організації перевезень у маршрутній системі міського пасажирського транспорту.

При цьому передбачається, що урахування параметрів пасажиропотоку та закономірностей його формування під час організації перевізного процесу на маршрутах міського пасажирського транспорту дасть змогу підвищити ефективність їх функціонування виходячи з інтересів перевізника та пасажирів.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено такі завдання:

- провести аналіз методів організації перевезень у маршрутній системі міського пасажирського транспорту виходячи з параметрів пасажиропотоку та закономірностей його формування;
- формалізувати взаємозв'язок між показниками рівня заповнення салону міських пасажирських транспортних засобів;
- обґрунтувати діапазони зміни пасажиропотоку можливого застосування автобусів різного класу пасажиромісткості;
- сформувати метод організації міських пасажирських перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов сталих параметрів пасажиропотоку;
- сформувати інтегральний критерій оцінки характеристик альтернативних шляхів пересування пасажирів у маршрутній системі міського пасажирського транспорту;
- розробити ітеративну процедуру перерозподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування;
- адаптувати модель змінювання імовірності відмови в посадці на маршрутах міського пасажирського транспорту для проведення мережного розрахунку пасажиропотоків;
- розробити модель формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту;
- сформувати метод організації міських пасажирських перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов змінних параметрів пасажиропотоку;
- встановити закономірності впливу параметрів пасажиропотоку на технологію перевезень у маршрутній системі міського пасажирського транспорту;
- запровадити отримані результати у практику організації перевезень у маршрутній системі міського пасажирського транспорту.

Для вирішення поставлених завдань є можливим з використанням таких методів:

- загальнонаукових методів та методу системного аналізу при встановленні причинно-наслідкових зв'язків між параметрами пасажиропотоку на технологією перевезень у маршрутній системі міського пасажирського транспорту;

- математичного моделювання при розробці моделей формування пасажиропотоків у містах;

- регресійного та кореляційного аналізу при проведенні обробки дослідних та статистичних даних;

- методи натурних спостережень, зокрема табличний метод при обстеженні пасажиропотоків на маршрутах міського пасажирського транспорту;

- анкетний метод при опитуванні пасажирів щодо вибору шляху пересування у системі міського пасажирського транспорту;

- метод математичної оптимізації при обґрунтуванні раціональних параметрів перевізного процесу на маршрутах міського пасажирського транспорту;

- методи теорії ймовірності та математичної статистики при встановленні законів розподілу випадкових характеристик перевізного процесу.

Знаходження компромісних рішень щодо раціональної організації перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту виходячи з інтересів перевізника та пасажирів дасть змогу обирати таку пасажиромісткість та потрібну кількість транспортних засобів, що забезпечують прийнятні маршрутні інтервали та рівень заповнення салону транспортного засобу. Для пасажирів це сприятиме зниженню часу очікування прибуття транспортного засобу на зупинці та забезпечуватиме належний рівень комфорту під час здійснення поїздки. З позиції перевізника це сприятиме підвищенню обсягів перевезень за рахунок надання більш привабливих послуг для пасажирів, зростанню рівня доходів від перевізної

діяльності, у певних випадках дозволить скоротити експлуатаційні витрати та знизити собівартість перевезень.

Вирішення завдання вибору раціональних параметрів перевізного процесу вирішено виконувати із застосуванням методу математичної оптимізації з урахування інтересів обох учасників перевізного процесу, тобто перевізника та пасажирів.

Постановка оптимізаційного завдання передбачає:

- вибір критерію оптимальності;
- завдання цільової функції;
- встановлення керованих змінних;
- встановлення обмежень на параметри цільової функції.

Як керовані змінні застосовуються пасажиромісткість транспортних засобів та щільність заповнення салону транспортного засобу (кількість пасажирів, що припадає на 1 м<sup>2</sup> площі підлоги транспортного засобу призначеного для проїзду пасажирів стоячі) на найбільш завантаженому перегоні маршруту. За змінних параметрах пасажиропотоку критерієм оптимізації виступає максимум прибутку перевізника або мінімум збитковості маршруту (у випадку якщо доходи перевізника перевищують величину експлуатаційних витрат).

## **2.2 Формування системи обмежень та припущень**

У контексті завдання, що розв'язується, запропоновано розрізнити два випадки формування пасажиропотоків, які мають принципові відмінності:

1) параметри пасажиропотоків розглядаються як сталі, що не залежать від параметрів організації перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту;

2) змінні параметри пасажиропотоків, що залежать від параметрів транспортного обслуговування на маршрутах міського пасажирського транспорту.

У першому випадку вирішується завдання вибору раціональних параметрів перевізного процесу за відомих параметрів перевізного процесу таких як: потужність пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту; коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту та напрямками руху на маршруті. Другий випадок пов'язаний з тим, що параметри пасажиропотоків є заздалегідь невизначеними та формуються внаслідок вибору певних параметрів організації перевезень та зумовлені параметрами організації перевезень на інших маршрутах, що формують маршрутну систему. У такому випадку параметри пасажиропотоку формуються під впливом значущих факторів вибору пасажирями шляху пересування у маршрутній системі міського пасажирського транспорту та визначення пасажиропотоків має проводитись на підставі моделювання процесу їх формування у маршрутній системі міського пасажирського транспорту.

Одним з основних параметрів перевезень, що визначає інші параметри перевізного процесу, є пасажиромісткість транспортного засобу. Від того, якої пасажиромісткості транспортні засоби працюють на маршруті залежить їхня потрібна кількість для освоєння заданого обсягу перевезень, інтервали та частота руху, а отже, величина експлуатаційних витрат та рівень транспортного обслуговування пасажирів.

При виконанні постановки завдання керувалися такими припущеннями:

1. Вирішення вибору технологічних параметрів процесу перевезень пасажирів слід виконувати як оптимізаційне завдання.

2. Вибір технологічних параметрів перевізного процесу має виконуватись виходячи з інтересів, як перевізника, так і пасажирів. Рішення, що приймаються, мають забезпечувати компроміс між їхніми інтересами.

3. Керовані зміни мають бути виражені у явному вигляді відносно параметрів перевізного процесу.

4. Передбачається, що попит на перевезення описується параметрами пасажиропотоку: потужністю пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні, коефіцієнтами нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту та напрямками руху, коефіцієнтом змінюваності пасажирів.

5. Постановка задачі має надавати можливість узагальнення отриманих результатів з метою отримання типових рішень, які б враховували низку індивідуальних параметрів маршрутів міського пасажирського транспорту, зокрема: характеристик пасажиропотоку, як за потужністю, так й за нерівномірністю; технічних та технологічних (довжина маршруту, швидкісні характеристики руху транспортних засобів тощо) параметрів. Такий підхід дасть змогу врахувати типологічні особливості маршрутів та ґрунтуючись на загальних закономірностях протікання транспортних процесів обирати оптимальні, або близькі до них (раціональні) параметри транспортного обслуговування.

6. Вибір параметрів перевізного процесу слід виконувати виходячи з обмежень на технічні та технологічні параметри. Межі зміни пасажиропотоків та їх параметри (коефіцієнти нерівномірності за довжиною та напрямками руху) мають відповідати їх дійсним значенням, що спостерігаються на діючих маршрутах.

7. Параметри перевізного процесу визначаються таким чином, щоб засвоїти «пікове» навантаження, яке спостерігається на найбільш завантаженому перегоні маршруту.

8. Витрати перевізника мають бути виражені через пасажиромісткість транспортного засобу. Має бути врахована залежність, що зі зростанням пасажиромісткості транспортного збільшуються експлуатаційні витрати у розрахунку на 1 км його пробігу.

9. Слід виконувати поділ транспортних засобів на класи, що дозволить встановити раціональні сфери їх застосування та на підставі цього розробити відповідні рекомендації.

У випадку сталих параметрів пасажиропотоку оптимізацію вирішено проводити за критерієм мінімуму сукупних витрат перевізника та пасажирів. Згідно до цього цільова функція може бути представлена так:

$$C_{\text{сукуп}} = C_{\text{пер}} + C_{\text{нас}} \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

де  $C_{\text{пер}}$  – витрати транспортного підприємства (перевізника), що пов'язані з виконанням перевізного процесу, грн.;

$C_{\text{нас}}$  – витрати пасажирів у грошовому вимірі, грн.

Для зведення витрат пасажирів та перевізника до одного вимірювання, останні мають бути представлені у грошовому вимірі. До витрат пасажирів віднесено витрати часу на пересування за складниками його здійснення (пішохідний рух, очікування на зупинному пункті, поїздка у транспортному засобі) та оцінка умов комфортабельності пересування, що може бути виконана на підставі розгляду транспортної стомлюваності пасажирів. Для приведення витрат часу до грошового виміру має бути застосований показник вартості вільного часу пасажирів. Розвиток транспортної стомлюваності пасажирів при виконанні трудових пересувань спричиняє зменшення їхнього виробітку на виробництві. За умов відрядної оплати праці це позначається на зменшенні доходу пасажирів.

За змінних параметрів пасажиропотоку як критерій оптимізації прийнято максимум прибутку перевізника або мінімум збитковості маршруту (у випадку, якщо витрати перевізника перевищують доходи від перевезень). Згідно до цього цільова функція може бути представлена так:

$$П_{\text{пер}} = Д_{\text{пер}} - C_{\text{пер}} \rightarrow \max, \quad (2.2)$$

де  $П_{\text{пер}}$  – прибуток перевізника, грн.;

$Д_{\text{пер}}$  – доходи перевізника, грн.



Доходи перевізника визначаються маршрутним тарифом та обсягом перевезених пасажирів. За змінних параметрів пасажиропотоку передбачається, що обсяг перевезень є змінною величиною, що залежить від параметрів організації перевізного процесу на маршруті. Як керовані змінні передбачається застосування пасажиромісткості та кількості транспортних засобів.

При вирішенні задачі оптимізації перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту мають бути сформовані обмеження на параметри, що розглядаються. Формування системи обмежень дає змогу виключити з розгляду заздалегідь нераціональні рішення.

До даних параметрів віднесено такі:

- пасажиромісткість транспортного засобу;
- довжина маршруту;
- рівень заповнення салону транспортного засобу;
- плановий інтервал руху транспортних засобів на маршруті;
- кількість транспортних засобів, що працюють на маршруті;
- потужність пасажиропотоку, що може бути засвоєний транспортними засобами певної пасажиромісткості;
- коефіцієнти нерівномірності пасажиропотоку за довжиною та напрямками руху на маршруті.

Пасажиромісткість транспортного засобу являє собою суму кількості місць для сидіння та кількості пасажирів, що можуть бути розташовані у салоні транспортного засобу стоячи [55]:

$$q_n = q_c + q_{cm} = q_{сид} + F_{cm} \cdot \alpha_n, \quad (2.3)$$

де  $q_c$  - кількість місць у салоні транспортного засобу для проїзду пасажирів сидячи, пас.;

$q_{cm}$  - кількість місць у салоні транспортного засобу для проїзду пасажирів стоячи, пас.;

$F_{cm}$  – площа полу в салоні транспортного засобу для розміщення пасажирів стоячи, м<sup>2</sup>;

$\alpha_n$  – норматив заповнення салону транспортного засобу, пас./м<sup>2</sup>.

Пасажиromісткість транспортного засобу визначається заводом-виготовлювачем з урахуванням нормативних вимог. Згідно до ДСТУ UN/ECE R 52-01:2005 та ДСТУ UN/ECE R 36-03:2005 загальну пасажиромісткість транспортних засобів розраховують таким чином, щоб дотримувались такі дві умови:

$$N \leq P_s + \frac{S_1}{S_{sp}}, \quad (2.4)$$

та

$$N \leq \frac{MT - MV - L \cdot V - R \cdot VX}{Q}, \quad (2.5)$$

де  $P_s$  – кількість місць для сидіння, од.;

$S_1$  – площа для розміщення пасажирів, які стоять, м<sup>2</sup>;

$S_{sp}$  – місце потрібне для одного пасажирів, який стоїть, м<sup>2</sup>/пас;

$MT$  – технічно припустима максимальна маса, кг;

$MV$  – порожня маса, кг;

$L$  – конкретне завантаження багажу в багажному відділенні (відділеннях), кг/м<sup>3</sup>;

$V$  – загальний об'єм багажних відділень, м<sup>3</sup>;

$R$  – конкретна маса багажу на даху, кг/м;

$VX$  – загальна поверхня, призначена для розміщення багажу, який перевозять на даху, м<sup>2</sup>;

$Q$  – передбачувана маса вантажу, яка припадає на кожне місце для сидіння і місце пасажира, який стоїть, якщо такі передбачені, кг.

При проведенні розрахунків за формулою (2.4) значення  $S_{sp}$  приймають 0,125 м<sup>2</sup>/пас., що відповідає ступеню заповнення салону транспортного засобу 8 пас./м<sup>2</sup>.

Автобуси за пасажиромісткістю поділяють на п'ять класів [68, 69, 76, 271]: особливо малий, малий, середній, великий, особливо великий (табл. 2.1, 2.2). У праці [271] автобуси малого класу додатково поділяють на дві підгрупи: II-A (передбачено тільки місця для сидіння, можливо декілька місць для проїзду стоячи ) та II-B (передбачено місця для сидіння та проїзду стоячи).

Таблиця 2.1 – Класифікація міських автобусів за пасажиромісткістю [76]

Клас автобусу за пасажиромісткістю	Пасажиромісткість автобусів, пас.	Габаритна довжина, м
Особливо малий	9 – 14	до 5
Малий	15 – 45	6,0 – 7,5
Середній	46 – 80	8,0-9,5
Великий	81 – 115	10,5 – 16,5
Особливо великий	116 та більше	16,5 та більше

При проведенні подальших досліджень під час поділу автобусів на класи будемо користуватися класифікацією, запропонованою Спіріним І. В. [76] (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Класифікація транспортних засобів залежно від номінальної місткості (для міських умов) [271]

Номер класу	Клас автобусу за місткістю	Номінальна місткість автобусів, пас.	Наявність місць для проїзду пасажирів стоячі
I	Особливо малий	9 - 15	тільки місця для сидіння
II-A	Малий	16 - 25	тільки місця для сидіння (можливо декілька місць для проїзду стоячи )
II-B	Малий	26 - 49	місця для сидіння та проїзду стоячи
III	Середній	50 - 79	місця для сидіння та проїзду стоячи
IV	Великий	80 - 110	місця для сидіння та проїзду стоячи
V	Особливо великий	більше 110	місця для сидіння та проїзду стоячи

Аналіз пасажиромісткості міських автобусів показує, що як максимальна може бути прийнята пасажиромісткість 180 пас. Таке граничне значення пасажиромісткості є характерним для зчленованих автобусів.

Довжина маршруту є важливою характеристикою, що значною мірою зумовлює параметри перевізного процесу. Зазвичай до маршрутної мережі входять маршрути різної протяжності.

Транспортні підприємства, що задіяні у сфері міських пасажирських перевезень, зацікавлені у мінімізації загальної протяжності маршрутної мережі. Це зумовлено тим, що чим менша протяжність маршрутної мережі, тим менше транспортних засобів та трудових ресурсів потрібно для обслуговування попиту на перевезення [272].

Вибір довжини маршрутів визначають конкретні особливості пасажироперевезень [55]: розміщення основних центрів транспортного

тяжіння у плані міста; розподіл пасажиропотоків на транспортній мережі та їх коливання у часі, що визначають характер розподілу навантажень на маршрути за ділянками та пасажирообмін зупинних пунктів.

Середня протяжність маршруту пов'язана з розмірами міста та дальністю поїздки пасажирів. Автори праці [69] на підставі аналізу маршрутних систем міст зазначають, що середня довжина маршруту є в 3 – 4 рази більшою за середню дальність поїздки пасажира (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Залежність середньої відстані поїздки та довжини маршруту від населення та площі міста [69]

Група міст	Населення, тис. мешканців	Площа міста, км <sup>2</sup>	Середня відстань поїздки, км	Середня довжина маршруту, км
I	1000 – 3000	100 – 300	3,0 – 4,5	9 – 18
II – III	300 – 1000	30 – 100	2,15 – 3,0	6 – 12
IV	100 – 300	10 – 30	1,75 – 2,15	5 – 8

Маршрути великої протяжності надають такі переваги :

- забезпечують безпересадкові пересування між периферійними пунктами міста;
- не потребують організації кінцевих зупинних пунктів у центральній частині міста, що зазвичай пов'язано з певними складнощами;
- забезпечують більш високу експлуатаційну швидкість за рахунок меншої питомої ваги часу простою на кінцевих зупинках у часі рейсу.

Натомість, короткі маршрути забезпечують [69]:

- більш рівномірне заповнення транспортних засобів по довжині маршруту;
- більшу регулярність руху транспортних засобів.

До недоліків коротких маршрутів автори праці відносять: високий коефіцієнт пересадочності на мережі, невисокий коефіцієнт використання

пасажиромісткості транспортних засобів, невисоку експлуатаційну швидкість внаслідок більш високих питомих витрат часу при простій транспортних засобів на кінцевих зупинках.

Через ці обставини, короткі маршрути пропонують організовувати у таких спеціальних випадках [55]:

- для здійснення перевезень між потужними пасажироутворюючими та поглинаючими пунктами, що розташовані один від одного на незначному віддаленні, наприклад, між крупною промисловою та житловою зонами;

- на окремих перевантажених ділянках основних маршрутів для зменшення їх перевантаження (як засіб відбору частини пасажиропотоку);

- для обслуговування потужних тимчасових пасажиропотоків, що виникають, наприклад, між центром міста та стадіоном, центром та аеропортом тощо;

- для підвищення або дотримання заданої регулярності руху у напрямках потужних пасажиропотоків, коли транспорт працює на межі пропускної здатності.

Слід враховувати, що середня відстань поїздки пасажирів на маршруті залежить від його довжини. Зазвичай, чим більшою є довжина маршруту, тим більшою є й середня відстань поїздки пасажирів [69].

У праці [85] зазначають, що довжина маршруту має бути визначена такою, що забезпечує час рейсу від 40 до 100 хв.

У праці [273] обмеження на довжину маршруту приймають виходячи з умови, що час обертів не має перевищувати 2 год. Аналогічної думки дотримується автор праці [274]. Він зазначає, що автобусні маршрути значної протяжності можуть спричинити втому водіїв автобуса і, отже, призвести до небезпеки перевезень. Отже, час обертів транспортних засобів не має перевищувати 2 години.

На думку авторів праці [55] оптимальна довжина маршрутів має обиратися з урахуванням дотримання потрібної регулярності руху та режимів праці та відпочинку водіїв. З цих позицій оптимальною вважається довжина

маршруту, що чисельно близька (у кілометрах) до експлуатаційної швидкості (у кілометрах на годину). Така довжина для наземних видів міського пасажирського транспорту складає 14 – 16 км. За зазначеної довжини час руху на маршруті від однієї кінцевої зупинки до іншої складає біля однієї години та водії після години роботи отримують короткочасовий (3 – 5 хв.) відпочинок до часу простою на кінцевому зупинному пункті.

Разом з цим, довжина маршруту не має бути меншою ніж 1,5 км. За меншої довжини маршруту пасажирів будуть віддавати перевагу пішим пересуванням [68].

Для встановлення обмежень за довжиною маршруту було опрацьовано дані щодо протяжності маршрутів наземного міського пасажирського транспорту (автобусні, трамвайні та тролейбусні) у м. Харкові. Загалом було розглянуто 161 маршрут. Мінімальна довжина маршруту складає 2,2 км, а його максимальне значення – 23,4 км. Середня довжина маршруту міського пасажирського транспорту у м. Харкові складає 9,82 км. Весь зазначений діапазон зміни було поділено на 10 класових інтервалів. Для кожного класового інтервалу встановлювали частоту та частість потрапляння випадкової величини.

При встановленні закону розподілення випадкової величини виходили з припущення, що зміна довжини маршруту погоджується з Гамма-розподілом. Оцінку погодженості емпіричного та теоретичного розподілів проводили за критерієм Пірсона. В результаті було встановлено, що імовірність згоди складає 0,528. Це перевищує прийнятий рівень значущості 0,05. На підставі цього було зроблено висновок, що зміна довжини маршрутів може бути описана Гамма-розподілом випадкової величини.

Гістограму та графік щільності розподілу довжини маршрутів міського пасажирського транспорту у м. Харкові зображено на рис. 2.2.

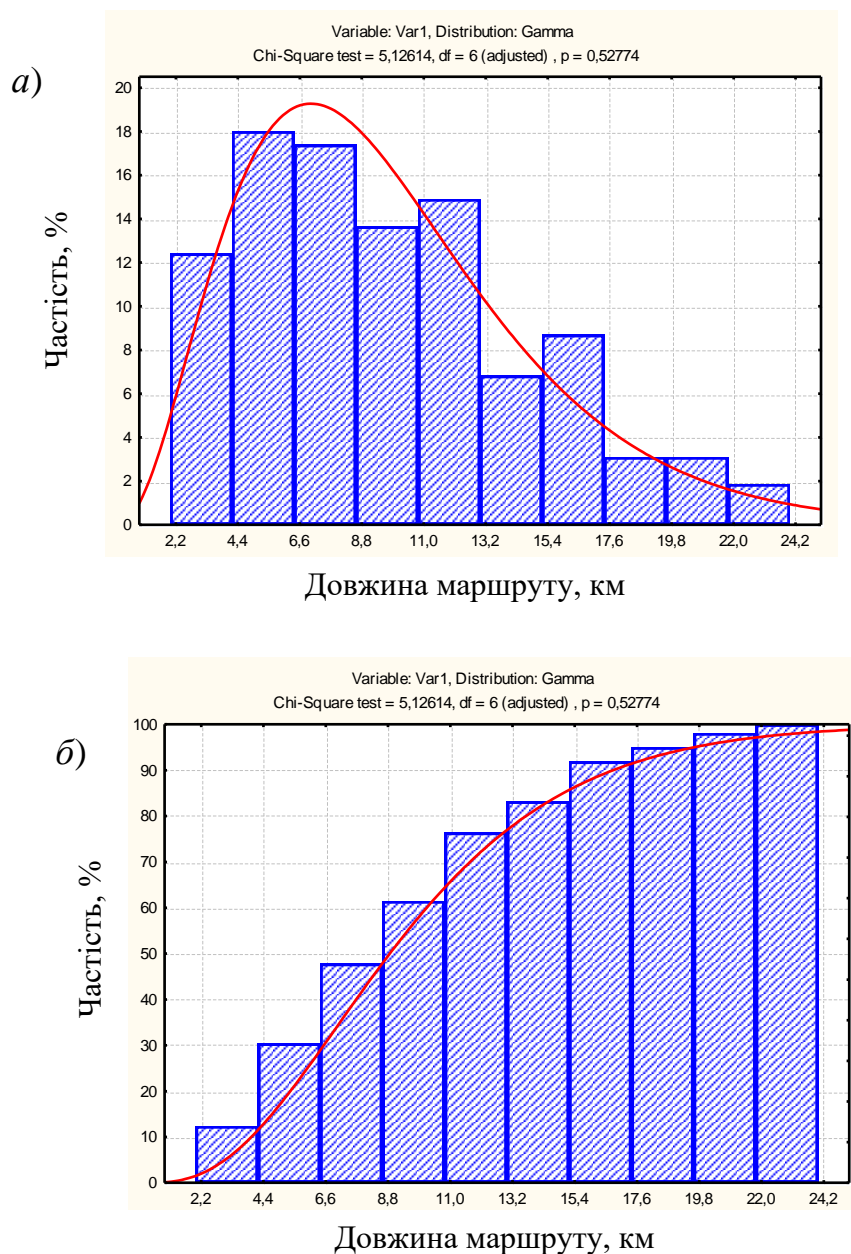


Рисунок 2.2 – Гістограма та графік щільності розподілу довжини маршрутів міського пасажирського транспорту у м. Харкові:

*a)* диференціальна крива розподілу; *б)* інтегральна (кумулятивна) крива розподілу

Аналіз розподілу випадкової величини дав змогу встановити, що довжина 58,4 % маршрутів не перевищує 10 км та 95 % укладаються в діапазон зміни до 20 км. Довжина 94,2 % маршрутів у м. Харкові міститься у



межах від 3 до 20 км. Цей діапазон можна розглядати як типовий під час проведення подальших досліджень.

Одним з параметрів перевізного процесу, на який накладають обмеження, є маршрутний інтервал. Інтервал руху обмежують з двох сторін, тобто йдеться про його мінімальне та максимальне значення. Загалом верхня межа (максимальний інтервал) задається виходячи із умови дотримання прийнятних витрат часу пасажирів на очікування транспорту на зупинних пунктах. Значення мінімального інтервалу обмежено пропускною здатністю доріг, лімітуючих елементів маршруту, вимогами щодо дотримання регулярності та безпеки руху [55].

Автори праці [275] величину мінімально можливого інтервалу руху на маршруті пропонують визначати виходячи з пропускної здатності зупинного пункту:

$$I_{\min} = t_1 + t_2 + \sqrt{\frac{2 \cdot S_a}{a_m}} + \sqrt{\frac{2 \cdot S_a}{a_3}}, \quad (2.6)$$

де  $t_1$  – час для входу та виходу пасажирів, с;

$t_2$  – час на відкривання та закривання дверей, с;

$S_a$  – довжина автомобіля (з урахуванням необхідних зазорів між сусідніми автомобілями), м;

$a_m$  – прискорення при розгоні автомобіля, м/с<sup>2</sup>;

$a_3$  – сповільнення при гальмуванні автомобіля, м/с<sup>2</sup>.

Пропускна здатність зупинного пункту значним чином зумовлена величиною пасажирообміну, що на ньому виконується. Проте, розрахунок за формулою (2.6) призводить до встановлення мінімального інтервалу руху, що у більшості випадків не перевищує 1 хв. У той же час автор праці [68] зазначає, що плановий інтервал руху на маршруті не може бути меншим ніж 1 хв. Це зумовлено тим, що маршрутний розклад розробляють з точністю до

1 хв. У випадку, якщо перевезення будуть плануватись з інтервалом меншим за зазначений, то на такому маршруті не можна бути розробити розклад руху.

Натомість, вибір мінімального інтервалу автори праці [55] пропонують виконувати виходячи з міркувань дотримання регулярності руху та уникнення значних коливань заповнення транспортних засобів викликаних нерегулярністю руху. Забезпечення зазначених умов досягається за інтервалів руху, що не перевищує 2 хв. Аналогічне обмеження застосовують у праці [273], де максимальну частоту руху транспортних засобів приймають 30 од./год, що відповідає мінімальній величині маршрутного інтервалу 2 хв. За даними праці [274], мінімальний інтервал руху має знаходитись у межах від 2 до 3 хв.

При встановленні обмежень щодо верхньої границі маршрутного інтервалу дослідники виходять з різних поглядів.

Виходячи з інтервалу руху транспортних засобів маршрути можуть бути поділені на маршрути з частим рухом (інтервал руху менше ніж 10 хв.) та рідким рухом (інтервал руху перевищує 10 хв.) [55]. У праці [186] зазначають, що частота руху є високою, якщо маршрутний інтервал менший ніж 12-15 хв. Якщо інтервал руху більший ніж 15 хв., то частота руху транспортних засобів є низькою.

Максимальний інтервал руху за умов міських перевезень пропонується приймати таким, що дорівнює 10 хв. [55, 275]. У праці [276] при вирішенні завдання формування схеми автобусних маршрутів виходять з обмеження на максимальний маршрутний інтервал, що дорівнює 12 хв. Автори праці [274] зазначають, що максимальний маршрутний інтервал має знаходитись у межах від 15 до 30 хв., а за межами часу «пік», на деяких маршрутах, максимальний інтервал може сягати 60 хв. У праці [68] пропонується обмежувати маршрутний інтервал величиною 20 хв. у малих містах, а для інших міст він не має перевищувати 15 хв.

У праці [55] пропонують застосовувати як критерій вибору величини максимального інтервалу умови економії витрат часу пасажирів при

здійсненні пересування маршрутним пасажирським транспортом. Виходячи з цих позицій, витрати часу на пересування, включаючи максимальний час очікування на зупинці, не мають перевищувати час, що знадобиться на подолання цієї ж відстані пасажирами пішки.

Оцінка умов дієвості зазначених обмежень може бути проведена таким чином. Витрати часу на подолання шляху, протяжність якого дорівнює середній відстані поїздки пасажиру на маршруті, можуть бути представлені так:

$$t_{niu} = \frac{60 \cdot l_{cep}}{V_{niu}}, \quad (2.7)$$

де  $l_{cep}$  – середня відстань поїздки пасажира, км;

$V_{niu}$  – швидкість руху пішохода, км/год;

Відповідно, витрати часу на подолання цієї ж відстані при користуванні маршрутним пасажирським транспортом можуть бути визначені:

$$t_{mp} = \left( \frac{I_{nl}}{2} + \frac{60 \cdot l_{cep}}{V_c} \right), \quad (2.8)$$

де  $I_{nl}$  – плановий інтервал руху, хв.

$V_c$  – швидкість сполучення на маршруті, км/год.

Якщо прийняти, що для гарантованості результату, пересування маршрутним пасажирським транспортом має забезпечувати вдвічі більшу економію часу ніж пересування пішки

$$t_{niu} \leq 2 \cdot t_{mp}, \quad (2.9)$$

то виходячи із залежностей (2.7) та (2.8), після перетворень, формула для визначення максимальної величини планового інтервалу може бути представлена так:

$$I_{nl}^{\max} = 60 \cdot l_{cep} \left( \frac{1}{V_{niu}} - \frac{2}{V_c} \right). \quad (2.10)$$

Якщо вважати, що швидкість руху пішохода є сталою величиною, то величина  $I_{nl}^{\max}$  зумовлена середньою відстанню поїздки пасажирів та швидкістю сполучення на маршруті.

Зміну максимального інтервалу руху транспортних засобів залежно від середньої відстані поїздки пасажирів та швидкості сполучення на маршруті зображено на рис. 2.3.

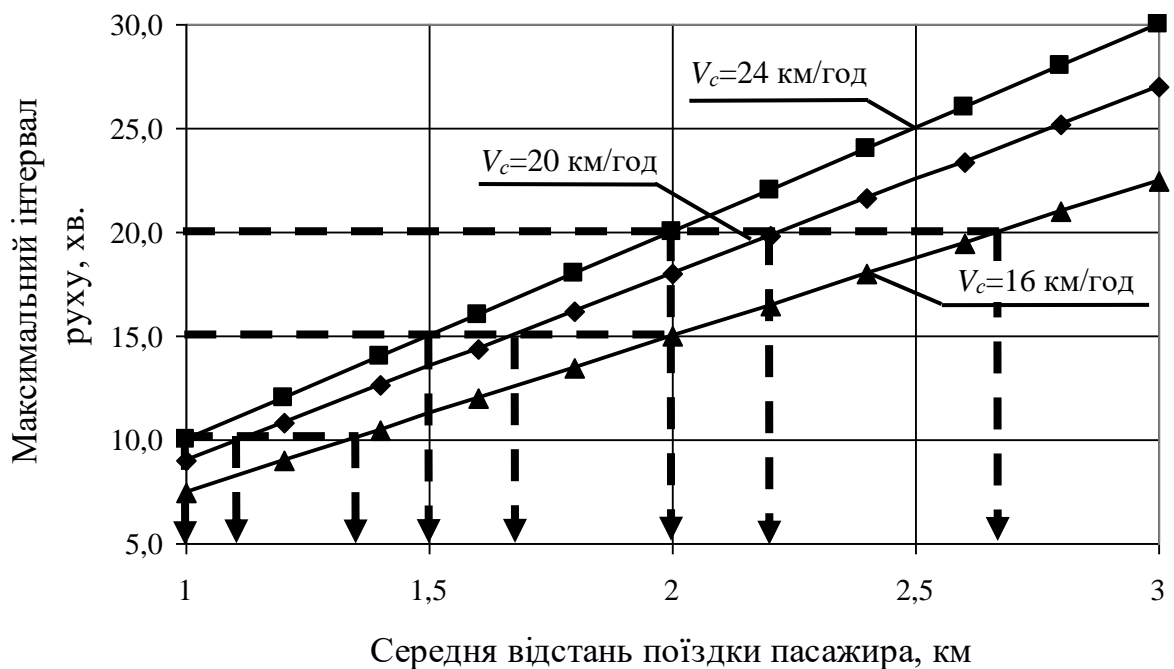


Рисунок 2.3 – Графік залежності максимального маршрутного інтервалу від середньої відстані поїздки пасажирів та швидкості сполучення транспортних засобів на маршруті

При проведенні розрахунків приймали, що швидкість руху пішохода дорівнює 4 км/год, а швидкість сполучення є змінною величиною та приймає такі значення: 16, 20, 24 км/год.

З рис. 2.3 бачимо, що зі зростанням середньої відстані поїздки пасажирів та швидкості сполучення збільшується й максимальне допустиме значення маршрутного інтервалу руху. Разом з цим, за використаних значень розрахункових показників, було встановлено такі умови дієвості обмеження (2.9):

- обмеження на максимальний інтервал, що не перевищує 10 хв. слід враховувати на маршрутах, на яких середня відстань поїздки пасажирів менша ніж 1,33 км;

- обмеження на максимальний інтервал 15 хв. є дієвим у випадку середньої відстані поїздки пасажирів, що є меншою за 2 км;

- у випадку, якщо маршрутний інтервал обмежено величиною 20 хв., то виконання умови (2.3) слід розглядати на маршрутах із середньою відстанню поїздки пасажирів меншою за 2,67 км.

Виходячи із зазначеного можна дійти висновку, обмеження на інтервал руху (2.9) є дієвим за невеликої відстані поїздки, що може спостерігатись на маршрутах малої протяжності.

Під час проведення подальших досліджень будемо використовувати такі граничні значення маршрутного інтервалу:

- мінімальний маршрутний інтервал – 2хв.;
- максимальний маршрутний інтервал – 12 хв.

Обмеження на кількість транспортних засобів, що можуть одночасно працювати на маршруті, може бути виконано на підставі граничних інтервалів руху. Тобто, на маршруті може працювати така кількість транспортних засобів, щоб інтервал руху знаходився у заданих межах. Зважаючи на те, що інтервал руху визначається часом оборотного рейсу, який залежить від протяжності маршруту та умов експлуатації транспортних

засобів, то обмеження на кількість транспортних засобів слід розглядати як змінну величину.

Аналіз проведений у розділі 1 показав, що норми рівня заповнення салону транспортного засобу відрізняються у різних країнах світу. Проте як гранично припустимий експлуатаційний норматив використовується щільність заповнення  $8 \text{ пас./м}^2$ . Нижня межа щільності заповнення може бути прийнята як  $0 \text{ пас./м}^2$ , що відповідає умовам відсутності пасажирів, які здійснюють поїздку стоячи.

Автобусний (окрім випадку використання автобусів особливо малої пасажиромісткості), тролейбусний або трамвайний маршрут відкривають за дотримання низки умов, серед яких потужність пасажиропотоку в одному напрямку має бути не менше ніж 100 пас. Автобусний маршрут, на якому використовуються автобуси особливо малої місткості, що працюють у режимі «маршрутного таксі», можуть бути організовані за меншої інтенсивності пасажиропотоку [68].

Під час обґрунтування потужності пасажиропотоку, за якої можуть бути застосовані автобуси певного класу пасажиромісткості, будемо виходити з положень праці [55], згідно до яких, обмеження на величину пасажиропотоку пропонують визначати так:

- мінімальне обмеження на величину пасажиропотоку визначають виходячи із умов можливості організації перевезень пасажирів транспортними засобами мінімальної пасажиромісткості з інтервалом, що не перевищує максимально допустимого;

- при визначенні максимального пасажиропотоку виходять із можливості організації перевезень транспортними засобами максимальної пасажиромісткості за умов дотримання інтервалів, що не є меншими мінімально допустимого значення.

Згідно до зазначеного мінімальну та максимальну потужність пасажиропотоку пропонується визначати виходячи із залежностей [55]:

$$F_{\max}^{\min} = \frac{60}{I_{nl}^{\max}} \cdot q_n^{\min}, \quad (2.11)$$

$$F_{\max}^{\max} = \frac{60}{I_{nl}^{\min}} \cdot q_n^{\max}, \quad (2.12)$$

де  $I_{nl}^{\min}$ ,  $I_{nl}^{\max}$  – відповідно мінімально та максимально допустимі планові інтервали руху транспортних засобів, хв.;

$q_n^{\min}$ ,  $q_n^{\max}$  – відповідно мінімальна та максимальна пасажиромісткість транспортного засобу, пас;

Слід зазначити, що у праці [55] розглядають лише граничні межі пасажиропотоку використання транспортних засобів без поділу їх на класи. Натомість, більш прийнятним є диференційований підхід. Крім цього, наявний метод визначення граничних значень пасажиропотоку не враховує того, що організація перевезень може плануватись з різним ступенем заповнення салону транспортного засобу. Виходячи із зазначеного, мінімальна та максимальна потужність пасажиропотоку, що може бути засвоєна автобусами класу місткості  $\varphi$  визначається за такими залежностями:

$$F_{\max \varphi}^{\min} = \frac{60}{I_{nl}^{\max}} q_{n\varphi}^{\min} \cdot \gamma_{c \max}(\alpha_d) \cdot \tau, \quad (2.13)$$

$$F_{\max \varphi}^{\max} = \frac{60}{I_{nl}^{\min}} q_{n\varphi}^{\max} \cdot \gamma_{c \max}(\alpha_d) \cdot \tau, \quad (2.14)$$

де  $q_{n\varphi}^{\min}$ ,  $q_{n\varphi}^{\max}$  – відповідно мінімальна та максимальна пасажиромісткість автобусу класу місткості  $\varphi$ , пас;

$\gamma_{c \max} (\alpha_d)$  – статичний коефіцієнт використання пасажиромісткості на найбільш завантаженому перегоні маршруту, значення якого відповідає щільності пасажирів у салоні транспортного засобу  $\alpha_d$ , пас./м<sup>2</sup>;

$\tau$  - тривалість розрахункового періоду, год.

За прийнятих обмежень на величину маршрутного інтервалу (мінімальний плановий інтервал – 2 хв; максимальний плановий інтервал – 12 хв.), враховуючи, що на маршруті можуть бути застосовані автобуси пасажиромісткістю від 9 до 180 пас. з щільністю заповнення на найбільш завантаженому перегоні маршруту 8 пас./м<sup>2</sup> ( $\gamma_{c \max} (\alpha_d)=1$ ), мінімальне значення годинного пасажиропотоку складає 45 пас./год, а максимальне – 5400 пас./год.

Коефіцієнти просторової нерівномірності пасажиропотоку залежать від місцевих умов маршруту та змінюються в широких межах [63]: коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту – від 1,13 до 2,3; коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку за напрямками у години «пік» – в межах 1,05 – 1,75.

Разом з цим, слід враховувати, що як виключення, на експресних маршрутах з пасажиробміном на кінцевих зупинних пунктах коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту буде складати 1,0. Таке значення будемо розглядати як мінімальне для коефіцієнта нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту.

Сформовані обмеження на параметри перевізного процесу зведено до табл. 2.4.

Наступним етапом переходимо вибору методів окремих завдань дослідження.



Таблиця 2.4 – Обмеження на параметри перевізного процесу

Назва параметру	Граничні значення	
	мінімальне	максимальне
Пасажиромісткість автобусу, пас.	9	180
Довжина маршруту, км	3	20
Потужність пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту, пас./год	45	5400
Кількість транспортних засобів, що працюють на маршруті, од.	Змінна величина, що залежить від часу оберту транспортних засобів на маршруті та прийнятих обмежень на величину маршрутного інтервалу	
Щільність заповнення салону транспортного засобу, пас./м <sup>2</sup>	0	8
Плановий інтервал руху транспортних засобів на маршруті, хв.	2	12
Коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту	1,0	2,3
Коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку за напрямами руху на маршруті	1,05	1,75

### 2.3 Вибір методів дослідження

Оцінку комфортабельності пересування будемо проводити за методикою визначення рівня транспортної стомлюваності пасажирів, що запропонована Долею В. К. та Гюлевим Н. У. [77, 165, 277]. Згідно до

зазначеної методики передбачається послідовне встановлення показника функціонального стану при здійсненні пересування.

Функціональний стан пасажирів після очікування на зупинному пункті визначається за такою формулою [77, 165, 277]:

$$P_1 = 0,33 + 0,915(P_n(1 - 0,28 \ln(t_{oc} + 1)) + 1,12 \ln(t_{oc} + 1)) + 0,00107 t_{oc}, \quad (2.15)$$

де  $P_n$  – значення початкового показника функціонального стану пасажирів (перед початком очікування), бали;

$t_{oc}$  – час очікування пасажиром на зупинному пункті, хв.

Значення показника функціонального стану після здійснення маршрутної поїздки визначається за формулою [77, 165, 277]:

$$P = -0,21 + 1,045(P_1(1 - 0,14(k\gamma_{mn} + 0,6) \ln t_{mn}) + k\gamma_{mn}(k\gamma_{mn} + 0,6) \ln t_{mn}), \quad (2.16)$$

де  $k$  – коефіцієнт пропорційності;

$\gamma_{mn}$  – коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортного засобу при здійсненні маршрутної поїздки;

$t_{mn}$  – час здійснення маршрутної поїздки, хв.

Коефіцієнт пропорційності, що входить до залежності (2.16) визначається так [77, 165, 277]:

$$k = 1 + \left( \frac{\gamma_{mn}^*}{\gamma_{mn}} \right)^2 - \frac{\gamma_{mn}^*}{\gamma_{mn}}, \quad (2.17)$$

де  $\gamma_{mn}^*$  – коефіцієнт заповнення салону транспортного засобу під час маршрутної поїздки, величина якого зумовлена зайнятістю місць для сидіння пасажирів.

Значення  $\gamma_{mn}^*$ , що дорівнює 0,218, прийняте як усереднене при проведенні досліджень впливу параметрів транспортного процесу на продуктивність праці у суспільному виробництві [77, 165, 277].

Для оцінки зміни показника функціонального стану пасажирів при здійсненні пішохідного складника транспортного пересування може бути застосована залежність такого вигляду [278]:

$$P_{\kappa} = 0,107 P_{\text{до}} (\sqrt{12,694 \cdot t_{\text{пш}} + 1} + 8,318), \quad (2.18)$$

де  $P_{\text{до}}$  – значення показника функціонального стану перед початком пішохідного руху, бали;

$t_{\text{пш}}$  – час пішого руху, год.

Застосування залежностей (2.15) – (2.18) дає змогу визначати зміну функціонального стану пасажирів, як при здійсненні маршрутних, так і мережних (пересувань з пересадженнями) поїздок.

Залежно від значення показника функціонального стану, з яким він завершує пересування (прибуває до місця прикладення праці), зміна виробітки пасажирів виражається такою залежністю [77, 165, 277]:

$$W_{ij} = -0,0709 + 0,545(P_{\kappa ij} - 3)^2, \quad (2.19)$$

де  $W_{ij}$  – відсоток зниження змінного виробітку пасажирів внаслідок розвитку транспортної стомлюваності, %;

$P_{\kappa}$  – функціональний стан пасажирів наприкінці пересування пасажирів між районом відправлення  $i$  та призначення  $j$ , бали.

Залежно від величини  $W_{ij}$  визначається зниження доходу пасажирів викликане транспортним стомленням [77, 165, 277]

$$C_{oij} = \frac{D_m W_{ij}}{D_{pm} 100}, \quad (2.20)$$

де  $D_m$  – дохід пасажирів за місяць, грн.;

$D_{pm}$  – кількість робочих днів на місяць, днів.

Як було зазначено у розділі 1, інтервал руху транспортних засобів на маршруті є тим показником, що впливає на транспортну поведінку пасажирів. За високої частоти руху, здебільшого, пасажирів здійснюють підхід до зупинки міського пасажирського транспорту у довільні проміжки часу не орієнтуючись на розклад руху. За низької частоти руху більшість пасажирів завчасно планують час підходу до зупинки, виходячи з розкладу руху транспортних засобів на маршруті [279, 280]. Ці обставини мають бути враховані при визначенні середнього часу очікування пасажирів.

У праці [281] час очікування пасажирів на зупинному пункті маршруту визначають залежно від величини маршрутного інтервалу за такою залежністю:

$$W(H) = \begin{cases} \frac{H}{2}, & H \leq T; \\ T - \frac{T}{2} e^{\left(1 - \frac{H}{T}\right)}, & H > T. \end{cases} \quad (2.21)$$

де  $H$  – величина маршрутного інтервалу, хв.

$T$  – величина порогового значення інтервалу руху, хв.

Як граничне значення у праці [281] прийнято значення  $T$ , що дорівнює 10 хв.

Згідно до залежності (2.21), при  $H \leq T$  вважається, що пасажирів надходять до зупинного пункту випадково та середній час очікування дорівнює половині інтервалу руху. При високих інтервалах руху, тобто  $H > T$  виходять із припущення, що пасажирів ознайомлені з розкладом руху

та прибувають на зупинний пункт дещо завчасно до моменту подачі транспортного засобу. За таких умов, час очікування при зростанні інтервалу руху транспортного засобу асимптотично наближається до значення  $T$ .

У праці [236] запропонована логарифмічна функція для оцінки середнього часу очікування:

$$T_w = \begin{cases} \frac{h}{2}, & h \leq 5 \text{ хв}; \\ \frac{1,5}{(\ln 10 - \ln 5)} \ln h + 2,5 - \frac{1,5}{(\ln 10 - \ln 5)} \ln 5, & h > 5 \text{ хв}. \end{cases} \quad (2.22)$$

де  $h$  – інтервал руху на маршруті, хв.

Згідно до залежності (2.2) граничне значення маршрутного інтервалу, що поділяє частоту обслуговування на низьку та високу приймається 5 хв.

Аналогічного підходу застосовують автори праці [282, 283], які пропонують визначати середні витрати часи пасажирів на очікування транспортного засобу виходячи з такої залежності;

$$t_w = \begin{cases} t_w^a = w + \mu \frac{\varepsilon}{f}, & \text{якщо } f < \bar{f} \\ t_w^b = \frac{\varepsilon}{f}, & \text{якщо } f \geq \bar{f} \end{cases}, \quad (2.23)$$

де  $f$  – частота руху транспортних засобів, од./год;

$\varepsilon$  – параметр моделі, значення якого залежить від регулярності руху транспортних засобів ( $\varepsilon \geq 1/2$ );

$w$  – середній час завчасного прибуття пасажирів на зупинний пункт при низькій частоті обслуговування, год;

$\mu$  – параметр моделі, що характеризує зменшення часу очікування у разі запланованого часу прибуття пасажирів на зупинний пункт (за розкладом) порівняно з випадковим прибуттям ( $\mu < 1$ );

$\bar{f}$  – порогове значення частоти руху за якого пасажирів використовують різні поведінкові стратегії (прибуття на зупинний пункт згідно до розкладу руху або випадкове прибуття до зупинного пункту).

Значення  $\bar{f}$  у залежності (2.23) приймають таким, що дорівнює 5 од./год. Таке значення відповідає величині маршрутного інтервалу руху 12 хв.

У подальших дослідженнях обмежимося розглядом маршрутів міського пасажирського транспорту, що працюють у звичайному режимі з високою частотою руху.

Для визначення середнього часу очікування пасажирів будемо використовувати залежність [77, 79, 284]:

$$t_{оч} = \frac{I_{пл}}{2} + \frac{\sigma^2}{2I_{пл}} + \frac{P_{від}}{1 - P_{від}} I_{пл}, \quad (2.24)$$

де  $I_{пл}$  – плановий інтервал руху на маршруті, хв.;

$\sigma$  – середнє квадратичне відхилення фактичного інтервалу руху від планового, хв.;

$P_{від}$  – імовірність відмови пасажиру в посадці.

Розрахунок імовірності відмови пасажирам в посадці будемо виконувати на підставі залежності [77, 79, 284]:

$$P_{від_i} = \sum_{\Delta I_z = -I_{сп}}^{I_{сп}} \left[ \left( \sum_{K=\omega_i+1}^M \frac{(\lambda_i (I_{сп} + \Delta I_z))^K}{K!} e^{-(\lambda_i (I_{сп} + \Delta I_z))} \frac{K - \omega_i}{K} \right) \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{\Delta I_z^2}{2\sigma^2}} T \right], \quad (2.25)$$

де  $\lambda$  – інтенсивність прибуття пасажирів на зупинний пункт, пас./хв.;

$K$  – кількість пасажирів, які прибувають на зупинний пункт, пас.;

$\omega_i$  – кількість вільних місць в салоні транспортного засобу, пас.;

$I_{cp}$  – математичне очікування інтервалу руху,  $T_{об}/A = I_{cp}$ , хв.;

$M$  – максимально можлива кількість пасажирів, які підійшли до зупинного пункту, пас.;

$\sigma$  – середнє квадратичне відхилення інтервалу руху,  $0 \leq I \leq 2I_{cp}$ , хв.;

$T$  – крок зміни інтервалу,  $T = 2I_{cp}/n$ , хв.

Згідно до залежності (2.25) передбачається, що підхід пасажирів підпорядкований закону розподілу Пуассона, а моменти часу подання транспортних засобів на зупинку є нормально розподіленими.

Проведення вартісної оцінки витрат транспортного часу є предметом досліджень багатьох вчених [75, 171, 241 -245, 275, 284 - 289].

Вартісна оцінка витрат транспортного часу може бути здійснена виходячи з об'єктивного чи суб'єктивного підходів. За об'єктивного підходу вартісну оцінку часу намагаються проводити виходячи з врахування тих чинників, що можуть бути безпосередньо виміряні та приведені до грошового виміру [275]. За такого підходу вартість транспортного часу визначають шляхом спостереження за транспортною поведінкою пасажирів та тими рішеннями, що вони приймають здійснюючи вибір. Наприклад, зменшення транспортного часу пасажир може досягти завдяки використанню більш швидкісного транспорту, або зміни місця мешкання на те, що розташовано ближче до місця прикладення праці. Проте, зазвичай, це вимагає більше грошових витрат. Таким чином, аналізуючи рішення, що приймають пасажир можна побічно здійснити грошову оцінку витрат транспортного часу на підставі аналізу грошових витрат, які пасажир фактично несуть для зменшення витрат транспортного часу[242].

Суб'єктивний – виходять з тих грошових витрат, що пасажир ладен нести з метою економії транспортного часу [243].

Методи вартісної оцінки транспортного часу можуть бути поділені на такі групи [243]: виробничий метод; метод доходів (*revenue method*); метод витрат (*cost-of-time method*); дохідно-витратний метод.

Під час проведення вартісної оцінки виходять з того, що користувачі транспортної системи прагнуть до максимізації корисності від спожитих послуг. Проте, як обмеження виступає таке [242]:

- величина витрат обмежена величиною доходу, для отримання якого людина витрачає певний час при виконанні трудової діяльності;

- час, що витрачається на трудову діяльність, дозвілля та пересування може перерозподілятися, проте обмежений кількістю годин у добі.

Концептуальні основи щодо одержання інформації про характер цінності економії часу, що витрачається на пересування полягають у такому [242]:

- зважаючи, що час може бути перерозподілений за видами діяльності та, оскільки, протягом робочого часу виробляються блага, що є прямим джерелом добробуту, то зменшення витрат транспорту має вагомое соціальне значення;

- оскільки індивідуальні уподобання варіюються так само, як і вартість часу, практичне застосування вимагатиме деякої спрощеної класифікації;

- у той час як робочий час визначається ставкою заробітної плати, не робочий час (вільний час) може бути вимірний емпірично;

- оскільки витрата часу викликана певною діяльністю, то значущість часу пов'язана зі значущістю тієї діяльності на яку він витрачається;

- оскільки вагомість економії часу являє співвідношення між граничною корисністю часу та грошей, то вона залежить від бюджетних обмежень (рівня доходу) людини та його індивідуальних характеристик.

У праці [284] виявлені такі закономірності щодо вартісної оцінки витрат часу при користуванні пасажирським транспортом:

- встановлено, що вартісна оцінка транспортного часу зростає зі збільшенням величини внутрішнього валового продукту (коефіцієнт еластичності складає 0,75);

- величина вартості часу здійснення поїздки зростає із збільшенням її відстані та зумовлена видом транспорту, що використовується;



- оцінка часу пішого руху та очікування не зростає так сильно зі зростанням відстані, до того ж інтервал руху стає менш значущим із зростанням відстані поїздки;

- вагомість витрат часу зумовлена характеристиками користувача (власники легкових автомобілів, користувачі громадського транспорту певного виду) та використовуваним видом транспорту;

- значущість часу пішого руху, очікування та інтервалу руху залежить від типу користувача;

- користувачі індивідуальних автомобілів сприймають пішохідний рух та очікування вкрай несприятливо, у той час як пасажирів автобусів мають найменшу оцінку цих складників;

- оцінка часу здійснення трудових пересувань є не занадто більшою ніж культурно-побутових;

- значущість часу пішохідного руху та очікування значною мірою зумовлені погодними умовами;

- значущість часу пішохідного руху та очікування зростають зі зростанням тривалості цих складників;

- в середньому час пішохідного руху є вдвічі більш вагомим ніж час здійснення поїздки;

- найбільшу вагомість має час очікування.

Вартість транспортного часу має бути виражено через величину доходу пасажирів [171, 242, 275]. Збережений транспортний час під час службових пересувань рекомендується оцінювати за годинною ставкою заробітної плати [242].

Вартісна оцінка витрат часу залежить від мети пересування. Трудові пересування вимагають своєчасного прибуття до місць прикладення праці, натомість за пересуваннях у культурно-побутових цілях такі вимоги зазвичай є менш вагомими [241].

Також, слід враховувати, що важливим є, насамперед, часовий проміжок економії часу. Чим більша його величина, тим більшу значущість віддають пасажери зекономленому часу [242].

Автори праці [75] зазначають, що оцінки витрат часу на пересування за різними методиками дають різні результати, що змінюються у широкому діапазоні. Для відбору логічно несуперечливих вартісних оцінок запропоновано метод визначення фактичного значення цього показника. Цей метод виходить з того припущення, згідно до якого фактична вартісна оцінка транспортного часу буде відповідати тій величині, використання якої у розрахунках, забезпечить вибір такої кількості автобусів на маршруті, що співпадає з фактично експлуатованим.

Для визначення фактичної вартості транспортного часу запропоновано аналітичну залежність такого вигляду [75]:

$$C_{\phi} = \frac{120 \cdot Z'_{АТП} \cdot A^2 \cdot T_{об}}{Q_{\phi} (T_{об}^2 - \sigma^2 \cdot A^2)}, \quad (2.26)$$

де  $Z'_{АТП}$  – витрати АТП на одну автомобіле-годину, г.о.;

$Q_{\phi}$  – годинний обсяг перевезень на маршруті, пас.;

$\sigma$  – середнє квадратичне відхилення від розкладу руху на маршруті, хв.;

$T_{об}$  – час оберту на маршруті, хв.;

$A$  – кількість автобусів, що працюють на маршруті, од.

Слід зазначити, що значення вартісної оцінки часу отримані за формулою (2.26) для різних маршрутів відрізняються. Фактичне значення пропонується визначати як середньозважене за обсягом перевезень на різних маршрутах. Крім того, припущення покладене в основу цього методу згідно до якого фактична кількість автобусів, що працюють на маршрутах міського пасажирського транспорту відповідає оптимальному, є недостатньо обґрунтованим. Це обумовлює доцільність застосування цього методу лише для орієнтовних розрахунків.

За величиною вартісна оцінка витрат часу на пересування може коливатись в широких межах у різних містах та країнах світу та значно відрізнятись для окремих індивідуумів [241, 242].

Вартісна оцінка витрат часу пасажирів у праці [84] прийнята 6,75 Євро/год (м. Амстердам, Нідерланди). У праці [132] для м. Париж (Франція) автори приймають середню вартість часу 12 €/год при середній заробітній платі у 2010 р. - 2440 €.

У праці [251] при вирішенні завдання короткострокового прогнозування обсягів перевезень громадським пасажирським транспортом у м. Гаага (Нідерланди) при формуванні функції узагальненої вартості пересування виходили з того, що вартісна оцінка витрат часу пасажирів на здійснення поїздки становить 6 Євро/год, а вартісна оцінка часу очікування у 1,5 рази вища ніж для поїздки у транспортному засобі та складає 9 Євро/год.

У праці [171] транспортний час пасажирів визначається виходячи з доходу пасажирів. При цьому вартість часу на здійснення поїздки та очікування транспорту приймають однаковою та визначають за формулою:

$$c = \frac{1}{24} \times \frac{income}{30}. \quad (2.27)$$

де *income* – місячний дохід пасажирів.

Аналогічну за сутністю залежність запропоновано у праці [275]. Автори визначають вартісну оцінку витрат вільного часу пасажирів виходячи з середньої місячної заробітної плати працівника:

$$C_{св} = \frac{ЗП_{ср}}{\Phi_{км} - (\Phi_{рм} + \Phi_{ом})}, \quad (2.28)$$

де  $ЗП_{ср}$  – середня місячна заробітна плата одного працівника, грн.;

$\Phi_{км}$  – годинний фонд календарного місяця, год.;

$\Phi_{pm}$  – місячний фонд робочого часу, год.;

$\Phi_{om}$  – місячний фонд часу, що витрачається на сон, приготування та прийом їжі та ін. (стала частина витрат, приймається 10 год/добу), год.

За умов змінних параметрів пасажиропотоку має проводитись моделювання процесу формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту. Основна описова складність моделей формування пасажиропотоків зумовлена імовірнісним характером вибору пасажирями шляху пересування. Як було зазначено у розділі 1, під час дослідження транспортної поведінки пасажирів загалом застосовують два підходи: виявлених та виказаних вподобань. Перший ґрунтується на фіксації фактично виконаних рішень безпосередньо під час здійснення пересувань. Другий полягає у тому, що респондентам надаються декілька гіпотетичних альтернатив та вони на підставі їх порівняння обирають одну з можливих. До основного недоліку методу виказаних вподобань відносять його невисоку точність через суб'єктивність оцінних суджень. Разом з цим, метод виявлених вподобань забезпечує більш достовірні результати, але є більш трудомістким та складним під час проведення обстежень та обробки отриманих результатів.

Під час дослідження закономірностей вибору пасажирями шляху пересування у маршрутній системі міського пасажирського транспорту будемо застосовувати метод виявлених вподобань.

Наступним кроком проводимо порівняльний аналіз показників рівня заповнення міських пасажирських транспортних засобів.

#### **2.4 Порівняльний аналіз показників рівня заповнення міських пасажирських транспортних засобів**

В результаті аналізу, проведеного у розділі 1, було виокремлено показники, що використовуються для оцінки рівня заповнення салону

маршрутних пасажирських транспортних засобів. До цих показників віднесено такі:

- кількість пасажирів, що припадає на 1 м<sup>2</sup> підлоги салону транспортного засобу призначеного для проїзду пасажирів стоячі (щільність заповнення) ( $\alpha$ );

- питома площа підлоги транспортного засобу, що припадає на одного пасажирів, що здійснює проїзд стоячі ( $F_{num}$ );

- коефіцієнти використання пасажиромісткості, що визначається як відношення кількості пасажирів у салоні транспортного засобу до його номінальної місткості ( $\gamma$ );

- коефіцієнт заповнення, що визначається як відношення кількості пасажирів у салоні транспортного засобу до кількості місць для сидіння ( $LF$ ).

Значення зазначених показників на певному перегоні може бути визначена за такими залежностями:

- кількість пасажирів, що припадає на 1 м<sup>2</sup> підлоги салону транспортного засобу призначеної для проїзду пасажирів стоячи:

$$\alpha = \begin{cases} 0, & \text{при } N_c \leq q_c \\ \frac{N_c - q_n}{F_c}, & \text{при } N_c > q_c \end{cases}, \quad (2.29)$$

де  $N_c$  – кількість пасажирів у салоні транспортного засобу, пас.;

- питома площа підлоги салону транспортного засобу у розрахунку на одного пасажирів, що здійснює проїзд стоячи:

$$F_{num} = \frac{F_c}{N_c - q_n} = \frac{1}{\alpha}, \quad N_c > q_c, \quad \alpha > 0 \text{ пас./м}^2; \quad (2.30)$$

- коефіцієнт використання пасажиромісткості, що визначається як відношення кількості пасажирів у салоні транспортного засобу до його номінальної місткості:

$$\gamma_c = \frac{N_c}{q_n}; \quad (2.31)$$

- коефіцієнт заповнення, що визначається як відношення кількості пасажирів у салоні транспортного засобу до кількості місць для проїзду пасажирів сидячи:

$$LF = \frac{N_c}{q_c} \cdot 100\%. \quad (2.32)$$

Оскільки  $F_c$  зазвичай не вказують у технічних характеристиках транспортних засобів, то залежність (2.29) з урахуванням формули (2.3) може бути представлена у більш зручному для застосування вигляді:

$$\alpha = \begin{cases} 0, & \text{при } N_c \leq q_c \\ \frac{(N_c - q_c) \cdot \alpha_n}{q_n - q_c}, & \text{при } N_c > q_c \end{cases} \quad (2.33)$$

Наведемо приклад розрахунку зазначених показників рівня заповнення двох видів транспортних засобів міського пасажирського транспорту (див. табл. 2.5, 2.6): тролейбус ЛАЗ-Е183 ( $q_c=30$  пас.;  $q_n=100$  пас. при  $\alpha_n=8$ пас./м<sup>2</sup>) та вагон метрополітену типу 81-718/719 ( $q_c=40$  пас.;  $q_n=254$  пас. при  $\alpha_n=8$ пас./м<sup>2</sup>).

Графічну інтерпретацію результатів розрахунку зображено на рис. 2.4.

Таблиця 2.5 – Зміна показників ступеня заповнення салону тролейбусу  
ЛАЗ-Е183

$N_c$ , пас.	$\alpha$ , пас./м <sup>2</sup>	$F_{num}$ , м <sup>2</sup> /пас.	$\gamma_c$	$LF$ , %
10	0,0	-	0,10	33,3
20	0,0	-	0,20	66,7
30	0,0	-	0,30	100,0
40	1,1	0,875	0,40	133,3
50	2,3	0,438	0,50	166,7
60	3,4	0,292	0,60	200,0
70	4,6	0,219	0,70	233,3
80	5,7	0,175	0,80	266,7
90	6,9	0,146	0,90	300,0
100	8,0	0,125	1,00	333,3
110	9,1	0,109	1,10	366,7
120	10,3	0,097	1,20	400,0

Таблиця 2.6 – Зміна показників ступеня заповнення вагону метрополітену типу 81-718/719

$N_c$ , пас.	$\alpha$ , пас./м <sup>2</sup>	$F_{num}$ , м <sup>2</sup> /пас.	$\gamma_c$	$LF$ , %
10	0,0	-	0,04	25,0
30	0,0	-	0,12	75,0
50	0,4	2,675	0,20	125,0
70	1,1	0,892	0,28	175,0
90	1,9	0,535	0,35	225,0
110	2,6	0,382	0,43	275,0
130	3,4	0,297	0,51	325,0
150	4,1	0,243	0,59	375,0
170	4,9	0,206	0,67	425,0
190	5,6	0,178	0,75	475,0
210	6,4	0,157	0,83	525,0
230	7,1	0,141	0,91	575,0
250	7,9	0,127	0,98	625,0
270	8,6	0,116	1,06	675,0
300	9,7	0,103	1,18	750,0

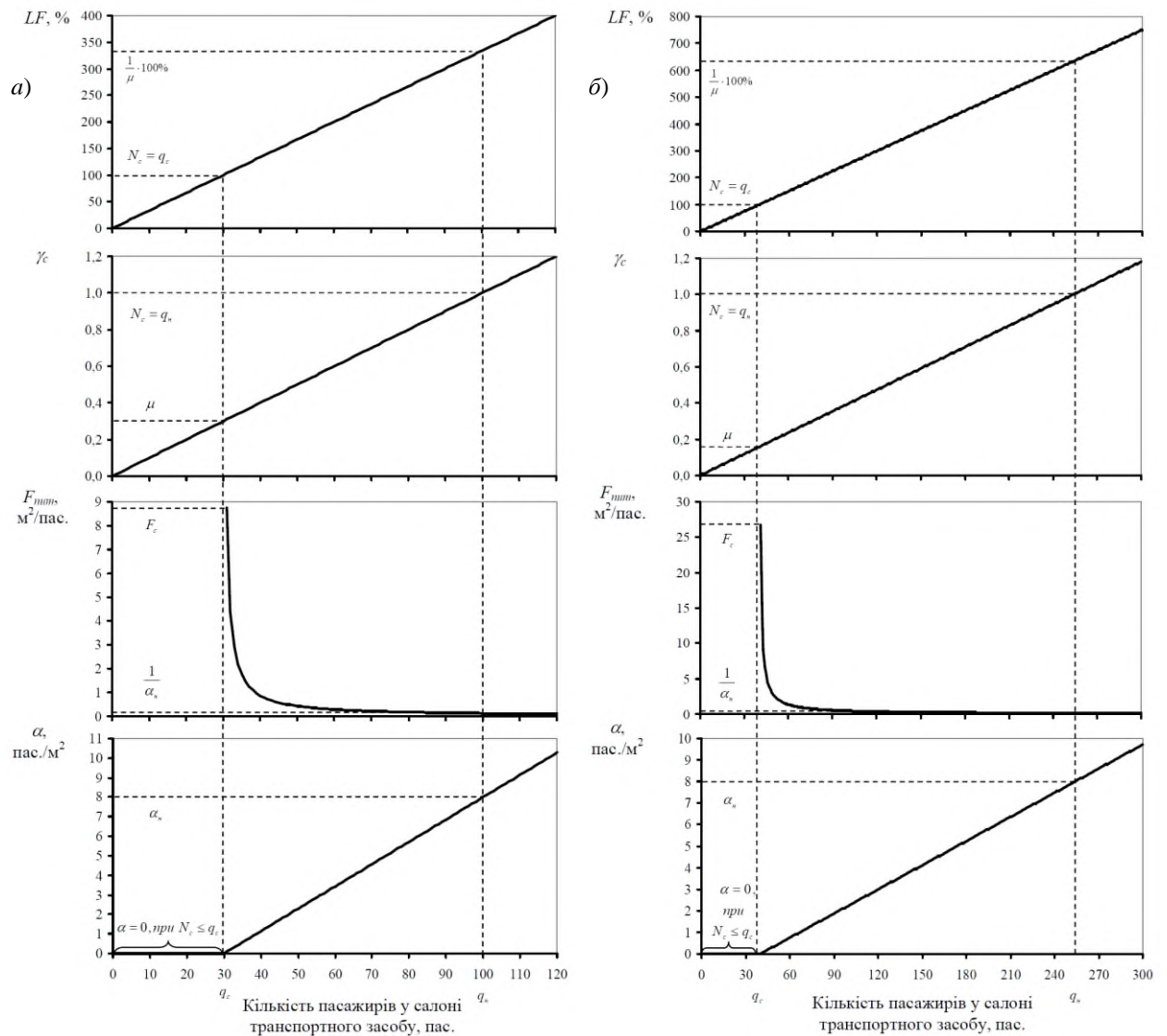


Рисунок 2.4 – Графіки зміни показників ступеня заповнення міських пасажирських транспортних засобів:

а) тролейбус ЛАЗ-Е183; б) вагон метрополітену типу 81-718/719.

З рис. 2.4 бачимо, що зі зростанням кількості пасажирів у салоні транспортного засобу, яке не перевищує кількості місць для проїзду пасажирів сидячі, щільність заповнення дорівнює 0 пас./м<sup>2</sup>. У подальшому збільшення кількості пасажирів у салоні транспортного засобу призводить до відповідного зростання  $\alpha$  за лінійною залежністю. За кількості пасажирів, що відповідає пасажиромісткості транспортного засобу, щільність пасажирів дорівнює  $\alpha_n$ .



Питома площа підлоги салону транспортного засобу в розрахунку на одного пасажера є величиною зворотною до щільності заповнення. З графіку бачимо, що за умови  $N_c \in [0; q_c]$  функція є невизначеною. Проте, таке твердження є обґрунтованим за висунутого припущення, що за наявності вільних місць для проїзду сидячи усі пасажери будуть їх використовувати та пасажери будуть здійснювати проїзд стоячи тільки за умови зайнятості усіх міст для проїзду сидячі. Проте, як зазначають у праці [163], певна частка пасажирів віддають перевагу проїзду стоячи не зважаючи на наявність вільних місць для сидіння.

Максимальне значення питомої площі підлоги спостерігається за наявності одного пасажера у салоні транспортного засобу, що здійснює проїзд стоячи і дорівнює  $F_{ст}$ . Подальше зростання кількості пасажирів позначається на зменшенні показника  $F_{num}$  за гіперболічною функцією. За умови  $N_c = q_n$  питома площі підлоги дорівнює  $1/\alpha_n$ .

Недоліком показників щільності заповнення та питомої площі салону транспортного засобу є те, що вони не характеризують рівень використання місць для проїзду пасажирів сидячі. Проте вони є об'єктивною характеристикою та легкою для суб'єктивної оцінки рівня заповнення транспортного засобу.

Показники рівня заповнення  $\gamma$  та  $LF$  зростають при збільшенні пасажирів у салоні транспортного засобу за лінійною залежністю. Граничним значенням показника  $\gamma$ , що характеризує повну зайнятість місць для проїзду сидячі, є таке його значення, що дорівнює  $\mu$  (питома вага кількості місць для проїзду пасажирів сидячі у номінальній пасажиромісткості транспортного засобу). У випадку застосування показнику  $LF$  він характеризує ступінь зайнятості місць для проїзду пасажирів сидячі. Відповідно, повна зайнятість місць для проїзду сидячі досягається за  $LF = 100\%$ . Ця умова виконується незалежно від місткості транспортного засобу.

У випадку коли кількість пасажирів у салоні транспортного засобу дорівнює номінальній місткості, значення  $\gamma$  дорівнює 1,0, а значення показника  $LF$  може бути визначено виходячи із залежності:

$$LF = \frac{1}{\mu} \cdot 100\% \text{ при } N_c = q_n. \quad (2.34)$$

Відповідно до розглянутих умов, значення, що перевищують  $\gamma_c = 1,0$  та  $LF = (1/\mu) \cdot 100\%$ , відповідають щільності заповнення більшої ніж 8 пас./м<sup>2</sup>.

На підставі проведеного порівняльного аналізу показників рівня заповнення салону міських пасажирських транспортних засобів сформовано табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Особливості застосування показників рівня заповнення міських пасажирських транспортних засобів

Показник	Характеристика рівня зайнятості місць для сидіння	Умови повної зайнятості місць для проїзду сидячі	Функція зміни показника	Умови повного заповнення салону транспортного засобу (щільність заповнення 8 пас./м <sup>2</sup> )
$\alpha$ , пас./м <sup>2</sup>	ні	$\alpha > 0$ пас./м <sup>2</sup>	кусково-лінійна	$\alpha \geq \alpha_n$
$F_{num}$ , м <sup>2</sup> /пас.	ні	$F_{num} \leq F_c$	гіперболічна	$F_{num} \geq \frac{1}{\alpha_n}$
$\gamma_c$	так	$\gamma_c \geq \mu$	лінійна	$\gamma_c \geq 1$
$LF$ , %	так	$LF \geq 100\%$	лінійна	$LF \geq \frac{1}{\mu} \cdot 100\%$

Як бачимо, показники заповнення залежать від прийнятого нормативу заповнення салону транспортного засобу ( $\alpha_n$ ) та питомої ваги кількості місць

для проїзду пасажирів сидячі у номінальній пасажиромісткості транспортного засобу ( $\mu$ ).

Аналіз характеристик міських пасажирських транспортних засобів (табл. 2.8) показує, що зі зростанням місткості рухомого складу спостерігається тенденція до зменшення питомої ваги кількості місць для сидіння. Графічну інтерпретацію цієї залежності зображено на рис. 2.5.

Таблиця 2.8 – Питома вага кількості місць для сидіння у номінальній місткості міських пасажирських транспортних засобів

№ п/п	Транспортний засіб (вид транспорту / марка транспортного засобу)	Кількість місць для проїзду пасажирів в сидячі, од.	Пасажиромісткість транспортного засобу (за щільності заповнення 8 пас./м <sup>2</sup> )	Питома вага кількості місць у салоні транспортного засобу	
				для проїзду сидячі	для проїзду стоячи
1	Автобус / Богдан А201.10	24	48	50,0	50,0
2	Автобус / БАЗ А08128	24	70	34,3	65,7
3	Тролейбус / ЛАЗ-Е183	30	100	30,0	70,0
4	Тролейбус / ЛАЗ-Е301	46	180	25,6	74,4
5	Трамвай / КТМ-19(71-619)	30	184	16,3	83,7
6	Метрополітен / Вагон типу 81-718/719	40	254	15,7	84,3

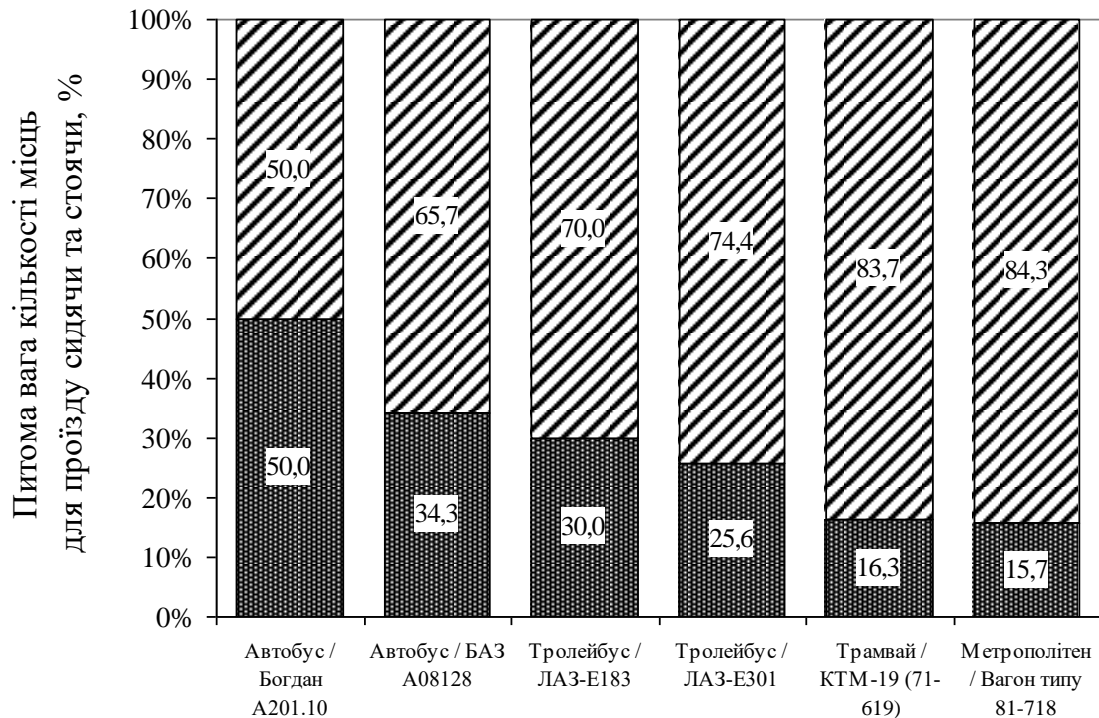


Рисунок 2.5 – Діаграма співвідношення кількості місць для проїзду сидячи та стоячи у різних видах міських пасажирських транспортних засобів:

- - питома вага кількості місць для проїзду сидячі;
- ▨ - питома вага кількості місць для проїзду стоячі

З рис. 2.5 бачимо, що для автобусу марки Богдан А201.10 ( $q_n=48$  пас.) питома вага кількості місць для проїзду сидячі та стоячі становить 50 %, у той час, як для вагону метрополітену 81-718/719 відсоток місць для проїзду сидячі складає 15,7 %, а стоячі – 84,3%.

На підставі проведеного порівняльного аналізу показників рівня заповнення міських пасажирських транспортних засобів можна констатувати таке:

- показники щільності заповнення та питомої площі підлоги транспортного засобу є об'єктивними характеристиками рівня заповнення, що не залежать від пасажиромісткості та планування салону транспортного засобу, проте вони не відбивають зайнятість місць для проїзду сидячі;

- застосування коефіцієнтів використання пасажиромісткості дає змогу проводити оцінку усього діапазону заповнення, проте, для розгляду з позиції комфортності здійснення пасажирами поїздки вони мають бути приведені до відповідності, виходячи з показника щільності заповнення;

- за однакових умов заповнення за показником щільності пасажирів у салоні транспортного засобу значення коефіцієнтів використання пасажиромісткості для транспортних засобів різної місткості можуть значно відрізнятися, що зумовлено різною питомою вагою кількості місць для сидіння у номінальній місткості транспортного засобу;

- зі зростанням пасажиромісткості транспортного засобу спостерігається тенденція до зменшення питомої ваги кількості місць для проїзду пасажирів сидячі у номінальній пасажиромісткості транспортного засобу.

Наступним етапом проводимо формалізацію взаємозв'язку між зазначеними показниками рівня заповнення міських пасажирських транспортних засобів.

## **2.5 Формалізація взаємозв'язку між показниками рівня заповнення**

Щільність заповнення ( $\alpha$ ) є величиною зворотною до питомої площі салону транспортного засобу, що припадає на одного пасажира, який здійснює поїздку стоячі ( $F_{num}$ ):

$$\alpha = \frac{1}{F_{num}}, \quad F_{num} > 0. \quad (2.35)$$

Разом з цим, правомірною є і протилежна залежність:

$$F_{num} = \frac{1}{\alpha}, \quad \alpha > 0. \quad (2.36)$$

Коефіцієнт заповнення, що визначається як відношення кількості пасажирів у салоні транспортного засобу до його номінальної пасажиромісткості ( $\gamma$ ) за щільності заповнення ( $\alpha$ ) може бути визначений так:

$$\gamma = \mu(\alpha_n) + (1 - \mu(\alpha_n)) \frac{\alpha}{\alpha_n}, \quad \alpha \geq 0, \quad (2.37)$$

де  $\mu(\alpha_n)$  – питома вага кількості місць для сидіння у номінальній місткості транспортного засобу;

$\alpha_n$  – щільність заповнення, за якої було визначено номінальну пасажиромісткість транспортного засобу, пас./м<sup>2</sup>.

Виходячи із залежності (2.37) відповідність між  $\alpha$  та  $\gamma$  може бути представлена:

$$\alpha = \begin{cases} 0, & \text{при } \gamma \leq \mu(\alpha_n); \\ \frac{\alpha_n \cdot (\gamma - \mu(\alpha_n))}{1 - \mu(\alpha_n)}, & \text{при } \gamma > \mu(\alpha_n). \end{cases} \quad (2.38)$$

Підставляючи (2.35) до (2.37) отримуємо залежність, що дає змогу визначити  $\gamma$  виходячи зі значення  $F_{num}$ :

$$\gamma = \mu(\alpha_n) + \frac{1 - \mu(\alpha_n)}{\alpha_n \cdot F_{num}}, \quad F_{num} > 0. \quad (2.39)$$

У цьому випадку зворотна залежність має такий вигляд:

$$F_{num} = \frac{1 - \mu(\alpha_n)}{\alpha_n \cdot (\gamma - \mu(\alpha_n))}, \gamma > \mu(\alpha_n). \quad (2.40)$$

Оскільки коефіцієнт використання пасажиромісткості  $\gamma$  на певному перегоні маршруту визначається як відношення кількості пасажирів, що знаходяться у салоні транспортного засобу ( $N_c$ ) до його номінальної місткості ( $q_n$ ):

$$\gamma = \frac{N_c}{q_n}, \quad (2.41)$$

а коефіцієнт заповнення  $LF$ , як відношення до кількості місць для проїзду пасажирів сидячі ( $q_c$ ):

$$LF = \frac{N_c}{q_c} \cdot 100\%, \quad (2.42)$$

то кількість пасажирів, що знаходяться у салоні транспортного засобу може бути представлено так:

$$N_c = \frac{q_c \cdot LF}{100\%}. \quad (2.43)$$

Підставляючи (2.43) у (2.41) отримуємо:

$$\gamma = \frac{q_c}{q_n} \times \frac{LF}{100\%} = \mu(\alpha_n) \cdot \frac{LF}{100\%}. \quad (2.44)$$

Зворотна залежність має вигляд:

$$LF = \frac{\gamma}{\mu(\alpha_n)} \cdot 100\% . \quad (2.45)$$

Після підставлення (2.36) в (2.45) отримуємо:

$$LF = \left( 1 + \frac{1 - \mu(\alpha_n)}{\mu(\alpha_n)} \times \frac{\alpha}{\alpha_n} \right) \cdot 100\% . \quad (2.46)$$

Шляхом перетворень отримуємо зворотну залежність, що має такий вигляд:

$$\alpha = \begin{cases} 0, \text{ при } LF \leq 100\%; \\ \frac{\alpha_n \cdot \mu(\alpha_n)}{1 - \mu(\alpha_n)} \left( \frac{LF}{100\%} - 1 \right), \text{ при } LF > 100\%. \end{cases} \quad (2.47)$$

Підставляючи (2.35) у (2.46) отримуємо:

$$LF = \left( 1 + \frac{1 - \mu(\alpha_n)}{\mu(\alpha_n) \cdot \alpha_n \cdot F_{num}} \right) \cdot 100\%, \quad F_{num} > 0, \quad (2.48)$$

та після перетворень зворотну залежність:

$$F_{num} = \frac{1 - \mu(\alpha_n)}{\mu(\alpha_n) \cdot \alpha_n \cdot \left( \frac{LF}{100\%} - 1 \right)}, \quad LF > 100\% . \quad (2.49)$$

На підставі отриманих залежностей формуємо табл. 2.9. Її використання дає змогу виходячи з наявного показника рівня заповнення проводити розрахунок відповідних значень інших показників.



Таблиця 2.9 – Розрахункові залежності взаємозв'язку між показниками рівня заповнення салону транспортного засобу

Розрахунковий показник	Вихідний показник заповнення			
	$\alpha$ , пас./м <sup>2</sup>	$F_{num}$ , м <sup>2</sup> /пас.	$\gamma$	$LF$ , %
$\alpha$ , пас./м <sup>2</sup>	–	$\alpha = \frac{1}{F_{num}}, F_{num} > 0$	$\alpha = \frac{\alpha_n \cdot (\gamma - \mu(\alpha_n))}{1 - \mu(\alpha_n)},$ $\gamma > \mu(\alpha_n)$	$\alpha = \frac{\alpha_n \cdot \mu(\alpha_n)}{1 - \mu(\alpha_n)} \left( \frac{LF}{100\%} - 1 \right),$ $LF \geq 100\%$
$F_{num}$ , м <sup>2</sup> /пас.	$F_{num} = \frac{1}{\alpha}, \alpha > 0$	–	$F_{num} = \frac{1 - \mu(\alpha_n)}{\alpha_n \cdot (\gamma - \mu(\alpha_n))},$ $\gamma > \mu(\alpha_n)$	$F_{num} = \frac{1 - \mu(\alpha_n)}{\mu(\alpha_n) \cdot \alpha_n \cdot \left( \frac{LF}{100\%} - 1 \right)},$ $LF > 100\%$
$\gamma$	$\gamma = \mu(\alpha_n) + (1 - \mu(\alpha_n)) \frac{\alpha}{\alpha_n}$	$\gamma = \mu(\alpha_n) + \frac{1 - \mu(\alpha_n)}{\alpha_n \cdot F_{num}},$ $F_{num} > 0$	–	$\gamma = \mu(\alpha_n) \cdot \frac{LF}{100\%}$
$LF$ , %	$LF = \left( 1 + \frac{1 - \mu(\alpha_n)}{\mu(\alpha_n)} \times \frac{\alpha}{\alpha_n} \right) \cdot 100\%$	$LF = \left( 1 + \frac{1 - \mu(\alpha_n)}{\mu(\alpha_n) \cdot \alpha_n \cdot F_{num}} \right) \cdot 100\%,$ $F_{num} > 0$	$LF = \frac{\gamma}{\mu(\alpha_n)} \cdot 100\%$	–

Графічно взаємозв'язок між показниками рівня заповнення міських пасажирських транспортних засобів представлено на рис. 2.6.

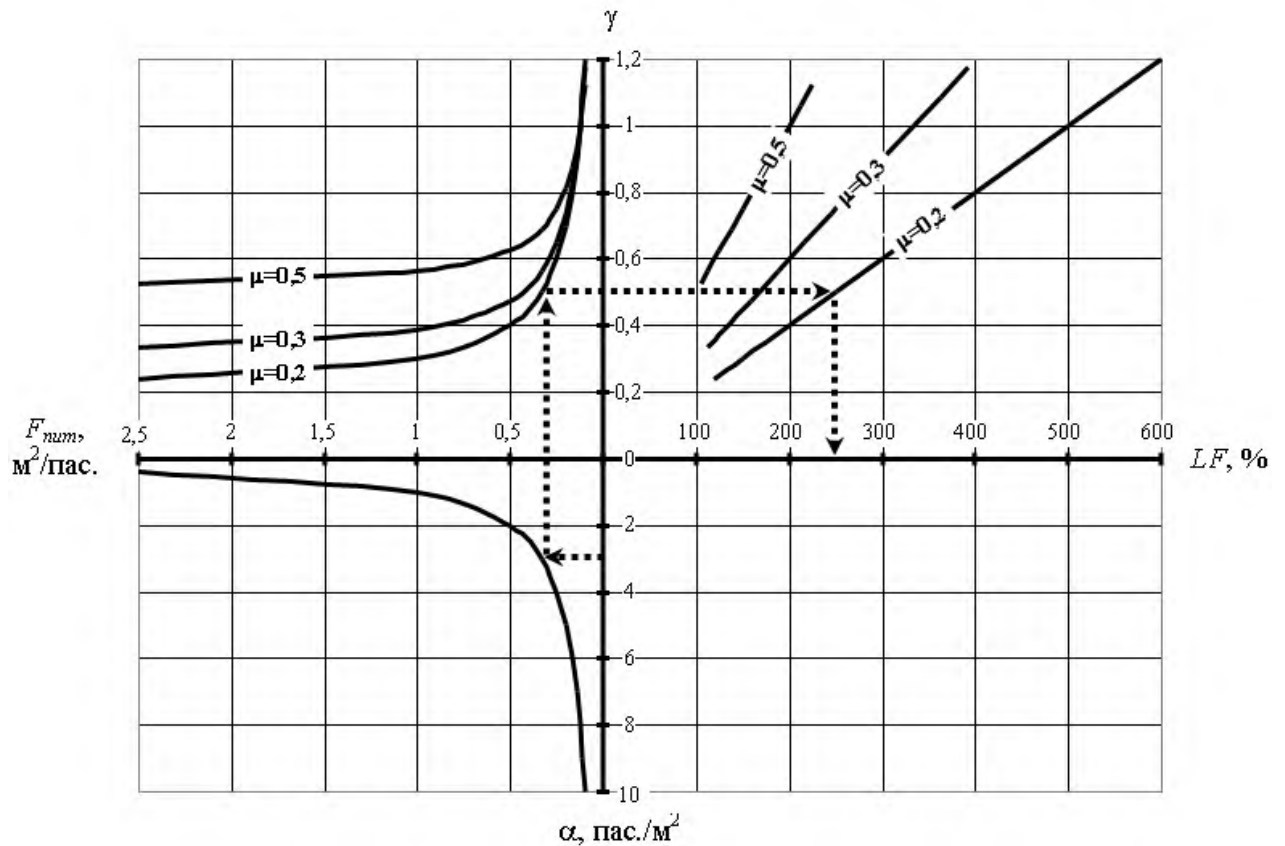


Рисунок 2.6 – Взаємозв'язок між показниками рівня заповнення міських пасажирських транспортних засобів (при  $\alpha_n = 8$  пас./м<sup>2</sup>)

Як бачимо, між показниками щільності заповнення ( $\alpha$ ) та питомої площі підлоги салону транспортного засобу, що припадає на одного пасажера, який здійснює поїздку стоячи ( $F_{num}$ ), існує однозначна відповідність. Взаємозв'язок між цими показниками не залежить від планувальних характеристик салону транспортного засобу та його пасажиромісткості. У цей же час, при визначенні показників  $\gamma$  та  $LF$  важливого значення має питома вага кількості місць призначених для проїзду пасажирів сидячі у номінальній пасажиромісткості ( $\mu(\alpha_n)$ ) та щільність заповнення, за якої було визначено номінальну місткість транспортного засобу ( $\alpha_n$ ).

Таким чином, взаємозв'язок між показниками рівня заповнення салону пасажирських транспортних засобів цілком визначається такими параметрами, як питома вага кількості місць для проїзду пасажирів сидячі у номінальній пасажиромісткості транспортних засобів ( $\mu(\alpha_n)$ ) та нормативною щільністю заповнення, за якої визначено його номінальну місткість ( $\alpha_n$ ).

У підрозділі 2.4 було встановлено, що зі зростанням пасажиромісткості транспортного засобу спостерігається тенденція до зменшення питомої ваги кількості місць для проїзду пасажирів сидячі у номінальній пасажиромісткості транспортного засобу. У подальшому цю тенденцію має бути формалізовано.

## **2.6 Оцінка питомої ваги кількості місць для проїзду пасажирів сидячі у загальній пасажиромісткості транспортного засобу**

Транспортні засоби різного класу пасажиромісткості мають різне співвідношення між кількістю місць для сидіння та проїзду стоячи. Для певної частки пасажирів, які здійснюють поїздку у транспортному засобі сидячі, вона відбувається у комфортних умовах. Комфортність поїздки для решти пасажирів, що здійснюють поїздку стоячи, буде зумовлена ступенем заповнення салону транспортного засобу для проїзду стоячи.

Загалом було розглянуто 43 марок автобусів різного класу пасажиромісткості, діапазон місткості яких змінюється від 13 до 183 пас. (див. Додаток Г).

Для автобусів особливо малої пасажиромісткості проїзд пасажирів здійснюється виключно сидячі ( $\mu = 1$ ). Проте, зі зростанням пасажиромісткості значення  $\mu$  має тенденцію до зменшення. Середні значення  $\mu$  для автобусів різного класу пасажиромісткості складають: особливо малий - 1,0; малий – 0,59; середній – 0,35; великий – 0,27; особливо великий – 0,22.

Ця залежність може бути математично формалізована таким чином:

$$\mu_i = \frac{q_c}{q_n} = r \cdot q_n^s, \quad (2.50)$$

де  $q_c$  – кількість місць для сидіння у салоні транспортного засобу, пас.;

$q_n$  – номінальна пасажиромісткість транспортного засобу, пас.;

$r, s$  – коефіцієнти рівняння регресії ( $r=6,531$ ;  $s=-0,691$ ).

Графік рівняння (2.50) наведено на рис. 2.7.

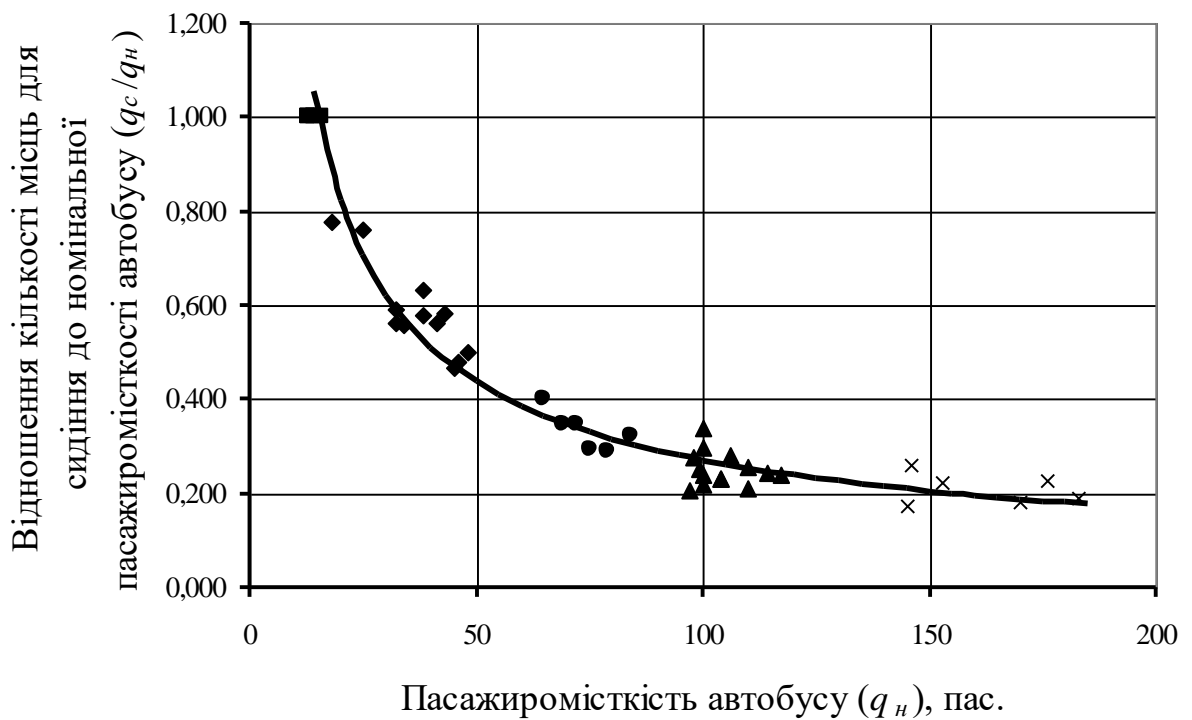


Рисунок 2.7 – Зміна відношення кількості місць для сидіння до загальної місткості транспортного засобу для автобусів різного класу пасажиромісткості:

■ - особливо малий; ◆ - малий; ● - середній; ▲ - великий; × - особливо великий

Результати статистичної оцінки розробленого рівняння регресії вказують на можливість його використання для проведення подальших

досліджень: коефіцієнт кореляції – 0,966; середня помилка апроксимації – 9,75 %.

З урахуванням залежності (2.50) коефіцієнт використання пасажиромісткості може бути виражений через показник кількості пасажирів, що припадають на 1 м<sup>2</sup> підлоги салону автобусу призначеного для проїзду пасажирів стоячи (щільність заповнення салону транспортного засобу):

$$\gamma_{c \max}(\alpha_d) = \begin{cases} 1, & \text{при } r \cdot (q_n)^s \geq 1 \\ r \cdot (q_n)^s + (1 - r \cdot (q_n)^s) \frac{\alpha_d}{\alpha_n}, & \text{при } r \cdot (q_n)^s < 1 \end{cases} \quad (2.51)$$

де  $\alpha_n$  – щільність заповнення салону транспортного засобу, що відповідає номінальній пасажиромісткості транспортного засобу ( $\alpha_n = 8$  пас./м<sup>2</sup>), пас./м<sup>2</sup>;

$\alpha_d$  – щільність заповнення підлоги салону транспортного засобу, що призначена для проїзду пасажирів стоячи з рівнем  $\alpha_d$  ( $\alpha_d = 0, \overline{\alpha_n}$ ), пас./м<sup>2</sup>.

Особливістю використання залежності (2.51) є можливість урахування того факту, що за однакової щільності заповнення для транспортних засобів різного класу значення коефіцієнту використання пасажиромісткості можуть значно відрізнятись. Це зумовлено різною питомою вагою кількості місць для сидіння у номінальній пасажиромісткості транспортного засобу.

За однакового ступеня заповнення салону транспортного засобу більш комфортні умови здійснення поїздки забезпечують автобуси з більшим співвідношенням кількості місць для сидіння у загальній пасажиромісткості транспортного засобу. Ці обставини мають бути враховані при оцінці впливу умов пересування на зміну функціонального стану пасажирів.

## 2.7 Визначення діапазонів пасажиропотоку можливого застосування автобусів різного класу пасажиромісткості

При визначенні діапазонів пасажиропотоку можливого застосування автобусів різного класу пасажиромісткості виходили з припущення, що існують певні діапазони пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту, за яких доцільно використовувати тільки транспортні засоби певного класу пасажиромісткості (виняткові діапазони), та діапазони, за яких слід вирішувати завдання вибору пасажиромісткості транспортних засобів з декількох альтернативних класів місткості (альтернативні діапазони).

Дослідження діапазонів пасажиропотоку виняткового та альтернативного застосування автобусів різного класу пасажиромісткості проводимо за таких числових значеннях показників, що входять до залежностей (2.13) та (2.14):

- мінімально допустимий маршрутний інтервал – 2 хв.;
- максимально допустимий маршрутний інтервал – 12 хв.;
- тривалість розрахункового періоду – 1 год;
- мінімальне значення пасажиромісткості автобусу – 9 пас.;
- максимальне значення пасажиромісткості автобусу – 180 пас.

Граничні значення класів пасажиромісткості автобусів приймаємо згідно з класифікацією автобусів за пасажиромісткістю запропонованої Спіріним І. В. (див. табл. 2.1). Коефіцієнт використання пасажиромісткості на найбільш завантаженому перегоні маршруту розглядали за щільності заповнення салону транспортного засобу 3, 5 та 8 пас./м<sup>2</sup>. Для автобусів особливо малої місткості перевезення здійснюються виключно сидячи та  $\gamma_{c \max} = 1$ . Результати розрахунку коефіцієнту використання пасажиромісткості за різних значень щільності заповнення, що проведені за залежністю (2.51), наведено у табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Результати розрахунку коефіцієнту використання пасажиромісткості на найбільш завантаженому перегоні маршруту при граничних значеннях пасажиромісткості автобусів різних класів

Клас пасажиромісткості	Граничні значення пасажиромісткості автобусу, пас.		Коефіцієнт використання пасажиромісткості на найбільш завантаженому перегоні маршруту					
			$\alpha_d = 8 \text{ пас./м}^2$		$\alpha_d = 5 \text{ пас./м}^2$		$\alpha_d = 3 \text{ пас./м}^2$	
	min	max	min	max	min	max	min	max
Особливо малий (ОМ)	9	14	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Малий (М)	15	45	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	0,67
Середній (С)	46	80	1,00	1,00	0,80	0,74	0,66	0,57
Великий (В)	81	115	1,00	1,00	0,74	0,72	0,57	0,53
Особливо великий (ОВ)	116	180	1,00	1,00	0,72	0,69	0,53	0,49

Виняткові та альтернативні діапазони визначали шляхом парного співставлення граничних значень пасажиропотоку для різних класів пасажиромісткості автобусів (табл. 2.11 – 2.13).

Як бачимо з матриць (табл. 2.11 – 2.13) є певні діапазони пасажиропотоку, що характеризуються винятковим застосуванням автобусів певного класу пасажиромісткості (виняткові діапазони). Ці діапазони розташовані на основній діагоналі матриць.

Результати розрахунків граничних значень діапазонів пасажиропотоку застосування автобусів різного класу пасажиромісткості за залежностями (2.13) та (2.14) наведені у табл. 2.14 та графічно представлені на рис. 2.8.

Таблиця 2.11 – Матриця діапазонів пасажиропотоку виняткового та альтернативного застосування автобусів різного класу пасажиромісткості ( $\alpha_d = 8$  пас./м<sup>2</sup>)

Клас місткості	<b>ОМ</b>	<b>М</b>	<b>С</b>	<b>В</b>	<b>ОВ</b>
<b>ОМ</b>	[45; 75)	[75; 420]	[230; 420]	[405; 420]	-
<b>М</b>	[75; 420]	-	[230; 1350]	[405; 1350]	[580; 1350]
<b>С</b>	[230; 420]	[230; 1350]	-	[405; 2400]	[580; 2400]
<b>В</b>	[405; 420]	[405; 1350]	[405; 2400]	-	[580; 3450]
<b>ОВ</b>	-	[580; 1350]	[580; 2400]	[580; 3450]	(3450; 5400]

Таблиця 2.12 – Матриця діапазонів пасажиропотоку виняткового та альтернативного застосування автобусів різного класу пасажиромісткості ( $\alpha_d = 5$  пас./м<sup>2</sup>)

Клас місткості	<b>ОМ</b>	<b>М</b>	<b>С</b>	<b>В</b>	<b>ОВ</b>
<b>ОМ</b>	[45; 75)	[75; 420]	[184; 420]	[301; 420]	[416; 420]
<b>М</b>	[75; 420]	-	[184; 1082]	[301; 1082]	[416; 1082]
<b>С</b>	[184; 420]	[184; 1082]	-	[301; 1785]	[416; 1785]
<b>В</b>	[301; 420]	[301; 1082]	[301; 1785]	-	[416; 2475]
<b>ОВ</b>	[416; 420]	[416; 1082]	[416; 1785]	[416; 2475]	(2475; 3741]

Для автобусів особливо малого класу місткості, пасажиропотік знаходиться у межах від 45 до 75 пас./год, а для особливо великого класу – від 3450 до 5400 пас./год. За цих значень пасажиропотоку для дотримання заданих обмежень на інтервал руху мають бути використані автобуси саме цих класів місткості.



Таблиця 2.13 – Матриця діапазонів пасажиропотоку виняткового та альтернативного застосування автобусів різного класу пасажиромісткості ( $\alpha_d = 3 \text{ пас./м}^2$ )

Клас місткості	<b>ОМ</b>	<b>М</b>	<b>С</b>	<b>В</b>	<b>ОВ</b>
<b>ОМ</b>	[45; 75)	[75; 420]	[153; 420]	[231; 420]	[306; 420]
<b>М</b>	[75; 420]	-	[153; 903]	[231; 903]	[306; 903]
<b>С</b>	[153; 420]	[153; 903]	-	[231; 1374]	[306; 1374]
<b>В</b>	[231; 420]	[231; 903]	[231; 1374]	-	[306; 1824]
<b>ОВ</b>	[306; 420]	[306; 903]	[306; 1374]	[306; 1824]	(1824; 2634]

Таблиця 2.14 – Результати розрахунку граничних значень діапазону застосування автобусів різного класу пасажиромісткості

Клас пасажиромісткості	Граничні значення пасажиромісткості автобусу, пас.		Граничні значення пасажиропотоку, пас./год					
			$\alpha_d = 8 \text{ пас./м}^2$		$\alpha_d = 5 \text{ пас./м}^2$		$\alpha_d = 3 \text{ пас./м}^2$	
	min	max	min	max	min	max	min	max
Особливо малий (ОМ)	9	14	45	420	45	420	45	420
Малий (М)	15	45	75	1350	75	1082	75	903
Середній (С)	46	80	230	2400	184	1785	153	1374
Великий (В)	81	115	405	3450	301	2475	231	1824
Особливо великий (ОВ)	116	180	580	5400	416	3741	306	2634

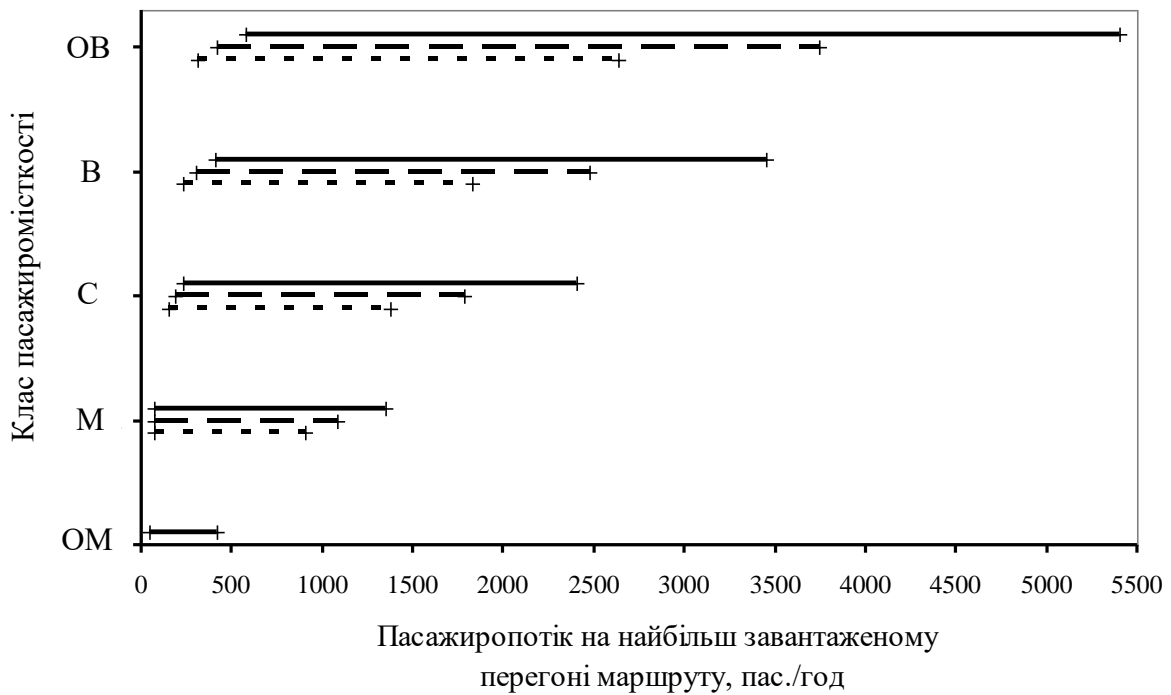


Рисунок 2.8 – Граничні діапазони застосування автобусів різного класу пасажиромісткості залежно від потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту та рівня заповнення:

—+— -  $\alpha_d = 8$  пас./м<sup>2</sup>; - -+ -  $\alpha_d = 5$  пас./м<sup>2</sup>; + - -+ -  $\alpha_d = 3$  пас./м<sup>2</sup>





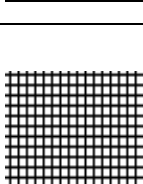
Для автобусів малого, середнього та великого класів таких діапазонів не існує (за обмежень, що розглядаються у роботі).

Також існують певні діапазони пасажиропотоку, за яких різні класи пасажиромісткості автобусів є взаємозамінними (альтернативні діапазони). Такими діапазонами, наприклад, для автобусів малого та середнього класу пасажиромісткості є потужність пасажиропотоку від 230 до 1350 пас./год; для середнього та великого класу – від 405 до 2400 пас./год; для великого та особливо великого класу – від 580 до 3450 пас./год тощо. Винятком є відсутність діапазону взаємозамінності між автобусами особливо малої та особливо великої пасажиромісткостей за щільності заповнення 8 пас./м<sup>2</sup>. Проте за щільності заповнення 5 пас./м<sup>2</sup> такий діапазон існує та складає від 416 до 420 пас./год. При  $\alpha_d = 3$  пас./м<sup>2</sup> альтернативний діапазон, за якого




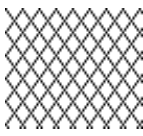
взаємозамінними є автобуси особливо малого та особливо великого класу, розширюється та міститься у межах від 306 до 420 пас./год.

Разом з цим, за такого підходу розглядаються лише альтернативні діапазони між автобусами двох класів пасажиромісткості. Проте, як бачимо з рис. 2.8, існують діапазони, де взаємозамінними є три та більше класів пасажиромісткості (табл. 2.15, рис. 2.9).

Таблиця 2.15 – Діапазони пасажиропотоку виняткового та альтернативного застосування автобусів різного класу пасажиромісткості

№ п/п	Позна- чення	Діапазон пасажиропотоку, пас./год			Клас місткості автобусу
		$\alpha_d = 8$ пас./м <sup>2</sup>	$\alpha_d = 5$ пас./м <sup>2</sup>	$\alpha_d = 3$ пас./м <sup>2</sup>	
1	2	3	4	5	6
1		[45; 75)	[45; 75)	[45; 75)	OM
2		[75; 230]	[75; 184]	[75; 153]	OM + M
3		[230; 405]	[184; 301]	[153; 231]	OM + M + C
4		[405; 420]	[301; 416]	[231; 306]	OM + M + C + B
5		[420; 580]*	[416; 420]**	[306; 420]**	(M + C + B)* (OM + M + C + B + OB)**

Продовження табл. 2.15

1	2	3	4	5	6
6		[580; 1350]	[420; 1082]	[420; 903]	M + C + B + OB
7		[1350; 2400]	[1082; 1785]	[903; 1374]	C + B + OB
8		[2400; 3450]	[1785; 2475]	[1374; 1824]	B + OB
9		(3450; 5400]	(2475; 3741]	(1824; 2634]	OB

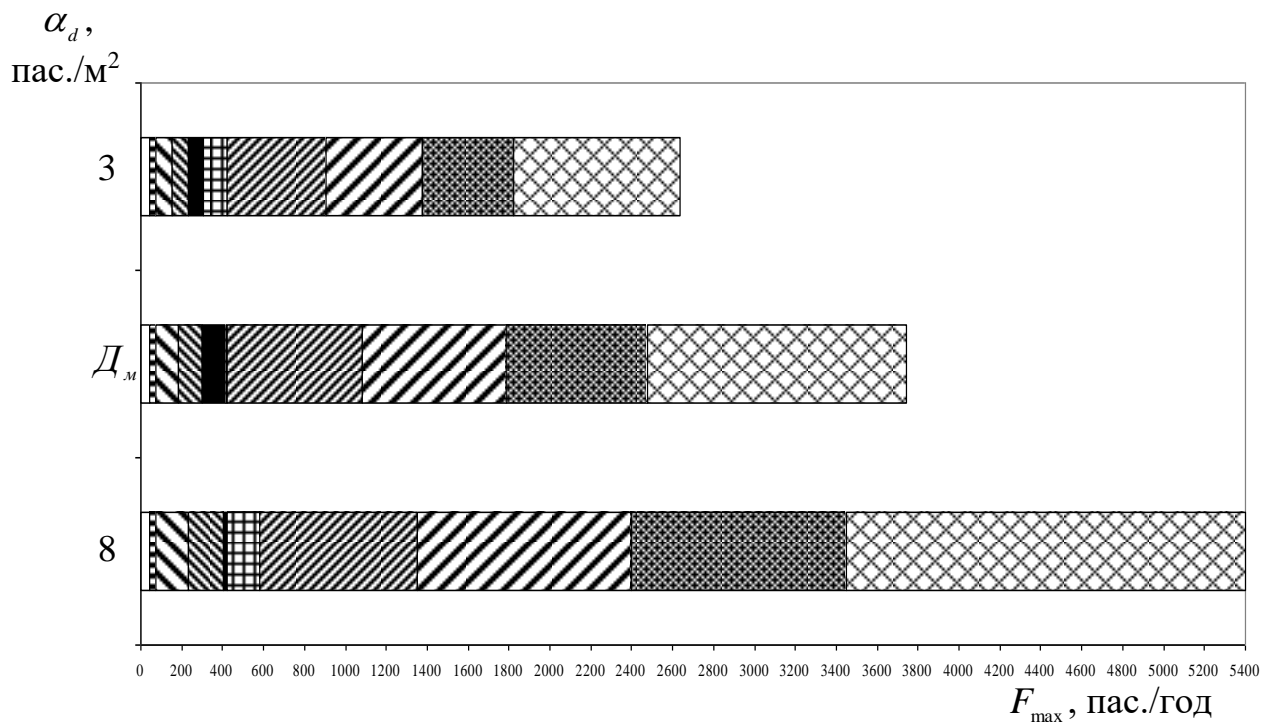


Рисунок 2.9 – Діаграма діапазонів пасажиропотоку виняткового та альтернативного застосування автобусів різного класу пасажиромісткості

З табл. 2.15 бачимо, що, наприклад, за пасажиропотоку від 420 до 580 пас./год, як альтернативні, можуть бути розглянуті автобуси малої, середньої

та великого класу пасажиромісткості. У той же час за пасажиропотоку у діапазоні від 580 до 1350 пас./год, окрім автобусів зазначеної пасажиромісткості, додатково може бути розглянуто питання щодо застосування автобусів особливо великого класу.

Винятковий діапазон пасажиропотоку спостерігається для автобусів особливо малого та особливо великого класів. Для особливо великого класу винятковий діапазон знаходиться у границях від 1824 до 5400 пас./год, залежно від обмежень на ступінь заповнення салону автобусу. У той час як для особливо малого класу, винятковий діапазон не залежить від обмежень на ступінь заповнення салону автобусу та має межі зміни від 45 до 75 пас./год.

Підсумовуючи отримані результати, можна виділити діапазони виняткового та альтернативного застосування автобусів різного класу пасажиромісткості, що наведені у табл. 2.16.

Таблиця 2.16 – Виняткові та альтернативні діапазони застосування автобусів різного класу пасажиромісткості за різної щільності заповнення

Щільність заповнення салону автобусу, пас./м <sup>2</sup>	Вид діапазону пасажиропотоку	
	винятковий	альтернативний
8	[45; 75), (3450; 5400]	[75; 3450]
5	[45; 75), (2475; 3741]	[75; 2475]
3	[45; 75), (1824; 2634]	[75; 1824]

Підсумовуючи отримані результати можна зазначити таке. Встановлено, що діапазони виняткового та альтернативного застосування автобусів різного класу пасажиромісткості залежать від прийнятих обмежень на ступінь заповнення салону транспортного засобу. Виявлено діапазони пасажиропотоку можливого застосування автобусів різного класу пасажиромісткості за маршрутних інтервалів, що знаходяться у межах від 2

до 12 хв., залежно від рівня заповнення салону транспортного засобу. Автобуси особливо малого класу пасажиромісткості слід використовувати за потужності пасажиропотоку від 45 до 74 пас./год. Діапазон, за якого слід використовувати виключно автобуси особливо великого класу місткості, залежить від обмежень на рівень заповнення салону транспортного засобу. За організації перевезень автобусами цього класу місткості при рівні заповнення 8 пас./м<sup>2</sup> може бути засвоєно пасажиропотік від 3450 до 5400 пас./год; при 5 пас./м<sup>2</sup> - від 2475 до 3741 пас./год; при 3 пас./м<sup>2</sup> - від 1824 до 2634 пас./год. Автобуси різного класу пасажиромісткості можуть бути застосовані за таких діапазонів пасажиропотоку: при 8 пас./м<sup>2</sup> - від 75 до 3450 пас./год; при 5 пас./м<sup>2</sup> - від 75 до 2475 пас./год; при 3 пас./м<sup>2</sup> - від 75 до 1824 пас./год.

Запропонований підхід відрізняється від наявного тим, що дає змогу розглядати граничні діапазони транспортних засобів різного класу пасажиромісткості та враховувати умови їхньої роботи з різним ступенем заповнення.

## **2.8 Висновки до розділу**

1. Встановлено, що взаємозв'язок між показниками рівня заповнення салону пасажирських транспортних засобів визначається питомою вагою кількості місць для проїзду пасажирів сидячі у номінальній пасажиромісткості транспортних засобів.

2. Виявлено діапазони зміни пасажиропотоку можливого застосування автобусів різного класу пасажиромісткості за маршрутних інтервалів, що знаходяться у межах від 2 до 12 хв., залежно від рівня заповнення салону транспортного засобу. Автобуси особливо малого класу пасажиромісткості слід використовувати за потужності пасажиропотоку від 45 до 74 пас./год. Діапазон, за якого варто використовувати винятково автобуси особливо великого класу місткості, залежить від обмежень на рівень заповнення салону транспортного засобу. За організації перевезень автобусами цього

класу місткості за рівня заповнення 8 пас./м<sup>2</sup> може бути засвоєно пасажиропотік від 3451 до 5400 пас./год; за 5 пас./м<sup>2</sup> – від 2476 до 3741 пас./год; за 3 пас./м<sup>2</sup> – від 1825 до 2634 пас./год. Автобуси різного класу пасажиромісткості можуть бути застосовані за таких діапазонів зміни пасажиропотоку: за 8 пас./м<sup>2</sup> – від 75 до 3450 пас./год; за 5 пас./м<sup>2</sup> – від 75 до 2475 пас./год; за 3 пас./м<sup>2</sup> – від 75 до 1824 пас./год.

Основні результати дослідження за розділом опубліковані у працях [8, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 40, 41, 47, 51].

### РОЗДІЛ 3

## МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА УМОВ СТАЛИХ ТА ЗМІННИХ ПАРАМЕТРІВ ПАСАЖИРОПОТОКУ

### 3.1 Розробка методу організації міських пасажирських перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов сталих параметрів пасажиропотоку

Витрати перевізника за розрахунковий період  $\tau$  можуть бути визначені за такою залежністю:

$$C_{пер\ \tau} = S_{1км}^{q_n} \cdot V_e \cdot \tau \cdot A_\tau, \quad (3.1)$$

де  $S_{1км}^{q_n}$  – витрати перевізника в розрахунку на 1 км пробігу автобусу пасажиромісткістю  $q_n$ , грн./км;

$V_e$  – експлуатаційна швидкість на маршруті, км/год;

$A_\tau$  – кількість транспортних засобів, що працюють на маршруті у період часу  $\tau$ , од.

При встановленні витрат перевізника в розрахунку на 1 км пробігу автобусів різного класу пасажиромісткості керувалися методикою [290] з урахуванням [291 - 294]. Загалом було розглянуто 41 марку автобусів, пасажиромісткість яких змінювалась в діапазоні від 13 до 183 пас. Результати проведених розрахунків  $S_{1км}^{q_n}$  наведено у додатку Д. На підставі статистичної обробки цих даних було отримане лінійне рівня регресії:

$$S_{1км}^{q_n} = a + b \cdot q_n, \quad (3.2)$$



де  $a$ ,  $b$  - коефіцієнти регресії ( $a=10,05$ ;  $b=0,18$ ).

Графік рівняння (3.2) зображено на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – Графік залежності витрати перевізника в розрахунку на 1 км пробігу автобусу від його пасажиромісткості

Час оборту транспортного засобу може бути представлений як [77]:

$$t_{об} = \frac{L_{об}}{V_e} = \frac{2 \cdot L_m}{V_e}, \quad (3.3)$$

де  $L_{об}$  – довжина оборотного рейсу, км;

$V_e$  – експлуатаційна швидкість, км/год.

З урахуванням формул (3.2) та (3.3) розрахункова залежність визначення витрат перевізника може бути представлена наступним чином:

$$C_{пер \tau} = \frac{(a + b \cdot q_n) \cdot F_{max} \cdot 2 \cdot L_M}{q_n \cdot \gamma_{max}}. \quad (3.4)$$

Наступним кроком переходимо до формалізації витрат пасажирів.

### 3.1.1 Витрати пасажирів

Витрати пасажирів можуть бути визначені таким чином:

$$C_{nac} = t_{пер}^{\Sigma} \cdot C_{год} + C_{\delta}^{\Sigma}, \quad (3.5)$$

де  $t_{пер}^{\Sigma}$  – сумарні витрати часу пасажирів на здійснення пересування, год;

$C_{год}$  – вартісна оцінка вільного часу пасажирів, грн./год;

$C_{\delta}^{\Sigma}$  – сумарне зниження доходу пасажирів, що викликане впливом транспортної стомлюваності, грн.

Поділяючи пересування пасажирів за складниками та враховуючи, що обсяг перевезень може відрізнитись за напрямками руху, формула (3.5) може бути представлена таким чином:

$$C_{nac} = Q_{\Sigma}^{\tau} \cdot C_{год} (2 \cdot t_{пш} + t_{оч} + t_{поїзд}) + \sum_{i=1}^n Q_i^{\tau} \cdot C_{\delta i}, \quad (3.6)$$

де  $Q_{\Sigma}^{\tau}$  – загальний обсяг перевезень на маршруті за період  $\tau$ , пас.

$t_{пш}$  – середній час пішохідної складової транспортного пересування, год;

$t_{оч}$  – середній час очікування пасажирів на зупинному пункті, год;

$t_{поїзд}$  – середній час здійснення поїздки, год;

$Q_i^{\tau}$  – обсяг перевезень у  $i$ -му напрямку маршруту, пас.;

$C_{oi}$  – середнє зниження доходу пасажирів, що здійснюють поїздку у  $i$ -му напрямку маршруту, грн.

Обсяг перевезень у певному напрямку маршруту ( $Q$ ) може бути визначений виходячи зі співвідношення між обсягом виконаної транспортної роботи ( $P$ ) та середньою відстанню перевезень ( $l_{сер}$ ) [55]:

$$Q = \frac{P}{l_{сер}}. \quad (3.7)$$

Середнє значення пасажиропотоку можна визначити як середньозважену величину за довжиною маршруту [55, 76]:

$$F_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot l_i}{L_m} = \frac{P}{L_m}, \quad (3.8)$$

де  $F_i$  – пасажиропотік на  $i$ -му перегоні маршруту, пас./год.;

$l_i$  – довжина  $i$ -го перегону, км;

$n$  – кількість перегонів на маршруті, од;

$L_m$  – довжина маршруту, км.

Виходячи із залежності (3.8) обсяг виконаної транспортної роботи може бути визначений як:

$$P = L_m \cdot F_{сер}, \quad (3.9)$$

де  $F_{сер}$  – середній пасажиропотік на маршруті, пас/год.

Таким чином з урахуванням (3.7) отримуємо:

$$Q = \frac{L_m \cdot F_{сер}}{l_{сер}}, \quad (3.10)$$

а враховуючи, що коефіцієнт змінюваності відповідно до [55] розраховується як:

$$\eta_{зм} = \frac{L_m}{l_{сер}}, \quad (3.11)$$

то отримуємо:

$$Q = F_{сер} \cdot \eta_{зм}. \quad (3.12)$$

Зважаючи на те, що коефіцієнт нерівномірності розподілу пасажиропотоку за довжиною маршруту визначається за формулою [55]:

$$K_{довж} = \frac{F_{\max}}{F_{сер}}, \quad (3.13)$$

то середній пасажиропотік у найбільш пасажиронапруженому напрямку маршруту може бути визначений таким чином:

$$F_{сер} = \frac{F_{\max}}{K_{довж}}. \quad (3.14)$$

Виходячи з (3.12), з урахуванням (3.14) отримуємо залежність для визначення обсягу перевезень у прямому напрямку маршруту (як прямий приймається більш пасажиронапружений напрямок):

$$Q_{np} = \frac{F_{\max} \cdot \eta_{зм}}{K_{\text{довж}}^{np}}. \quad (3.15)$$

Загальний обсяг перевезень на маршруті за розрахунковий період  $\tau$  умовної постійності пасажиропотоку є сумою обсягу перевезень у прямому та зворотному напрямках буде дорівнювати:

$$Q_{\Sigma} = Q_{np} + Q_{зв}, \quad (3.16)$$

де  $Q_{np}$ ,  $Q_{зв}$  – відповідно обсяг перевезень у прямому та зворотному напрямках маршруту, пас.

Виходячи з того, що нерівномірність пасажиропотоку за напрямками руху на маршруті може бути охарактеризована відповідним коефіцієнтом [55]:

$$K_{\text{напр}} = \frac{Q_{np}}{Q_{зв}}, \quad (3.17)$$

тоді обсяги перевезень за напрямками руху та на маршруті в цілому можуть бути визначені наступним чином:

$$Q_{np} = Q_{зв} \cdot K_{\text{напр}}, \quad Q_{зв} = \frac{Q_{np}}{K_{\text{напр}}} = \frac{F_{\max} \cdot \eta_{зм}}{K_{\text{довж}}^{np} \cdot K_{\text{напр}}}; \quad (3.18)$$

$$Q_{\Sigma} = Q_{np} + \frac{Q_{np}}{K_{\text{напр}}} = Q_{np} \left( 1 + \frac{1}{K_{\text{напр}}} \right) = Q_{np} \left( \frac{K_{\text{напр}} + 1}{K_{\text{напр}}} \right). \quad (3.19)$$

Середній час пішого руху розраховується за формулою [55, 77]:

$$t_{niu} = \frac{2 \cdot K_{nn} \cdot K_{\epsilon 3}}{V_{niu}} \left( \frac{1}{3 \cdot \delta} + \frac{l_{nep}}{4} \right), \quad (3.20)$$

де  $K_{nn}$  – коефіцієнт непрямої лінійності підходу;

$K_{\epsilon 3}$  – коефіцієнт вибору зупинного пункту;

$V_{niu}$  – швидкість руху пішохода, км/год;

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

$l_{nep}$  – середня довжина перегону, км.

За відсутності відмов пасажиром у посадці середній час очікування пасажирів може бути визначений [76]:

$$t_{оч} = \frac{I}{2} + \frac{\sigma^2}{2 \cdot I}. \quad (3.21)$$

З урахуванням того, що інтервал руху транспортних засобів визначається [77]:

$$I = \frac{t_{об}}{A}, \quad (3.22)$$

та з врахуванням (3.22) після перетворень отримуємо:

$$t_{оч} = \frac{t_{об}}{2 \cdot A} + \frac{A \cdot \sigma^2}{2 \cdot t_{об}} = \frac{q_n \cdot \gamma_c^{\max} \cdot \tau}{2 \cdot F_{\max}} + \frac{F_{\max} \cdot \sigma^2}{2 \cdot q_n \cdot \gamma_c^{\max} \cdot \tau}. \quad (3.23)$$

Середній час здійснення поїздки [55] можна розрахувати так:

$$t_{поїзд} = \frac{l_{сер}}{V_c}, \quad (3.24)$$

де  $V_c$  – середня швидкість сполучення на маршруті, км/год.

Враховуючи залежність (3.11) середній час поїздки пасажирів може бути визначений

$$t_{\text{поїзд}} = \frac{L_m}{\eta_{zm} \cdot V_c}. \quad (3.25)$$

Розвиток транспортної стомлюваності пасажирів залежить від ступеня заповнення салону транспортного засобу при здійсненні поїздки, що може бути охарактеризовано динамічним коефіцієнтом використання пасажиромісткості [277, 165, 77, 79]. Цей показник може бути визначений як відношення фактично виконаної транспортної роботи до її максимально можливого значення [77]:

$$\gamma_\delta = \frac{P_{\text{факт}}}{P_{\text{можл}}}. \quad (3.26)$$

де  $P_{\text{факт}}$ ,  $P_{\text{можл}}$  – відповідно фактично виконаний та можливий обсяг транспортної роботи, пас. км.

Виходячи із залежностей (3.9) та (3.14) фактичний обсяг виконаної транспортної роботи може бути представлений у такому виді:

$$P_{\text{факт}} = \frac{L_m \cdot F_{\text{max}}}{K_{\text{довж}}}. \quad (3.27)$$

Можливий обсяг транспортної роботи може бути представлений так:

$$P_{\text{можл}} = q_n \cdot L_m \cdot N \cdot \tau. \quad (3.28)$$

де  $N$  – інтенсивність (частота) руху транспортних засобів на маршруті, од./год;

Частота руху транспортних засобів є величиною зворотною до маршрутного інтервалу [77]:

$$N = \frac{1}{I} = \frac{A}{t_{об}}. \quad (3.29)$$

З урахуванням (1.1) та (3.29) формула (3.28) може бути приведена до такого виду:

$$P_{можл} = \frac{L_m \cdot F_{\max}}{\gamma_c^{\max}}. \quad (3.30)$$

Підставляючи (3.27) та (3.30) до формули (3.26), після скорочень отримуємо:

$$\gamma_o^{np} = \frac{\gamma_c^{\max}}{K_{довж}^{np}}. \quad (3.31)$$

Для зворотного напрямку фактичний обсяг виконаної транспортної роботи може бути визначений з урахуванням залежності (3.18) та того, що

$$l_{сер}^{зв} = \frac{L_m}{\eta_{зм}^{зв}}, \quad (3.32)$$

ТАКИМ ЧИНОМ:

$$P_{факт}^{зв} = \frac{F_{\max} \cdot L_m \cdot \eta_{зм}^{np}}{K_{довж}^{np} \cdot K_{напр} \cdot \eta_{зм}^{зв}}. \quad (3.33)$$



Враховуючи, що  $P_{можл}$  в прямому та зворотному напрямках мають однакові значення, підставляючи залежності (3.27) та (3.33) у формулу (3.26) після скорочень отримуємо:

$$\gamma_{\delta}^{звор} = \frac{\gamma_c^{\max} \cdot \eta_{зм}^{пр}}{K_{довж}^{пр} \cdot K_{напр} \cdot \eta_{зм}^{зб}}. \quad (3.34)$$

Якщо прийняти, що коефіцієнт змінюваності у прямому та зворотному напрямках маршруту дорівнюють один одному, то залежність (3.34) може бути представлена таким чином:

$$\gamma_{\delta}^{звор} = \frac{\gamma_c^{\max}}{K_{довж}^{пр} \cdot K_{напр}}. \quad (3.35)$$

Розрахунок транспортної стомлюваності пасажирів може бути проведений з використанням методики [77, 79, 165, 277], що має бути адаптована до вирішуваного завдання.

Розрахунок транспортної стомлюваності пасажира виконується послідовно за складниками пересування. Показник функціонального стану пасажира після здійснення пішохідного підходу від місця відправлення до зупинного пункту може бути розрахований виходячи із залежності [278]:

$$P_{ниу-1} = 0,107 P_{до} (\sqrt{12,694 \cdot t_{ниу} + 1} + 8,318), \quad (3.36)$$

де  $P_{до}$  – значення показника функціонального стану пасажира перед здійсненням пересування, бал.

Значення  $t_{ниу}$  у формулі (3.36) розраховується за залежністю (3.20).

Значення показника функціонального стану пасажирів після очікування на зупинному пункті може бути встановлено з урахуванням формули (3.23) за такою залежністю:

$$\begin{aligned} \Pi_{оч}^{np(зв)} = & 0,33 + 0,915 \left( \Pi_{ниж-1} \left( 1 - 0,28 \ln \left( \frac{60 \cdot q_H \cdot \gamma_c^{\max} \cdot \tau}{2 \cdot F_{\max}} + \frac{60 \cdot F_{\max} \cdot \sigma^2}{2 \cdot q_H \cdot \gamma_c^{\max} \cdot \tau} + 1 \right) \right) + \right. \\ & \left. + 1,12 \ln \left( \frac{60 \cdot q_H \cdot \gamma_c^{\max} \cdot \tau}{2 \cdot F_{\max}} + \frac{60 \cdot F_{\max} \cdot \sigma^2}{2 \cdot q_H \cdot \gamma_c^{\max} \cdot \tau} + 1 \right) \right) + 0,00107 \left( \frac{60 \cdot q_H \cdot \gamma_c^{\max} \cdot \tau}{2 \cdot F_{\max}} + \frac{60 \cdot F_{\max} \cdot \sigma^2}{2 \cdot q_H \cdot \gamma_c^{\max} \cdot \tau} \right). \end{aligned} \quad (3.37)$$

Показник функціонального стану пасажирів після здійснення поїздки у прямому напрямку маршруту може бути визначений таким чином:

$$\begin{aligned} \Pi_{поїзд}^{np} = & -0,21 + 1,045 \left( \Pi_{оч} \left( 1 - 0,14 \left( \frac{k \cdot \gamma_c^{\max}}{K_{довж}^{np}} + 0,6 \right) \ln \frac{60 \cdot L_M}{\eta_{зм} \cdot V_c} \right) + \right. \\ & \left. + \frac{k \cdot \gamma_c^{\max}}{K_{довж}^{np}} \left( \frac{k \cdot \gamma_c^{\max}}{K_{довж}^{np}} + 0,6 \right) \ln \frac{60 \cdot L_M}{\eta_{зм} \cdot V_c} \right), \end{aligned} \quad (3.38)$$

а для зворотного напрямку:

$$\begin{aligned} \Pi_{поїзд}^{зв} = & -0,21 + 1,045 \left( \Pi_{оч} \left( 1 - 0,14 \left( \frac{k \cdot \gamma_c^{\max}}{K_{довж}^{np} \cdot K_{напр}} + 0,6 \right) \ln \frac{60 \cdot L_M}{\eta_{зм} \cdot V_c} \right) + \right. \\ & \left. + \frac{k \cdot \gamma_c^{\max}}{K_{довж}^{np} \cdot K_{напр}} \left( \frac{k \cdot \gamma_c^{\max}}{K_{довж}^{np} \cdot K_{напр}} + 0,6 \right) \ln \frac{60 \cdot L_M}{\eta_{зм} \cdot V_c} \right), \end{aligned} \quad (3.39)$$

де  $k$  - коефіцієнт пропорційності.

Показник функціонального стану пасажирів після пішохідного руху від зупинного пункту до місця призначення, тобто наприкінці здійснення пересування може бути визначений аналогічно до залежності (3.36) таким чином:

$$P_{\kappa}^{np(зв)} = 0,107 P_{\text{но́вд}}^{np(зв)} (\sqrt{12,694 \cdot t_{\text{ниш}} + 1} + 8,318). \quad (3.40)$$

Значення  $P_{\kappa}^{np(зв)}$  визначає відсоткове зниження виробітки пасажирів внаслідок впливу транспортної стомлюваності [77, 79, 165, 277]:

$$W_{np(зв)} = \begin{cases} -0,0709 + 0,545(P_{\kappa} - 3)^2, & \text{при } P_{\kappa} > P_{\kappa}^{гран} \\ 0, & \text{при } P_{\kappa} \leq P_{\kappa}^{гран} \end{cases}, \quad (3.41)$$

де  $P_{\kappa}^{гран}$  – граничне значення показника функціонального стану пасажирів, перевищення якого спричиняє зниження виробітки пасажирів, бали.

Зниження доходу середньостатистичного пасажирів на виробництві внаслідок пересування визначається за такою формулою [77, 79, 165, 277]:

$$C_{\delta} = \frac{D_{\text{м}} \cdot W_{np(зв)}}{D_{\text{рм}} \cdot 100\%}, \quad (3.42)$$

де  $D_{\text{м}}$  – дохід середньостатистичного пасажирів за місяць, грн.;

$D_{\text{рм}}$  – середня кількість робочих днів у місяці, днів.

Таким чином, у розгорнутому вигляді цільова функція вибору пасажиромісткості транспортного засобу може бути подана у такому виді:

$$C_{\text{сукуп}} = \frac{(a + b \cdot q_{\text{н}}) F_{\text{макс}} \cdot 2 \cdot L_{\text{м}}}{q_{\text{н}} \cdot \gamma_{\text{с}}^{\text{макс}}} + \frac{\eta_{\text{зм}} \cdot F_{\text{макс}} \cdot C_{\text{зод}}}{K_{\text{довж}}^{np}} \left( \frac{K_{\text{напр}} + 1}{K_{\text{напр}}} \right) \times \\ \times \left( \frac{2 \cdot K_{\text{нп}} \cdot K_{\text{вз}}}{V_{\text{ниш}}} \left( \frac{1}{3 \cdot \delta} + \frac{l_{\text{пер}}}{4} \right) + \frac{q_{\text{н}} \cdot \gamma_{\text{с}}^{\text{макс}} \cdot \tau}{2 \cdot F_{\text{макс}}} + \frac{F_{\text{макс}} \cdot \sigma^2}{2 \cdot q_{\text{н}} \cdot \gamma_{\text{с}}^{\text{макс}} \cdot \tau} + \frac{l_{\text{сер}}}{\eta_{\text{зм}} \cdot V_{\text{с}}} \right) + \\ + \frac{\eta_{\text{зм}} \cdot F_{\text{макс}}}{K_{\text{довж}}^{np}} \left( \frac{C_{\delta \text{ зв}}}{K_{\text{напр}}} + C_{\delta \text{ пр}} \right) \rightarrow \min. \quad (3.43)$$

Використання розробленої цільової функції дає змогу проводити оптимізацію за двома параметрами. Як керовані змінні виступають пасажиромісткість транспортного засобу ( $q_n$ ) та щільності заповнення салону автобусу на найбільш завантаженому перегоні маршруту  $\alpha_d$  на підставі якого, за формулою (2.51), визначається  $\gamma_c^{\max}$ . Крім цього, можливим є врахування техніко-експлуатаційних показників, що можуть значно відрізнитись на маршрутах міського пасажирського транспорту. До них віднесено такі показники, що мають абсолютне вираження:

- величина пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту ( $F_{\max}$ );

- довжина маршруту ( $L_m$ );

- швидкість сполучення ( $V_c$ ).

Як відносні показники можуть бути виділені:

- коефіцієнт змінюваності ( $\eta_{zm}$ );

- коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку по довжині маршруту ( $K_{довж}$ );

- коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку за напрямками руху ( $K_{напр}$ ).

Разом з цим, у зазначеній постановці цільова функція (3.43) не враховує наявність взаємозв'язку між окремими показниками, що до неї входять, а саме:

1. Зі зростанням довжини маршруту зменшується питома вага часу простою транспортних засобів на кінцевих зупинках, що відповідним чином позначається на швидкості сполучення.

2. Значення коефіцієнту змінюваності та середньої відстані поїздки пасажирів на маршрутах міського пасажирського транспорту може значно відрізнитись. Загалом, як було зазначено у розділі 1, спостерігається тенденція до зростання середньої відстані поїздки пасажирів зі збільшенням довжини маршруту [68, 76].

3. Існує тенденція до зменшення середнього квадратичного відхилення фактичного інтервалу руху від планового інтервалу ( $\sigma$ ) зі скороченням частоти руху транспортних засобів на маршруті [284].

Зважаючи на вище зазначене, виникає необхідність у формалізації взаємозв'язку між вказаними параметрами перевізного процесу.

### 3.1.2 Формалізація взаємозв'язку між параметрами перевізного процесу

Час оборту являє собою суму витрат часу на рух транспортного засобу на маршруті включаючи затримки транспортних засобів, що пов'язані з організацією дорожнього руху ( $t_{пyx}$ ), час пасажирообміну на проміжних зупинках ( $t_{n/o}$ ), час простою на кінцевих зупинках ( $t_{кз}$ ) [77]:

$$t_{об} = t_{пyx} + t_{n/o} + t_{кз}. \quad (3.44)$$

Експлуатаційна швидкість визначається за формулою [77]:

$$V_e = \frac{L_{об}}{t_{об}}, \quad (3.45)$$

де  $L_{об}$  – довжина оборту, км.

Швидкість сполучення розраховується за такою залежністю [77]:

$$V_c = \frac{L_{об}}{t_{пyx} + t_{n/o}}. \quad (3.46)$$

Якщо представити, що

$$t_{пyx} + t_{n/o} = t_{об} - t_{кз}, \quad (3.47)$$

а довжина оберту подати як:

$$L_{об} = 2 \cdot L_m, \quad (3.48)$$

то швидкість сполучення може бути представлена так:

$$V_c = \frac{2 \cdot L_m}{t_{об} - t_{кз}}. \quad (3.49)$$

На підставі залежності (3.49) можливо встановлювати значення швидкості сполучення виходячи зі значення часу оберту транспортних засобів на маршруті, яке визначається експлуатаційною швидкістю.

Наступним етапом розглянуто взаємозв'язок між довжиною маршруту ( $L_m$ ), середньою відстанню поїздки пасажирів ( $l_{cp}$ ) та коефіцієнтом змінюваності ( $\eta_{зм}$ ). Обробка результатів натурних обстежень пасажиропотоків на маршрутах міського пасажирського транспорту м. Харкова з використанням регресійного аналізу дало змогу встановити, що зі зростанням довжини маршруту спостерігається збільшення як середньої відстані поїздки пасажирів так і коефіцієнта змінюваності.

Коефіцієнт змінюваності може бути представлений такою формулою:

$$\eta_{зм} = c + d \cdot L_m. \quad (3.50)$$

де  $c, d$  – коефіцієнти регресії ( $c = 0,791$ ,  $d = 0,174$ ).

Середня відстань поїздки пасажирів як функція від довжини маршруту може бути визначена виходячи із залежності:

$$l_{\text{сер}} = g + h \cdot \ln(L_m). \quad (3.51)$$

де  $g, h$  – коефіцієнти регресії ( $g = 1,128$ ,  $h = 1,215$ ).

Графічно ці залежності представлено на рис. 3.2.

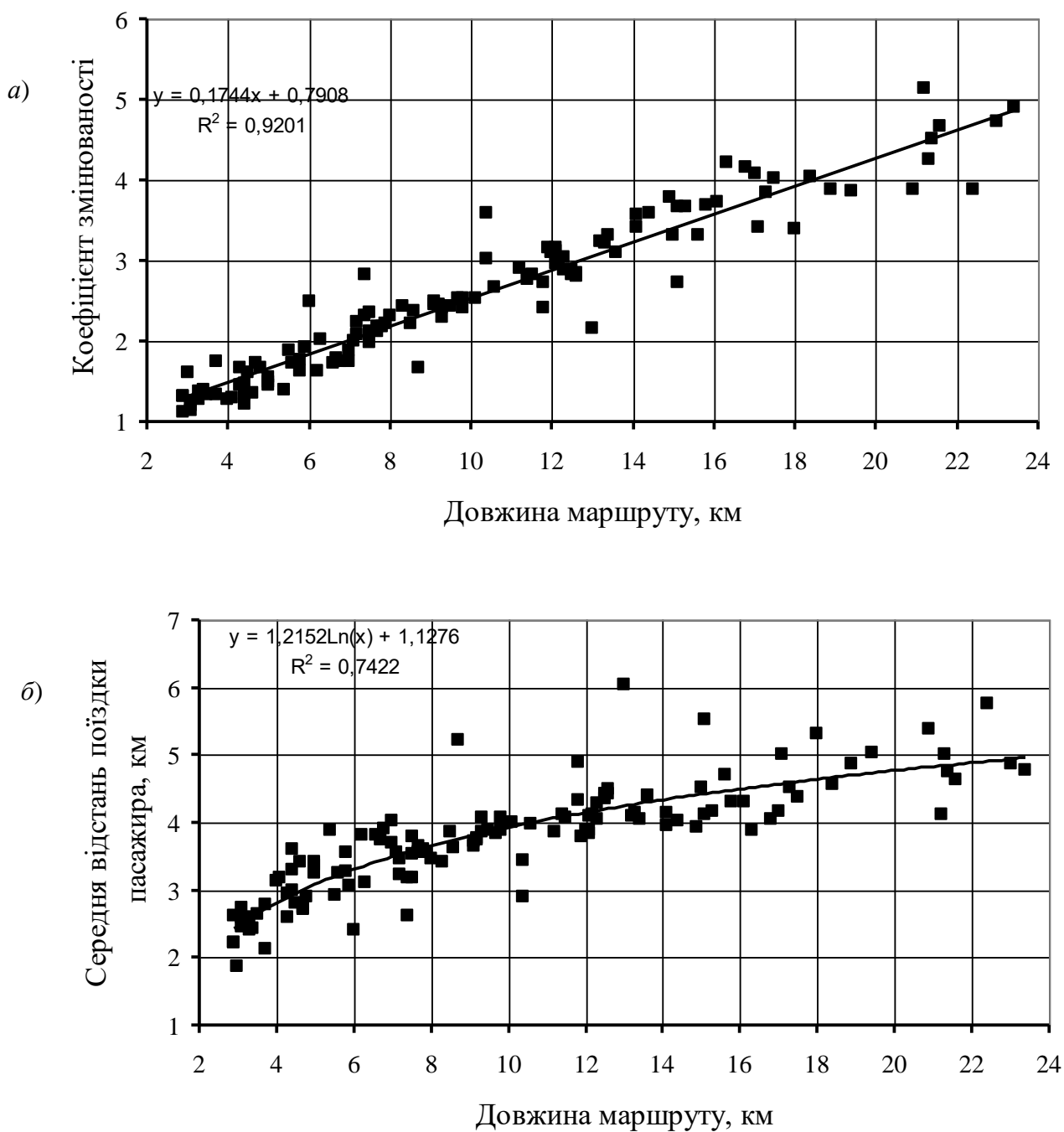


Рисунок 3.2 – Графіки зміни середньої відстані поїздки пасажирів (а) та коефіцієнту змінюваності (б) залежно від довжини маршруту

Статистичну оцінку розроблених регресійних моделей проводили таким чином. Оцінку значущості коефіцієнтів регресії визначали за критерієм Стюдента. Значення розрахункових значень критерію Стюдента для обох рівнянь перевищують табличні. Ступінь тісноти зв'язку між незалежною та залежною змінними оцінювали за коефіцієнтом кореляції. Для залежності (3.50) значення коефіцієнту кореляції становить 0,849, а для рівняння (3.51) – 0,955. Такі значення коефіцієнта кореляції вказують на наявність високої тісноти зв'язку між змінними. Оцінку адекватності моделі проводили за значенням середньої помилки апроксимації. Для рівнянь (3.51) та (3.52) значення середньої помилки апроксимації складають 12,20 % та 12,48 % відповідно. Це дає змогу стверджувати, що регресійні рівняння описують процес, що розглядається з достатнім рівнем адекватності та можуть бути використані для проведення подальших розрахунків.

Для проведення оцінки регулярності руху було проведено натурні обстеження на маршрутах міського пасажирського транспорту у м. Харкові. Під час проведення обстеження обліковець знаходився на зупинному пункті маршруту та заносив до бланку обстеження таку інформацію: вид транспорту та номер маршруту, момент часу прибуття транспортного засобу на зупинку; державний реєстраційний номер транспортного засобу; кількість пасажирів, що виходять з транспортного засобу та роблять посадку в нього; момент часу відправлення транспортного засобу з зупинки. Обстеження проводили у будні дні, у ранкову годину «пік». Час обстеження складав від 1,5 до 2 год.

В результаті первинної обробки дослідних даних було встановлено: кількість транспортних засобів, що працюють на маршруті; фактичні інтервали руху; час обертву.

Статистична обробка дослідних даних дала можливість встановити закон розподілу випадкової величини. На підставі гістограми розподілу було висунуто гіпотезу, що дослідні дані підкорюються нормальному закону



розподілу (рис. 3.3). Кількість класових інтервалів визначали за формулою Старджеса.

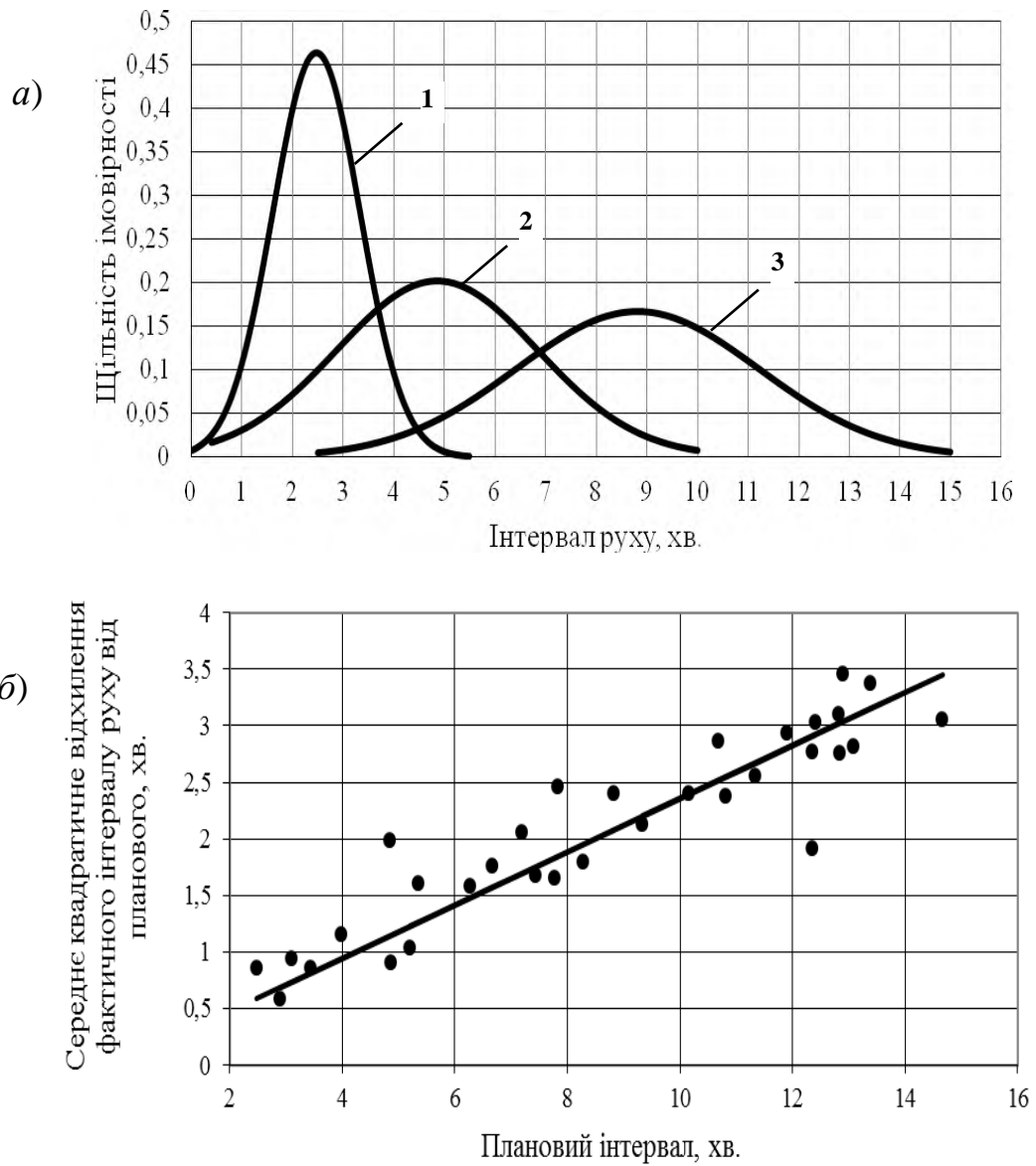


Рисунок 3.3 – Графіки залежності середнього квадратичного відхилення фактичного інтервалу руху від планового:

a) криві щільності розподілу фактичних інтервалів руху за різної величини планового інтервалу: 1 -  $I_{пл} = 2,5$  хв.; 2 -  $I_{пл} = 5$  хв.; 3 -  $I_{пл} = 9$  хв.

б) графік зміни залежності показника регулярності руху від планового інтервалу

Оцінку погодженості емпіричного та теоретичного розподілу виконували за критерієм Пірсона ( $\chi^2$ ). Для розглянутого маршруту імовірність згоди складає 0,183, що перевищує прийняту 0,05. Виходячи із зазначеного можна дійти висновку, що зміна інтервалів руху на розглянутому маршруті погоджуються з гіпотезою про нормальний закон їх розподілу.

Величина математичного очікування інтервалу руху складає 2,48 хв., середнє квадратичне відхилення становить 0,86 хв, при цьому 99,94 % обстежень містяться у інтервалі  $\pm 2 \cdot I_{nl}$ .

Аналогічним чином було проведено обробку дослідних даних для інших маршрутів. Гістограма та графік щільності розподілу інтервалу руху на автобусних маршрутах № 10е та № 217е наведено на рис. 2 та 3 відповідно.

На автобусному маршруті № 10е величина планового інтервалу ( $I_{pl}$ ) у ранкову годину «пік» складає 5 хв., а на маршруті 217е – 9 хв. Як і у попередньому випадку було зроблено припущення, що дослідні дані погоджуються з нормальним законом розподілу. Імовірність згоди для цих маршрутів складає 0,184 та 0,176, отже було зроблено висновок про погодженість дослідних даних з нормальним законом розподілу випадкової величини.

Математичне очікування інтервалу руху на автобусному маршруті № 10е складає 4,86 хв. при плановому інтервалі 5 хв., а середнє квадратичне відхилення становить 1,98 хв. Для маршруту № 217е ці величини складають 8,82 хв. та 2,40 хв. відповідно. На автобусному маршруті № 10е відсоток обстежень, що містяться у інтервалі  $\pm 2 \cdot I_{pl}$  становить 99,679, а для № 217е – 100 %.

Загалом обстеженням було охоплено 32 маршрути міського пасажирського транспорту з різними інтервалами руху. Одержані результати

показують, що зі зростанням величини планового інтервалу руху збільшується й величина середнього квадратичного відхилення (рис. 3.3).

Виходячи з аналізу рис. 3.3, можна дійти висновку, що за відсутності на маршруті системи диспетчерського керування рухом транспортних засобів зі зростанням планового інтервалу збільшується й величина середнього квадратичного відхилення, що є характеристикою нерегулярності руху. Тобто, маршрути з більшим інтервалом руху характеризуються більшою нерегулярністю.

Формалізацію цієї залежності було виконано із застосуванням методу регресійного аналізу. В результаті було отримано модель лінійного виду:

$$\sigma = f \cdot I_{пл}. \quad (3.52)$$

де  $f$  – коефіцієнт регресії ( $f = 0,236$ ).

Графік отриманої залежності представлено на рис. 3.3. Як бачимо, спостерігається незначний розкид дослідних даних відносно лінії тренду. Мінімальне відхилення складає 0,27 %, а максимальне – 51,56 %. Проте більшість дослідів знаходиться у 10 % діапазоні відхилень.

Статистичну оцінку моделі (3.52) проводили за такими показниками:

1. Оцінку значущості коефіцієнту регресії проводили за критерієм Стьюдента. Розрахункове значення складає 37,09, проти табличного 2,02. Перевищення розрахункового значення критерію Стьюдента над табличним вказує на значущість коефіцієнту моделі.

2. Тісноту зв'язку між залежною та незалежною змінними оцінювали за коефіцієнтом кореляції. Його значення складає 0,989, що вказує на високу тісноту зв'язку між змінними.

3. Ступінь адекватності моделі було оцінено за середньою помилкою апроксимації. Розрахунки показали, що фактичні дані середнього квадратичного відхилення, отримані за результатами натурних спостережень, відрізняються від змодельованих в середньому на 12,95 %. Таке значення

середньої помилки апроксимації вказує на те, що модель (3.52) характеризується задовільним рівнем адекватності та її можна використовувати для проведення подальших досліджень.

### 3.1.3 Представлення цільової функції

З урахуванням формалізованого взаємозв'язку між параметрами перевізного процесу (залежності (3.50), (3.51), (3.52), після перетворень, цільова функція (3.43) може бути подана у такому вигляді:

$$C_{\text{сукун}} = \frac{(a + b \cdot q_n) F_{\text{max}} \cdot 2 \cdot L_M}{q_n \cdot \gamma_{\text{max}}(\alpha_d)} + \frac{(c + d \cdot L_M) \cdot F_{\text{max}} \cdot C_{\text{зод}}}{K_{\text{довж}}^{\text{np}}} \left( \frac{K_{\text{напр}} + 1}{K_{\text{напр}}} \right) \times$$

$$\times \left( \frac{2 \cdot K_{\text{нп}} \cdot K_{\text{вз}}}{V_{\text{ни}} \left( \frac{1}{3 \cdot \delta} + \frac{l_{\text{неp}}}{4} \right)} + \frac{q_n \cdot \gamma_{\text{max}}(\alpha_d) \cdot \tau \cdot (1 + f^2)}{2 \cdot F_{\text{max}}} + \frac{g + h \cdot \ln(L_M)}{V_c} \right) + (3.53)$$

$$+ \frac{(c + d \cdot L_M) \cdot F_{\text{max}}}{K_{\text{довж}}^{\text{np}}} \left( \frac{C_{\text{д зв}}}{K_{\text{напр}}} + C_{\text{д нп}} \right) \rightarrow \min,$$

$$q_n, \gamma_{\text{max}}, F_{\text{max}}, L_M, I_{\text{пл}}, K_{\text{напр}}, K_{\text{довж}}^{\text{np}} \in \Omega.$$

$$\Omega: q_n^{\min} \leq q_n \leq q_n^{\max}; \quad F_{\text{max}}^{\min} \leq F_{\text{max}} \leq F_{\text{max}}^{\max}; \quad L_M^{\min} \leq L_M \leq L_M^{\max}; \quad \gamma_{\text{max}}^{\min} \leq \gamma_{\text{max}} \leq \gamma_{\text{max}}^{\max};$$

$$I_{\text{пл}}^{\min} \leq I_{\text{пл}} \leq I_{\text{пл}}^{\max}; \quad K_{\text{довж}}^{\min} \leq K_{\text{довж}} \leq K_{\text{довж}}^{\max}; \quad K_{\text{напр}}^{\min} \leq K_{\text{напр}} \leq K_{\text{напр}}^{\max}.$$

Числові значення граничних обмежень  $\Omega$  наведено у табл. 2.4.

У подальшому цільову функцію (3.53) будемо використовувати для встановлення оптимальних параметрів організації перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов сталих параметрів пасажиропотоку.

### 3.1.4 Визначення оптимальних параметрів організації перевезень

Під час визначення оптимальних параметрів організації перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту вхідні дані для проведення розрахунків було поділено на такі групи:

- характеристики маршруту міського пасажирського транспорту;
- показники пасажиропотоку на маршруті;
- чинники, що характеризують пасажирів;
- параметри маршрутної мережі та містобудівні фактори.

До характеристик маршруту міського пасажирського транспорту було віднесено такі показники:

- довжина маршруту;
- експлуатаційну швидкість і швидкість сполучення;
- час оборотного рейсу;
- середню довжину перегону на маршруті.

Як показники пасажиропотоку на маршруті розглядали такі:

- пасажиропотік на найбільш завантаженому перегоні маршруту;
- коефіцієнт змінюваності пасажирів на маршруті;
- коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту;
- коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку за напрямками руху на маршруті.

До чинників, що характеризують пасажирів було віднесено такі:

- середня вартість години вільного часу пасажирів;
- середня швидкість руху пішоходу;
- середній дохід пасажирів за місяць;
- середня кількість днів робочих у місяці;
- початкове значення показника функціонального стану пасажирів перед початком здійснення пересування;

Як характеристики маршрутної мережі та містобудівні фактори було виділено такі:

- щільність маршрутної мережі;
- коефіцієнт вибору зупинного пункту;
- коефіцієнт непрямолінійності пішохідного руху до зупинного пункту.

Вихідні дані для вирішення оптимізаційної задачі з використанням залежності (3.53) представлені у вигляді табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Вхідні дані для визначення оптимальних параметрів організації перевезень

№ п/п	Група показників	Показник	Розмірність	Значення показника
1	2	3	4	5
1	Характеристики маршруту міського пасажирського транспорту	Довжина маршруту	км	10
2		Швидкість сполучення	км/год	22
3		Експлуатаційна швидкість	км/год	20
4		Час оберту	хв.	60
5		Середня довжина перегону на маршруті	км	0,85
6	Показники пасажиропотоку на маршруті	Пасажиропотік на найбільш завантаженому перегоні маршруту	пас./год	1200
7		Коефіцієнт змінюваності	-	2,4
8		Коефіцієнт нерівномірності по довжині маршруту	-	1,45
9		Коефіцієнт нерівномірності за напрямками руху на маршруті	-	1,6
10	Чинники, що характеризують пасажирів	Середня вартість години вільного часу пасажирів	грн./год	27,14

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5
11	Чинники, що характеризують пасажирів	Середня швидкість руху пішоходу	км/год	4
12		Середній дохід пасажирів за місяць	грн.	6660
13		Кількість днів робочих у місяці	днів	24
14		Початкове значення показника функціонального стану пасажирів	бали	2
15	Характеристики маршрутної мережі та містобудівні фактори	Щільність маршрутної мережі	км/км <sup>2</sup>	2,4
16		Коефіцієнт вибору зупинного пункту	-	1,16
17		Коефіцієнт непрямої лінійності пішохідного підходу	-	1,2

За величини пасажиропотоку 1200 пас./год (табл. 3.1) мінімум цільової функції (3.53) досягається при використанні автобусів пасажиромісткістю 90 пас., що представлено в результаті знаходження мінімуму цільової функції на рис. 3.4.

На підставі отриманих значень  $q_n^{opt}$  та  $\alpha_d^{opt}$  визначають інші параметри перевізного процесу:

- потрібну кількість транспортних засобів

$$A^{opt} = \left[ \frac{F_{\max} \cdot t_{об}}{q_n^{opt} \cdot \gamma_{c \max}(\alpha_d^{opt})} \right] = \left[ \frac{F_{\max} \cdot t_{об}}{q_n^{opt} \cdot \left( \mu(\alpha_n) + (1 - \mu(\alpha_n)) \frac{\alpha_d^{opt}}{\alpha_n} \right)} \right]; \quad (3.54)$$

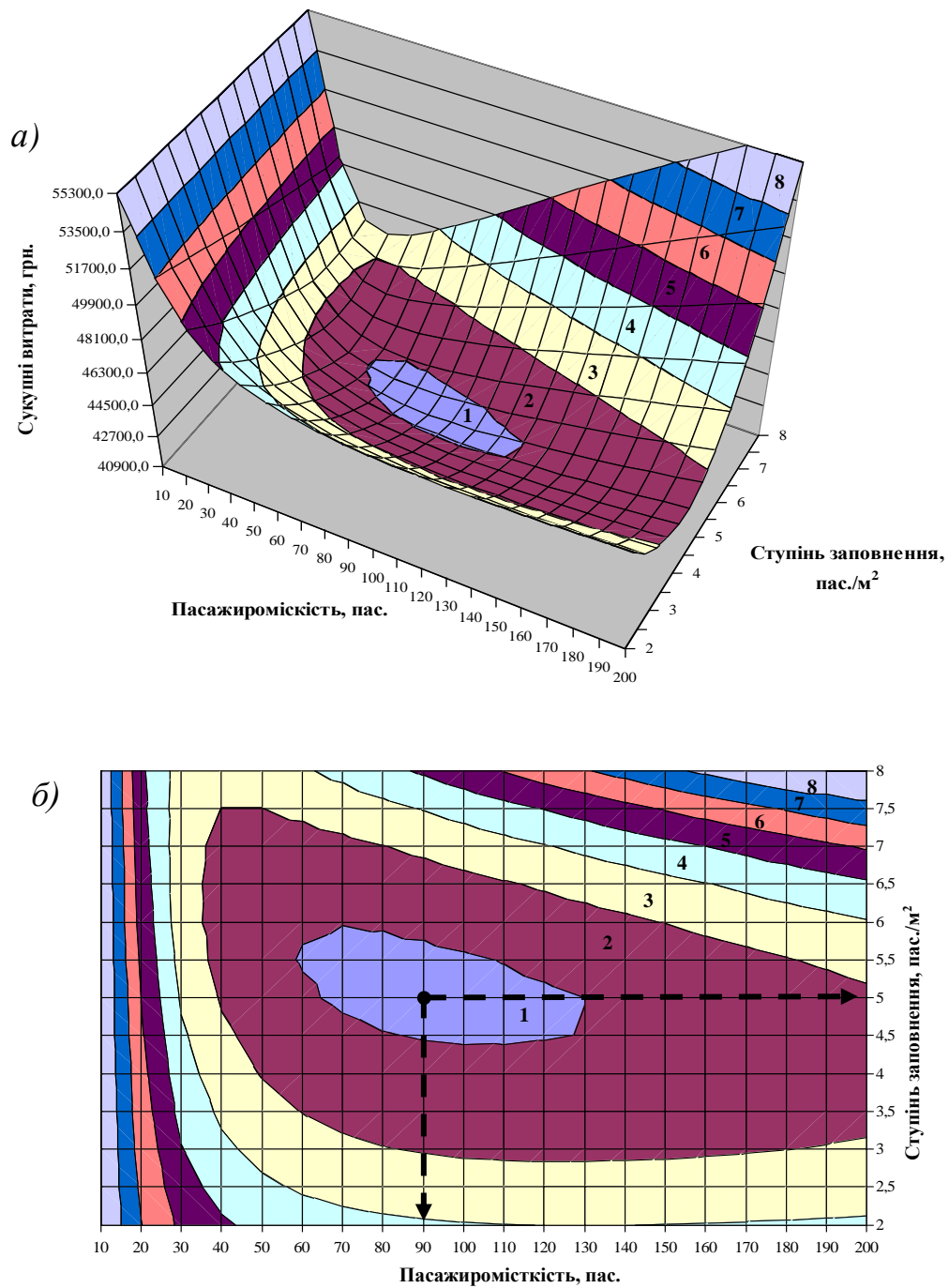


Рисунок 3.4 – Поверхнева (а) та контурна (б) діаграми залежності сукупних витрат від пасажиромісткості автобусу та ступеня заповнення на найбільш пасажиро напруженому

перегоні маршруту ( $F_{\max} = 1200$  пас./год):

- 1** - 40900,0-42700,0 грн.; **2** - 42700,0-44500,0 грн.; **3** - 44500,0-46300,0 грн.; **4** - 46300,0-48100,0 грн.; **5** - 48100,0-49900,0 грн.; **6** - 49900,0-51700,0 грн.; **7** - 51700,0-53500,0 грн.;  
**8** - 53500,0 - 55300,0 грн.



- маршрутний інтервал та частоту руху транспортних засобів

$$I_{nl}^{opt} = \frac{t_{об}}{A^{opt}}; N^{opt} = \frac{1}{I_{nl}^{opt}}. \quad (3.55)$$

де  $t_{об}$  – час оберту, год.

Отже, запропонований метод організації міських пасажирських перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов сталих параметрів пасажиропотоку складається з послідовності таких етапів:

1. Формування вихідних даних щодо характеристик маршруту міського пасажирського транспорту, показників пасажиропотоку, характеристик пасажирів, параметрів маршрутної мережі та містобудівних факторів.

2. Встановлення обмежень на параметри цільової функції (3.53).

3. Варіювання керованих змінних (пасажиромісткість транспортних засобів та щільність заповнення їхнього салону на найбільш завантаженому перегоні маршруту).

4. Визначення пасажиромісткості транспортних засобів та щільності заповнення їхнього салону на найбільш завантаженому перегоні маршруту, що забезпечують мінімум сукупних витрат перевізника та пасажирів згідно з цільовою функцією (3.53).

5. Визначення потрібної кількості транспортних засобів, інтервалів і частоти їхнього руху на маршруті.

### **3.2 Формування цільової функції за умов змінних параметрів пасажиропотоку**

У випадку змінних параметрів пасажиропотоку для оптимізації параметрів перевізного процесу на маршрутах міського пасажирського транспорту запропоновано застосовувати цільову функцію такого вигляду:

$$\Pi = T \cdot Q(q_n, A) - V_e \cdot \tau \cdot A \cdot (a + b \cdot q_n) \rightarrow \max, \quad (3.56)$$

де  $T$  – тариф за перевезення, грн.;

$Q(q_n, A)$  – обсяг перевезень за період  $\tau$ , що розглядається як функція від пасажиромісткості та кількості транспортних засобів, які працюють на маршруті, пас.;

$A$  – кількість транспортних засобів, од.;

$V_e$  – експлуатаційна швидкість, км/год;

$\tau$  – тривалість розрахункового періоду, год.

На цільову функцію (3.56) накладаються такі обмеження:

- імовірність відмови не має перевищувати величини  $\xi$ :

$$P_{відм}^z \leq \xi. \quad (3.57)$$

- рівень заповнення салону транспортного засобу на найбільш завантаженому перегоні не перевищувати граничне значення ( $\alpha_{гран}$ ):

$$\alpha \leq \alpha_{гран}, \quad (3.58)$$

- кількість транспортних засобів має забезпечувати виконання умови:

$$A_{\min} \leq A^z \leq A_{\max}. \quad (3.59)$$

Мінімальну ( $A_{\min}$ ) та максимальну ( $A_{\max}$ ) кількість транспортних засобів визначали виходячи з наступних залежностей:

$$A_{\min} = \left\lceil \frac{t_{об}}{I_{\max}} \right\rceil, \quad (3.60)$$

$$A_{\max} = \left[ \frac{t_{об}}{I_{\min}} \right]. \quad (3.61)$$

Як керовані змінні виступають пасажиромісткість та кількість транспортних засобів. Обсяг перевезень розглядається як змінна величина, що зумовлена цими параметрами. Формалізацію зазначеного взаємозв'язку вирішено проводити на підставі моделювання процесу формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту.

### **3.3 Розробка моделі вибору пасажирями шляху пересування**

#### **3.3.1 Формалізація критерію оцінки пасажирями альтернативних шляхів пересування**

Для опису поведінки пасажирів при виборі шляху пересування виникає необхідність у формалізації критерію за яким виконується оцінка та порівняння альтернативних варіантів. Вимоги до формування цього критерію можна сформулювати таким чином:

- 1) врахування значущих факторів, що впливають на вибір пасажирями шляху пересування;
- 2) представлення значущих факторів як функцію від параметрів перевізного процесу, як на окремих маршрутах мережі, так й мережі в цілому;
- 3) формування критерію з позиції інтегральної оцінки альтернативних варіантів шляху пересування, що дає змогу проводити поєднання різнорідних характеристик шляху пересування, що різняться, як за розмірністю, так й якісними характеристиками;
- 4) давати можливість розглядати різні варіанти шляху пересування, що можуть відрізнитись пішохідним складником та передбачати різні варіанти здійснення поїздок;

5) має бути легко адаптований до зміни умов застосування, вимагати помірний рівень зусиль щодо його калібрування та налаштування, бути стійким до зміни параметрів системи міського пасажирського транспортного та зовнішнього відносно транспорту середовища;

6) враховувати нерівнозначність окремих складників пересування з точки зору сприйняття їх пасажирями;

7) сформований критерій має забезпечувати можливість врахування низки особливостей процесу, що розглядається, а саме:

- погіршення характеристик пересування пасажирів при зростанні попиту на користування альтернативою;

- обмеженість за провізною здатністю маршрутів міського пасажирського транспорту;

- вплив соціально-економічних характеристик на транспортну поведінку пасажирів.

Значущі фактори, що впливають на вибір шляху реалізації кореспонденції можуть бути поділені на групи, що визначають:

- витрати часу пасажирів на пересування за його складниками (пішохідний складник, очікування на зупинному пункті, поїздка у транспортному засобі, пересадження);

- оцінку умов пересування з позиції комфортабельності його здійснення;

- грошові витрати на оплату проїзду;

- фактори зовнішнього, відносно транспортної системи, середовища.

Урахування зазначених вимог може бути враховано при формуванні як оцінного показника альтернативних шляхів узагальненої вартості пересування.

Цей показник може поданий у грошовому вимірі таким чином:

$$C_{пер(зрощ)}^k = t_{перij}^k C_{зод} + C_{дij}^k + T_{ij}^k, \quad (3.62)$$

де  $t_{перij}^k$  – час здійснення пересування між транспортними районами  $i$  та  $j$  з використанням шляху пересування  $k$ , год;

$C_{год}$  – вартісна оцінка витрат часу пасажирів, грн./год;

$C_{\delta ij}^k$  – зниження доходу пасажирів на виробництві внаслідок впливу транспортної стомлюваності, грн.

$T$  – величина сплати за проїзд при пересуванні за шляхом  $k$ , грн.

У зазначеній постановці виходячи з величини зниження доходу пасажирів внаслідок пересування можна судити про його комфортабельність. При цьому виходимо із припущення, що оцінка умов пересування може бути виміряна рівнем транспортної стомлюваності пасажирів, що зумовлена низкою параметрів перевізного процесу.

Також, узагальнену вартість пересування може бути у одиницях часу:

$$C_{пер(час)ij}^k = t_{перij}^k + \frac{1}{C_{год}} (C_{\delta ij}^k + T_{ij}^k). \quad (3.63)$$

Така трансформація досягається завдяки застосування показника вартісної оцінки витрат часу пасажирів  $C_{год}$ , що дає змогу переведення вартісних показників, а саме величини зниження доходу пасажирів на виробництві внаслідок впливу транспортної стомлюваності та сплати за проїзд до часового виміру та навпаки. Величину  $C_{год}$  визначасмо за залежністю (2.28), згідно до якої вартісна оцінка витрат часу залежить від доходу пасажирів.

### 3.3.2 Структура альтернативних шляхів пересування

Під шляхом пересування будемо розуміти упорядковану множину складників пересування, які виконує пасажир при пересуванні між пунктами

відправлення та призначення. Ці складники можуть поділені на пішохідні й транспортні.

В умовах розгалуженої маршрутної системи між кожними пунктами відправлення та призначення існує декілька варіантів шляху пересування, що не занадто сильно відрізняються за витратами часу, комфортабельністю пересування, величиною плати за проїзд.

У найпростішому випадку шлях пересування містить чотири складники: рух до зупинки, очікування транспортного засобу, здійснення поїздки у транспортному засобі та рух від зупинки до місця призначення. Такий варіант можливий за наявності прямого сполучення між районами відправлення та призначення.

Якщо розглядати окреме пересування пасажирів за певним шляхом, то воно включає послідовність процедур ухвалення рішень щодо реалізації того чи іншого складника. Ці рішення можуть бути прийняті заздалегідь (до початку здійснення пересування) або прийматись безпосередньо під час здійснення пересування залежно від обставин (наприклад, користування першим транспортним засобом, що буде подано до зупинки). Незалежно від того на якому етапі приймається рішення, вважаємо, що воно буде скеровано мотивами економії часу, зусиль, грошових витрат. Тобто таку поведінку пасажирів будемо розглядати як раціональну (обмірковану), керовану певними мотивами.

Зазвичай пасажирів планують певний шлях пересування заздалегідь та можуть коригувати його в процесі пересування виходячи з наявних обставин.

Шляхи пересування пасажирів між кожною парою транспортних районів можуть відрізнятись один від одного як транспортним складником, так й пішохідним. Щодо пішохідного складника за умови щільної транспортної мережі пасажирів мають можливість здійснювати підхід до декількох зупинних пунктів, що знаходяться у зоні пішохідної доступності. Вибір тієї чи іншої зупинки зумовлений її віддаленістю від місця відправлення та характеристиками тих маршрутів, які через неї проходять.

Наприклад, збільшуючи відстань пішого руху пасажирів мають можливість здійснити поїздку без пересаджень, гарантовано зайняти місце для сидіння тощо.

Транспортна складова може виконуватись без пересаджень або з пересадженнями. У першому випадку виконується маршрутна поїздка, у другому – мережна поїздка, що містить декілька транспортних.

Умовою побудови множини можливих шляхів пересування між певною парою транспортних районів відправлення  $i$  та призначення  $j$  є заборона на повернення на вже пройдену частину шляху та відмінність у структурі шляхів пересування хоча б одним складником. Окрім цього може бути уведено обмеження щодо максимальної відстані пішохідного складника пересування, що не має перевищувати 2 км. Іншим обмеженням є кількість пересаджень на шляху пересування. Разом з цим, незважаючи на зазначені умови, у розгалужених маршрутних мережах кількість шляхів пересування є досить великою та не всі з таких шляхів можна розглядати як альтернативні.

Під альтернативними будемо розуміти підмножину можливих шляхів пересування, які пасажирів розглядають як раціональні та проводять їх оцінювання при ухваленні рішення при реалізації кореспонденції.

Формування множини альтернативних шляхів пересування може бути виконано шляхом завдання умови:

$$\Delta C_{nepij}^k \leq \delta. \quad (3.64)$$

де  $\Delta C_{nepij}^k$  – відхилення величини узагальнених витрат пасажирів від найкоротшого (критичного), %;

$\delta$  – граничне відхилення величини узагальнених витрат пасажирів від критичного, %

Для розрахунку  $\Delta C_{nepij}^k$  використовуємо залежність:

$$\Delta C_{непiй}^k = \frac{C_{непiй}^k - C_{непiй}^{\min}}{C_{непiй}^{\min}} 100\%, \quad (3.65)$$

$$C_{непiй}^{\min} = \min\{C_{непiй}^1, C_{непiй}^2, \dots, C_{непiй}^k\}. \quad (3.66)$$

Тобто при формуванні умови (3.64) виходимо з припущення, що існує таке відхилення величини узагальнених витрат пасажирів від критичного  $\delta$ , за якого подавляючи більшість пасажирів не розглядають як альтернативні та імовірність користування такими шляхами пересування прагне до нуля.

### 3.3.3 Формалізація складників витрат часу на пересування

Розглядаючи час здійснення пересування між транспортними районами  $i$  та  $j$  з використанням шляху пересування як суму окремих складників пересування при виконанні маршрутної поїздки (пішого руху, очікування, поїздки, пересадження), з урахуванням залежностей (2.24, 3.24), може бути представлений як:

$$t_{непiй}^k = \sum_{i,j} \frac{l_{ниш p(q) \in i(j)}^k}{V_{ниш}} + \frac{l_{мп p,q}^z}{V_c^z} + \frac{1}{60} \left( \frac{I_{nl}^z}{2} + \frac{\sigma_z^2}{2I_{nl}^z} + \frac{P_{від p}^z}{1 - P_{від p}^z} I_{nl}^z \right). \quad (3.67)$$

де  $l_{ниш p(q) \in i(j)}^k$  – відстань пішохідного руху відповідно у транспортному районі  $i$  (рух до зупинки  $p$  маршруту  $z$ ,  $p \in z$ ) та  $j$  (від зупинки  $q$  маршруту  $z$  до місця призначення пересування,  $q \in z$ ), км;

$V_{ниш}$  – середня швидкість пішохідного руху, км/год;

$l_{мп p,q}^z$  – відстань маршрутної поїздки між зупинками  $p$  та  $q$  маршруту  $z$ ,  $p, q \in z$ , км;

$V_c^z$  – швидкість сполучення на маршруті  $z$ ,  $z \in k$ , км/год;



$I_{nl}^z$  – плановий інтервал на маршруті  $z$ ,  $z \in k$ , хв.;

$\sigma_z$  – середнє квадратичне відхилення від планового інтервалу руху на маршруті  $z$ ,  $z \in k$ , хв.;

$P_{від p}^z$  – імовірність відмови пасажиру в посадці на зупинці  $p$  маршруту  $z$ ,  $z \in k$ .

У разі здійснення мережної поїздки залежність (3.67) приймає такого вигляду:

$$t_{неpij}^k = \sum_{i,j} \frac{l_{niu p(q) \in i(j)}^k}{V_{niu}} + \sum_{z=1}^n \left( \frac{l_{mn p,q}^z}{V_c^z} + \frac{1}{60} \left( \frac{I_{nl}^z}{2} + \frac{\sigma_z^2}{2I_{nl}^z} + \frac{P_{від p}^z}{1 - P_{від p}^z} I_{nl}^z \right) \right) + \sum_{z=1}^{n-1} \frac{t_n^z}{60}. \quad (3.68)$$

де  $n$  – кількість маршрутних поїздок у мережній, од.;

$t_n^z$  – час на пішохідний рух між зупинними пунктами при здійсненні пересадження, хв.

Інтервал руху визначається часом обертв ( $t_{об}^z$ ) та кількістю транспортних засобів ( $A^z$ ), що працюють на маршруті  $z$ .

### 3.3.4 Формалізація рівня транспортної стомлюваності пасажирів

Як основа для вирішення завдання визначення рівня транспортної стомлюваності пасажирів використовуємо методикv запропонованv авторами праці [77, 79, 165, 277].

Функціональний стан пасажира після пішохідного руху до зупинного пункту  $p$  маршруту  $z$ , що розташований у транспортному районі  $i$  визначаємо за формулою:

$$P_{niu p \in i}^k = 0,107 \cdot P_{до} \cdot \left( \sqrt{12,694 \cdot \frac{l_{niu p \in i}^k}{V_{niu}} + 1} + 8,318 \right). \quad (3.69)$$

Функціональний стан пасажирів після очікування на зупинному пункті  $p$  маршруту  $z$  визначаємо за формулою:

$$\begin{aligned}
 P_{оч\ p}^z = & 0,33 + 0,915 \cdot \left( P_{ниш} \left( 1 - 0,28 \cdot \ln \left( \left( \frac{I_{nl}^z}{2} + \frac{\sigma_z^2}{2I_{nl}^z} + \frac{P_{від\ p}^z}{1 - P_{від\ p}^z} I_{nl}^z \right) + 1 \right) \right) \right) + \\
 & + 1,12 \cdot \ln \left( \left( \frac{I_{nl}^z}{2} + \frac{\sigma_z^2}{2I_{nl}^z} + \frac{P_{від\ p}^z}{1 - P_{від\ p}^z} I_{nl}^z \right) + 1 \right) + 0,00107 \cdot \left( \frac{I_{nl}^z}{2} + \frac{\sigma_z^2}{2I_{nl}^z} + \frac{P_{від\ p}^z}{1 - P_{від\ p}^z} I_{nl}^z \right). \quad (3.70)
 \end{aligned}$$

Коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортного під час здійснення поїздки між зупинними пунктами  $p$  та  $q$  маршруту  $z$  може бути визначений за формулою:

$$\gamma_{mn\ pq}^z = \frac{\sum l_{n-m}^z \cdot F_{n-m}^z}{q_n^z \cdot l_{mn\ p,q}^z \cdot N_{mz}^z}, \quad (3.71)$$

де  $l_{n-m}^z$  – довжина перегонів  $n - m$  на маршруті  $z$ , що долає пасажир під час здійснення маршрутної поїздки від перегону з номером  $(n = p) - (m = p + 1)$  до  $(n = q - 1) - (m = q)$ , км;

$F_{n-m}^z$  – величина пасажиропотоку на перегоні  $n - m$  маршруту  $z$ , пас./год;

$q_n^z$  – пасажиромісткість транспортних засобів, що працюють на маршруті  $z$ , пас.;

$l_{mn\ p,q}^z$  – відстань поїздки між зупинними пунктами  $p$  та  $q$  маршруту  $z$ , км;

$N_{mz}^z$  – інтенсивність (частота) руху транспортних засобів на маршруті  $z$ , од./год.

Частота руху визначається:

$$N_{mz}^z = \frac{A^z}{t_{об}^z}, \quad (3.72)$$

де  $A^z$  – кількість транспортних засобів, що працюють на маршруті  $z$ , од.

$t_{об}^z$  – час оборту транспортних засобів, год;

Функціональний стан пасажира після виконання поїздки в транспортному засобі між зупинними пунктами  $p$  та  $q$  маршруту  $z$  визначаємо за формулою:

$$\begin{aligned}
 \Pi_{поїзд\ pq}^z = & -0,21 + 1,045 \cdot \left[ \Pi_{оч} \cdot \left( 1 - 0,14 \left( k \frac{\sum l_{n-m}^z \cdot F_{n-m}^z}{q_n^z \cdot l_{mn\ p,q}^z \cdot N_{mz}^z} + 0,6 \right) \ln \frac{l_{mn\ p,q}^z}{V_c^z} \right) + \right. \\
 & \left. + \frac{\sum l_{n-m}^z \cdot F_{n-m}^z}{q_n^z \cdot l_{mn\ p,q}^z \cdot N_{mz}^z} \left( k \frac{\sum l_{n-m}^z \cdot F_{n-m}^z}{q_n^z \cdot l_{mn\ p,q}^z \cdot N_{mz}^z} + 0,6 \right) \ln \frac{l_{mn\ p,q}^z}{V_c^z} \right]. \quad (3.73)
 \end{aligned}$$

Оскільки шлях пересування розглядається як впорядкована послідовність його складників, то визначення зміни показника функціонального стану пасажира визначається послідовно складками.

Значення  $\Pi_{пер\ ij}^k$  визначає відсоткове зниження виробітки пасажирів внаслідок впливу транспортної стомлюваності:

$$W_{ij}^k = \begin{cases} -0,0709 + 0,545(\Pi_{пер\ ij}^k - 3)^2, & \text{при } \Pi_{пер\ ij}^k > \Pi_{пер}^{гран} \\ 0, & \text{при } \Pi_{пер\ ij}^k \leq \Pi_{пер}^{гран} \end{cases}, \quad (3.74)$$

де  $\Pi_{пер\ ij}^k$  – функціональний стан пасажира після здійснення пересування між транспортними районами  $i$  та  $j$  за шляхом пересування  $k$ , бали;

$\Pi_{к}^{гран}$  – граничне значення показника функціонального стану пасажира, перевищення якого спричиняє зниження виробітки пасажирів, бали.

Згідно (3.74) має виконуватись наступна умова:

$$W_{ij}^k \geq 0. \quad (3.75)$$

Як граничне значення показника функціонального стану пасажирів ( $П_{\kappa}^{гран}$ ), розглядаємо таке, за якого зменшення виробітки пасажирів дорівнює

0. Значення  $П_{\kappa}^{гран}$  визначаємо із умови:

$$-0,0709 + 0,545(П_{\kappa}^{гран} - 3)^2 = 0. \quad (3.76)$$

Вирішення рівняння (3.76) дало змогу встановити, що  $П_{\kappa}^{гран} = 3,36$  бали.

Відсоток зниження виробітки пасажирів на виробництві внаслідок впливу транспортно стомлюваності можна розрахувати так:

$$C_{\delta ij}^k = \frac{D_m W_{ij}^k}{D_{pm} 100}, \quad (3.77)$$

де  $D_m$  – дохід середньостатистичного пасажирів за місяць, грн.;

$D_{pm}$  – середня кількість робочих днів у місяці, днів.

Отже, узагальнена вартість пересування може бути представлена таким чином:

- у разі здійснення маршрутної поїздки:

$$C_{пер(груп)ij}^k = \left[ \sum_{i,j} \frac{l_{niu}^k p(q) \in i(j)}{V_{niu}} + \frac{l_{mn p,q}^z}{V_c^z} + \frac{1}{60} \left( \frac{I_{nl}^z}{2} + \frac{\sigma_z^2}{2I_{nl}^z} + \frac{P_{від p}^z}{1 - P_{від p}^z} I_{nl}^z \right) \right] \cdot C_{год} + \frac{D_m W_{ij}^k}{D_{pm} 100} + T; \quad (3.78)$$

- у разі здійснення мережної поїздки:

$$C_{пер(зрощ)}^k = \left[ \sum_{i,j} \frac{l_{niu}^k p(q) \in i(j)}{V_{niu}} + \sum_{z=1}^n \left( \frac{l_{mn}^z p,q}{V_c^z} + \frac{1}{60} \left( \frac{I_{nl}^z}{2} + \frac{\sigma_z^2}{2I_{nl}^z} + \frac{P_{від p}^z}{1 - P_{від p}^z} I_{nl}^z \right) \right) + \sum_{z=1}^{n-1} \frac{t_n^z}{60} \right] \cdot C_{зод} + \frac{D_M W_{ij}^k}{D_{рм} 100} + \sum_{z=1}^n T^z. \quad (3.79)$$

Аналогічні залежності можуть бути представлені у разі вираження узагальненої вартості пересування одиницях часу:

- для маршрутної поїздки:

$$C_{пер(час)}^k = \sum_{i,j} \frac{l_{niu}^k p(q) \in i(j)}{V_{niu}} + \frac{l_{mn}^z p,q}{V_c^z} + \frac{1}{60} \left( \frac{I_{nl}^z}{2} + \frac{\sigma_z^2}{2I_{nl}^z} + \frac{P_{від p}^z}{1 - P_{від p}^z} I_{nl}^z \right) + \frac{1}{C_{зод}} \left( \frac{D_M W_{ij}^k}{D_{рм} 100} + T^z \right); \quad (3.80)$$

- для мережної поїздки:

$$C_{пер(час)}^k = \sum_{i,j} \frac{l_{niu}^k p(q) \in i(j)}{V_{niu}} + \sum_{z=1}^n \left( \frac{l_{mn}^z p,q}{V_c^z} + \frac{1}{60} \left( \frac{I_{nl}^z}{2} + \frac{\sigma_z^2}{2I_{nl}^z} + \frac{P_{від p}^z}{1 - P_{від p}^z} I_{nl}^z \right) \right) + \sum_{z=1}^{n-1} \frac{t_n^z}{60} + \frac{1}{C_{зод}} \left( \frac{D_M W_{ij}^k}{D_{рм} 100} + \sum_{z=1}^n T^z \right). \quad (3.81)$$

Наступним етапом проводимо детермінований факторний аналіз впливу факторів на величину узагальненої вартості пересування. Методичною основою детермінованого факторного аналізу є побудова характеристичних графіків, що передбачає послідовне варіювання керованих факторів моделі при сталих значеннях інших параметрів. Проведення такого

аналізу дає змогу оцінити напрямок та сили впливу факторів на величину узагальненої вартості пересування.

### **3.4 Факторний аналіз узагальненої вартості пересування**

Проводимо аналіз характеру та ступеню впливу факторів, що зумовлюють величину узагальненої вартості пересування пасажирів та її складників. При цьому розглядаємо такі складники: час пересування, зниження доходу пасажирів через розвиток транспортної стомлюваності пасажирів та узагальнену вартість пересування у приведених у одиницях приведенного часу.

Вихідні дані до побудови характеристичних графіків приведені у табл. 3.2.




Як фактори, що підлягали аналізу було виділено такі:

- відстань пішохідного руху від місця відправлення до зупинного пункту;
- відстань пішохідного руху від зупинного пункту до місця призначення;
- довжина маршрутної поїздки;
- швидкість сполучення;
- плановий інтервал руху;
- імовірність відмови пасажиру в посадці;
- коефіцієнт використання пасажиромісткості з урахуванням коефіцієнту пропорційності під час здійснення маршрутної поїздки;
- дохід пасажирів за місяць;
- величина тарифу на маршрут.







Для кожного з зазначених факторів визначали діапазон варіювання та вхідні значення, що відповідають усередненим величинам розглянутих показників для маршрутної системи м. Харкова.

Побудовані таким чином характеристичні графіки зображено на рис. 3.5 – 3.7.

Таблиця 3.2 – Вхідні дані до побудови характеристичних графіків

Фактор, позначення, одиниці вимірювання	Графічне представлення	Вихідне значення	Діапазон варіювання		Крок варіювання	Наявність впливу на узагальнену вартість пересування та її складники («+» - впливає; «-» - не впливає)		
			min	max		час пересування	зниження доходу пасажира	узагальнена вартість пересування
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Відстань пішохідного руху від місця відправлення до зупинного пункту, $l_{ниp}$ , км		0,5	0,2	2,0	0,18	+	+	+
Відстань пішохідного руху від зупинного пункту до місця призначення, $l_{ниq}$ , км		0,25	0,2	2,0	0,18	+	+	+
Довжина маршрутної поїздки, $l_{мп}$ , км		2	20	7	1,8	+	+	+

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Швидкість сполучення, $V_c$ , км/год		20	12	45	3,3	+	+	+
Плановий інтервал руху, $I_{пл}$ , хв.		8	2	12	1,0	+	+	+
Імовірність відмови пасажиру в посадці, $P_{від}$		0	0	0,8	0,08	+	+	+
Коефіцієнт використання пасажиромісткості з урахуванням коефіцієнту пропорційності під час здійснення маршрутної поїздки, $k\gamma_{мп}$		0,8	0,27	1,22	0,095	-	+	+
Дохід пасажиру за місяць, $D_m$ , грн.		8000	4000	12000	800	-	+	+
Тариф, $T$ , грн.		8	6	10	0,4	-	-	+



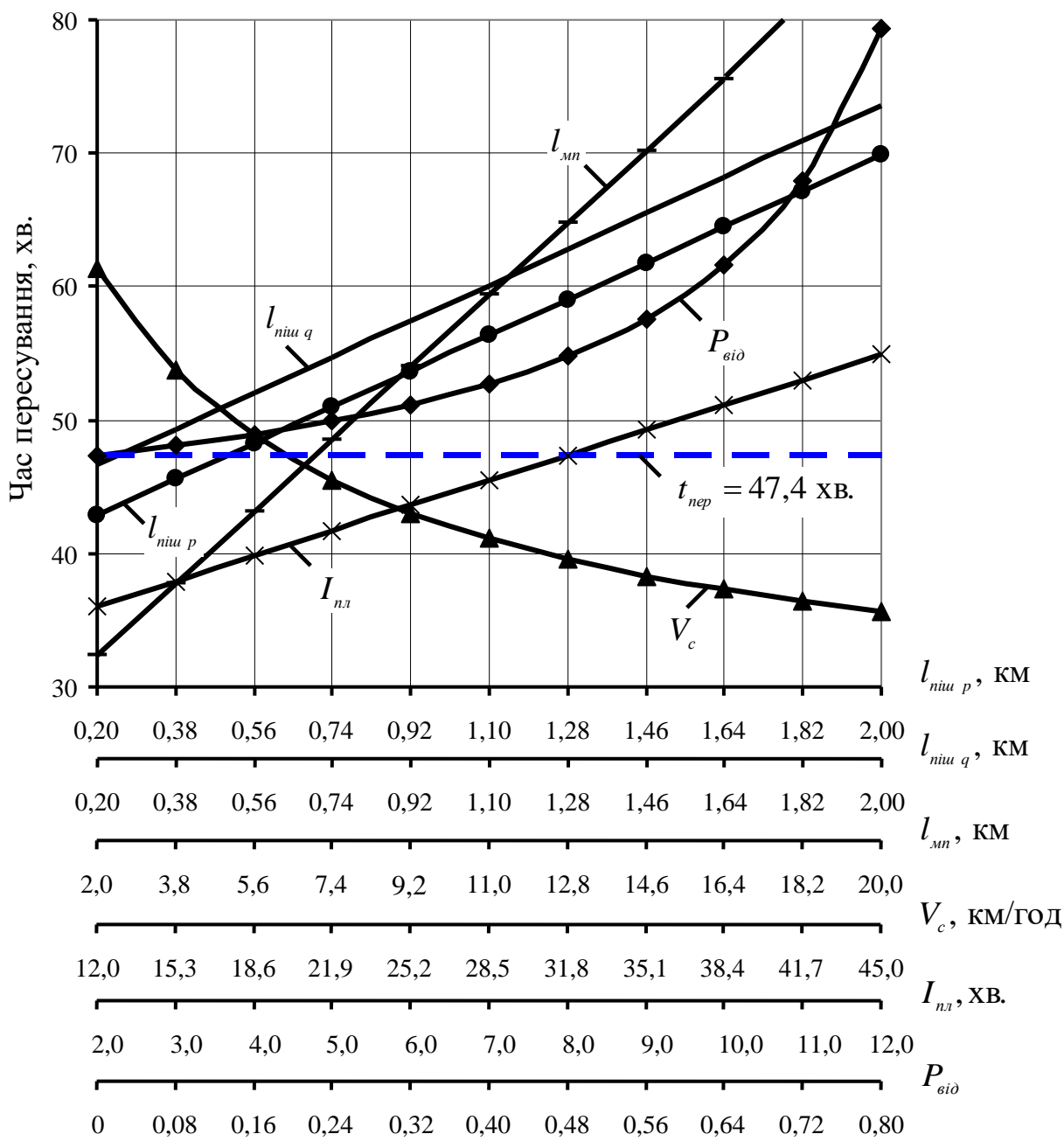


Рисунок 3.5 – Характеристичний графік часу пересування пасажирів

Пунктирна лінія на характеристичних графіках відповідає значенням відповідних показників, що були визначені за вихідних значень чинників наведених у табл. 3.2. При проведенні аналізу часу пересування ця величина становить 47,4 хв.; при аналізі зміни доходу пасажирів внаслідок впливу транспортної стомлюваності пасажирів – 12,67 грн.; у випадку узагальненої вартості пересування пасажирів – 70,8 хв.

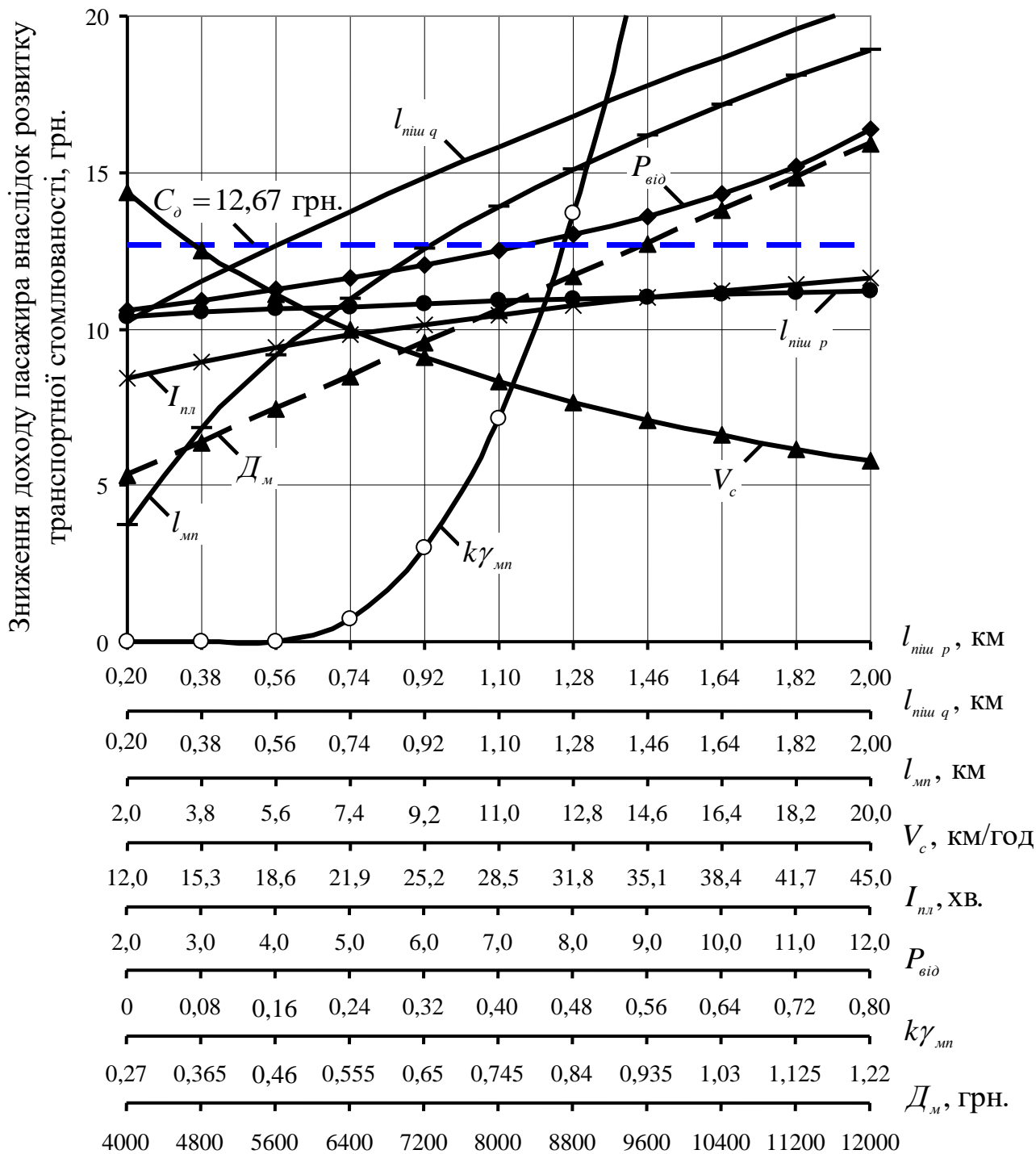


Рисунок 3.6 – Характеристичний графік зниження доходу пасажирів внаслідок розвитку транспортної стомлюваності

Як бачимо з характеристичного графіку часу пересування пасажирів (рис. 3.5), зростання усіх розглянутих чинників, окрім швидкості сполучення, позначається на збільшенні часу пересування пасажирів.

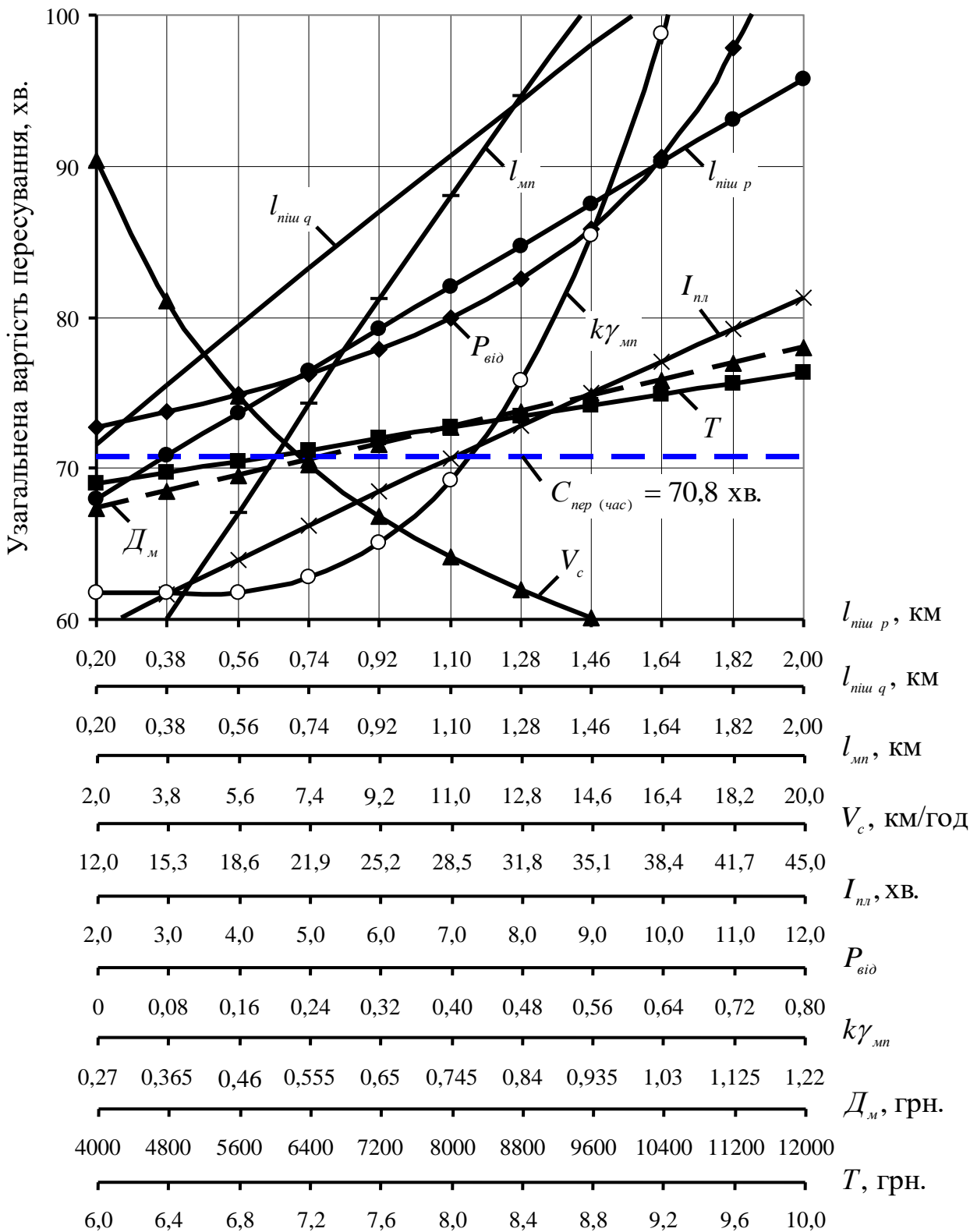


Рисунок 3.7 – Характеристичний графік узагальненої вартості пересування пасажирів

Так, спостерігається лінійна залежність часу пересування від: відстані пішохідного складника транспортного пересування, відстані маршрутної

поїздки, планового інтервалу руху. Час пересування зі зростанням імовірності відмови пасажирu в посадці та швидкості сполучення на маршруті змінюється нелінійно. За невеликих значень імовірності відмови пасажирu у посадці приріст часу пересування відбувається повільно. Так, при зростанні імовірності відмови пасажирu у посадці від 0 до 0,32 час пересування збільшується на 3,7 хв. (7,81 %), у той час як подальше зростання  $P_{від}$  до 0,72 призводить до збільшення часу пересування на 32,1 хв. (67,6 %) порівняно з початковим рівнем.

Факторний аналіз зниження доходу пасажирu внаслідок розвитку транспортної стомлюваності (рис. 3.6) показують нелінійний зв'язок між всіма чинниками окрім місячного доходу пасажирu. Це пов'язано з тим, що дохід пасажирu визначає зміну результуючої ознаки у абсолютному вираженні.

Як і у попередньому випадку спостерігається прямий зв'язок між всіма виділеними факторами та зворотний - між зниженням доходу пасажирu внаслідок розвитку транспортної стомлюваності та швидкістю сполучення. З графіку бачимо, що значний вплив на зниження доходу пасажирu внаслідок розвитку транспортної стомлюваності чинить  $k \cdot \gamma_{ст}$ . За значення цього показника, що не перевищує 0,46, розвитку транспортної стомлюваності не відбувається, у той час як подальше зростання  $k \cdot \gamma_{ст}$  призводить до різкого зниження доходу пасажирu внаслідок розвитку транспортної стомлюваності.

Виявлений характер впливу зберігається й для узагальненої вартості пересування (рис. 3.7). Тут як додатковий фактор з'являється величина тарифу. Як і у попередніх випадках значний вплив на результуючий показник чинять імовірність відмови пасажирu у посадці та коефіцієнт використання пасажиромісткості. Значення цих показників зумовлено параметрами пасажиропотоку на маршруті та наявними параметрами транспортного обслуговування, зокрема пасажиромісткістю та кількістю транспортних засобів, які працюють на маршруті.

Проведений факторний аналіз показав, характер та ступінь впливу факторів, що зумовлюють величину узагальненої вартості пересування пасажирів та її складників, не суперечить характеристикам процесу, що розглядається. Отже, показник узагальненої вартості пересування може бути задіяний як оціночна характеристика альтернативних шляхів пересування пасажирів.

Наступним етапом переходимо до розробки моделі вибору пасажирами шляху пересування.

### 3.5 Розробка моделі вибору пасажирами шляху пересування

Величина узагальнених витрат на пересування може набувати широкого діапазону значень. Унаслідок цього при зіставленні різних варіантів шляху пересування постає необхідність у використанні відносного показника, у якості якого прийнято відхилення величини узагальнених витрат на пересування для  $k$ -го шляху від мінімального (критичного), що визначається за залежністю (3.65).

Зміна показника  $\Delta C_{перij}^k$  викликає певні зміни частки кореспонденції, що буде реалізована за цим шляхом  $P_{ij}^k$ . При цьому виходитимемо з припущення, що частка кореспонденції визначається певною функцією від  $\Delta C_{перij}^k$  і залежить від характеристик інших альтернативних шляхів пересування. У загальному вигляді цю залежність можна подати так:

$$P_{ij}^k = \frac{f(\Delta C_{перij}^k)}{\sum_{k=1}^m f(\Delta C_{перij}^k)}. \quad (3.82)$$

Установлення безпосереднього вигляду функції  $f(\Delta C_{перij}^k)$  вимагає проведення експериментальних досліджень. Для цього було застосовано

анкетний метод обстеження пересувань пасажирів. Вигляд анкети обстеження наведено у табл. 3.3.

Під час обстеження до анкети заносили індивідуальні дані пасажира: П.І.Б, вік, професію, середньомісячний дохід, адресу місця мешкання та пункт призначення пересування. Далі встановлювали час початку пересування та шляхи, які пасажир використовує при його здійсненні; зупинний пункт початку та закінчення пересування; номери маршрутів, що використовуються, та величину тарифу; пункти пересадок (у разі здійснення мережної поїздки); витрати часу на здійснення складників пересування (пішохідний рух, очікування, поїздки у транспортному засобі, пересадки); ступінь заповнення транспортного засобу; наявність відмов пасажиру в посадці.

При визначенні ступеня заповнення транспортного засобу використовували методику окомірного вимірювання. У подальшому матеріали анкетного обстеження доповнювали даними натурального обстеження пасажиропотоків з використанням табличного методу.

Унаслідок проведення анкетування було заповнено 7587 анкет, із яких придатними для подальшого використання виявилися 7422.

Наступним етапом стало формування вибірки із отриманих матеріалів за ознакою відповідності місць відправлення та призначення кореспонденції. Обсяг вибірки приймали не менше ніж 20 анкет. Це дало змогу одержати похибку оцінки розподілу пасажирів за шляхами пересування не більше 5 % [295].

Згрупувавши таким чином анкетні дані, було визначено місця відправлення та призначення кореспонденцій, шляхи пересування та частку кореспонденції, що реалізується за кожним шляхом. Унаслідок цього було отримано 36 пар пунктів відправлення та призначення кореспонденцій і 135 альтернативних шляхів пересування (додаток Е).

Таблиця 3.3 – Анкета опитування пасажирів щодо вибору шляху пересування у маршрутній системі міського пасажирського транспорту

Анкета № \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_ Час початку пересування з пункту відправлення \_\_\_\_ год. \_\_\_\_ хв.

Пункт відправлення \_\_\_\_\_ Пункт призначення \_\_\_\_\_

Прізвище, ім'я, по-батькові		Вік		Професія		Дохід за місяць, грн.						
Шлях пересування												
Час підходу до зупинки, хв.	Номер поїздки	Назва зупинного пункту початку поїздки	Вид транспорту	Номер маршруту	Час очікування на зупинці, хв.	Час поїздки, хв.	Наявність відмов у посадці (+/-)	Заповнення транспортного засобу під час поїздки, бали	Тариф, грн.	Назва зупинного пункту закінчення поїздки	Час пішохідного руху при здійсненні пересадки	Час відходу від зупинки до місця призначення, хв.
	1											
	2											
	3											
	4											

Статистичну обробку дослідних даних використовували із застосуванням методу регресійного аналізу. У якості функцій, що мали розглядатися, використано експоненційну залежність:

$$f(\Delta C_{перij}^k) = \exp(\beta \Delta C_{перij}^k), \quad (3.83)$$

де  $\beta$  – параметри функцій, що визначаються за статистичними даними.

Як наслідок було визначено такі параметри експоненційної функції ( $\beta = -0,0683$ ).

Результати статистичної оцінки моделі показали наявність високої тісноти зв'язку між залежною та незалежною змінними (коефіцієнт кореляції складає 0,974).

Оцінку адекватності моделі проводили за середньозваженою помилкою. Для цього було визначено абсолютну помилку моделі за формулою:

$$\delta_{абс}^k = P_{ij\phi}^k - P_{ijp}^k, \quad (3.84)$$

де  $P_{ij\phi}^k$ ,  $P_{ijp}^k$  – відповідно фактичне (отримане за результатами обстеження) та розрахункове значення частки кореспонденцій (отримане в результаті розрахунку за формулою (3.82)), що реалізуються за шляхом пересування  $k$  між районами  $i$  та  $j$ .

Відносну помилку моделі визначали таким чином:

$$\delta_{відн}^k = \frac{|P_{ij\phi}^k - P_{ijp}^k|}{P_{ij\phi}^k} 100\%. \quad (3.85)$$

Середньозважену помилку розраховували виходячи із залежності:



$$\delta_{\text{сеп зв}} = \frac{\sum_{i,j} \sum_{k=1}^m \delta_{\text{відн}}^k P_{ij\phi}^k}{\sum_{i,j} \sum_{k=1}^m P_{ij\phi}^k}. \quad (3.86)$$

Результати проведених розрахунків представлено у додатку Ж.

Таким чином, за результатами статистичної оцінки моделі можна дійти висновку, що експоненційна функція описує процес розподілу кореспонденцій між альтернативними шляхами пересування з достатнім ступенем адекватності.

Із урахуванням формул (3.82) та (3.84) частку кореспонденцій, що реалізується за шляхом пересування, визначаємо за такою залежністю:

Імовірність вибору шляху пересування  $k$  визначається згідно до залежності:

$$P_{ij}^k = \frac{\exp(\beta \cdot \Delta C_{\text{пер}ij}^k)}{\sum_{k=1}^m \exp(\beta \cdot \Delta C_{\text{пер}ij}^k)}, \quad (3.87)$$

де  $m$  – кількість шляхів пересування, що використовують пасажери при здійсненні пересування між районами  $i$  та  $j$ .

На підставі імовірності вибору пасажирами шляху пересування може бути встановлена величина кореспонденції, що буде за ним реалізована:

$$h_{ij}^k = H_{ij} \cdot P_{ij}^k, \quad (3.88)$$

де  $h_{ij}^k$  – величина кореспонденції між транспортними районами відправлення  $i$  та призначення  $j$ , що реалізується за шляхом пересування  $k$ , пас.;

$H_{ij}$  – величина кореспонденції між транспортними районами відправлення  $i$  та призначення  $j$ , пас.

### **3.6 Розроблення ітеративної процедури перерозподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування**

Використання методу обмеження за провізною спроможністю передбачає використання ітеративної процедури мережного розрахунку. Спочатку на мережу розподіляється тільки визначена частина міжрайонної кореспонденції.

Вихідними даними для визначення пасажиропотоків на перегонах маршрутів є матриця потенційних маршрутних кореспонденцій, яка визначається за результатами мережного розрахунку розподілу міжрайонних кореспонденцій за альтернативними варіантами шляху пересування .

Перехід від міжрайонних кореспонденцій до маршрутних здійснюється шляхом розподілу пасажирських кореспонденцій на мережі. При цьому для кожної пари районів відправлення та прибуття визначаються альтернативні шляхи пересування. Кількість таких шляхів залежить від ступеня розвитку маршрутної мережі, що оцінюється маршрутним коефіцієнтом. При формуванні групи альтернативних шляхів використовують низку обмежень. Перш за все, виходять з відмінності складових шляхів пересування (транспортних і пішохідних) і заборони повернення на вже пройдену частину шляху. В умовах розвиненої маршрутної мережі між різними пунктами відправлення та прибуття може існувати значна кількість шляхів пересування, що задовольняють першій умові. Однак більшість з цих шляхів будуть явно нераціональними з позиції доцільності їх використання пасажирами. Внаслідок цього на першому етапі пошуку шляхів їх кількість обмежується виходячи з максимальної кількості пересадок. Однак і сформований масив може виявитися занадто громіздким і містити явно нераціональні шляхи. Для їх виявлення перелік шляхів пересування може бути рангований виходячи з оціночного критерію їх привабливості. Виходячи з цього, на наступному етапі вводять додаткові обмеження і

розгляду підлягають шляхи, оціночна характеристика яких відрізняється від найкращого не більше ніж на задану величину. Дана величина може бути задана як в абсолютних, так і у відносних одиницях. Діапазон допустимих значень відхилення оціночних характеристик шляху пересування від найкращого формує область згладжування.

Шлях пересування пасажирів може бути представлений у вигляді набору (послідовності) дуг графа (пішохідних та транспортних) між транспортними районами відправлення  $i$  та прибуття  $j$ . Потенційна матриця кореспонденцій визначається шляхом підсумовування кореспонденцій, що реалізуються між зупинними пунктами  $p$  та  $q$  маршруту  $z$ :

$$h_{pq}^z = \sum_{i=1}^{n_m} \sum_{j=1}^{n_m} \sum_{k=1}^{n_k} h_{ij}^k, \quad z \in k, \quad pq \in z, \quad (3.89)$$

де  $h_{ij}^k$  – величина кореспонденції, що реалізується за шляхом пересування  $k$  між транспортними районами  $i$  відправлення та  $j$  призначення, пас.;

$n_k$  – кількість варіантів шляху пересування між транспортними районами  $i$  відправлення та  $j$  призначення, що входять до області згладжування, од.;

$n_m$  – кількість транспортних районів у мережі, од.

Як потенційну кореспонденцію на маршруті  $z$  із загального масиву міжрайонних кореспонденцій виділяють ті, кореспонденції для яких шлях пересування включає як складову частину поїздки на маршруті  $z$ . Потенційна матриця кореспонденцій характеризує кількість пасажирів бажаючих зробити поїздку між зупинками  $p$  та  $q$  маршруту  $z$ .

У разі невідповідності попиту на перевезення параметрам транспортного обслуговування виникає відмова пасажирів в посадці. Внаслідок цього частина пасажирів не мають можливості здійснити посадку в транспортний засіб через його переповнення. Імовірність відмови пасажирів залежить від інтенсивності підходу до зупинного пункту, планового

інтервалу між транспортними засобами на маршруті й відхиленням моментів їх прибуття на зупинний пункт (характеристик регулярності руху), а також наявністю вільного місця в салоні транспортного засобу.

Зазначені особливості виникнення відмови пасажиру в посадці враховуються наступною залежністю [77, 284]:

$$P_{\text{від } p}^z = \sum_{\Delta I_t = -I_{\text{сп}}^z}^{I_{\text{сп}}^z} \left[ \sum_{K=\omega_p^z+1}^M \frac{\left( \frac{1}{\tau} \sum_{q=p+1}^{n_{\text{оп}}} h_{pq}^z (I_{\text{сп}}^z + \Delta I_t) \right)^K}{K!} e^{-\left( \frac{1}{\tau} \sum_{q=p+1}^{n_{\text{оп}}} h_{pq}^z (I_{\text{сп}}^z + \Delta I_t) \right)} \frac{K - \omega_p^z}{K} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_z}} e^{-\frac{\Delta I_t^2}{2\sigma_z^2}} T \right], \quad (3.90)$$

де  $K$  – кількість пасажирів, які прибувають на зупинний пункт,  $K = \overline{1, M}$ , пас.;

$\omega_p^z$  – кількість вільних місць у салоні транспортного засобу на зупинному пункті  $p$  маршруту  $z$ , пас.;

$I_{\text{сп}}^z$  – математичне очікування інтервалу руху,  $I_{\text{сп}}^z = t_{\text{об}}^z / A^z$ , хв.;

$\sigma$  – середнє квадратичне відхилення фактичного інтервалу руху від планового, хв.;

$T$  – крок зміни інтервалу,  $T = 2I_{\text{сп}}/n$ , хв.

Імовірність відмови може приймати різні значення для окремих зупинних пунктів маршруту, що обумовлено матрицею маршрутних кореспонденцій. За невідповідності кількості наданих пасажиро-місць попиту на перевезення на кожному маршруті потенційна кореспонденція може бути реалізована лише частково.

Процедуру розподілу маршрутних кореспонденцій слід виконувати для кожного моменту прибуття транспортного засобу на зупинний пункт, адже вразі виникнення відмов пасажиром в посадці спостерігається ефект їх накопичення на зупинному пункті. Кількість прибуттів на зупинний пункт за певний проміжок часу визначається інтенсивністю (частотою) руху

транспортних засобів на маршруті. Ця величина залежить від часу обертута та кількості транспортних засобів, що працюють на маршруті:

$$N_{TЗ}^z = \left\lceil \tau \frac{A^z}{t_{об}^z} \right\rceil, \quad (3.91)$$

де  $\tau$  – розрахунковий період, год;

$A^z$  – кількість транспортних засобів, од.;

$t_{об}^z$  – час обертута транспортних засобів на маршруті  $z$ , год.

Величина  $N_{TЗ}^z$  визначає кількість ітерацій розрахунку розподілу маршрутних кореспонденцій:

$$N = \left\lceil N_{TЗ}^z \right\rceil. \quad (3.92)$$

Інтенсивність підходу пасажирів до зупинки  $p$  маршруту  $z$ , що здійснюють поїздку до зупинки  $q$  визначається за формулою:

$$\lambda_{pq}^z = \frac{h_{pq}^z}{\tau \cdot 60}, \quad (3.93)$$

де  $h_{pq}^z$  – величина кореспонденції між зупинними пунктами  $p$  та  $q$  на маршруті  $z$ , пас.

У цьому випадку загальна інтенсивність підходу пасажирів до зупинки  $p$  маршруту  $z$ :

$$\lambda_p^z = \frac{\sum_{q=p+1}^{n_{zn}^z} h_{pq}^z}{\tau}, \quad p = \overline{1, n_{zn}^z}, \quad (3.94)$$

де  $n_{zn}^z$  – кількість зупинних пунктів на маршруті, од.

Кількість пасажирів, що бажають здійснити поїздку від зупинного пункту  $p$  до  $q$  та надійшло на зупинку за проміжок часу, що дорівнює інтервалу руху  $I_{cp}^z$ :

$$K_{pq}^z = \lambda_{pq}^z I_{cp}^z, \quad (3.95)$$

де  $I_{cp}^z$  – математичне очікування інтервалу руху, хв.

У цьому випадку загальна кількість пасажирів, що підійдуть до зупинки  $p$  за проміжок часу  $I_{cp}^z$ :

$$K_p^z = \sum_{q=p+1}^{n_{zn}^z} K_{pq}^z, \quad p = \overline{1, n_{zn}^z}. \quad (3.96)$$

Розрахунок імовірності відмови пасажиру в посадці проводиться послідовно для зупинних пунктів маршруту. Для першого зупинного пункту приймається, що кількість вільних місць у салоні транспортного засобу  $\omega_1$  дорівнює його пасажиромісткості ( $q_n^z$ ), тобто:

$$\omega_1 = q_n^z. \quad (3.97)$$

На підставі даних щодо інтенсивності підходу пасажирів до зупинного пункту та кількості вільних місць в салоні транспортного засобу за формулою (3.90) проводиться розрахунок імовірності відмови пасажирам в посадці.

Виникнення відмов в посадці призводить до того, що частина пасажирів залишиться на зупинному пункті очікувати на прибуття наступного транспортного засобу.

Тоді кількість таких пасажирів визначається наступним чином:

$$K_{від\ p}^z = K_p^z P_{від\ p}^z. \quad (3.98)$$

Отже, кількість пасажирів, що здійснили посадку в транспортний засіб:

$$K_{зп\ p}^z = K_p^z (1 - P_{від\ p}^z), \quad (3.99)$$

або

$$K_{зп\ p}^z = K_p^z - K_{від\ p}^z. \quad (3.100)$$

Внаслідок того, що частина пасажирів не має можливості здійснити поїздки через переповнення транспортного засобу, матриця кореспонденцій змінюється. Також зазнає зміни розподіл поїздок між зупинними пунктами маршруту. Кількість пасажирів, що не здійснили посадку до транспортного засобу на зупиночному пункті  $p$  та виконують поїздки до зупинки  $q$  розраховується за формулою:

$$K_{від\ pq}^z = K_{pq}^z P_{від\ p}^z, \quad (3.101)$$

а відповідно кількість пасажирів, що здійснять поїздки визначається за такою залежністю:

$$K_{зп\ pq}^z = K_{pq}^z (1 - P_{від\ p}^z). \quad (3.102)$$

На підставі розрахунків за формулами (3.101) та (3.102) формують матриці відповідно здійснених та нездійснених маршрутних кореспонденцій.

Таким чином, кількість вільних місць на зупинному пункті  $r$  маршруту  $z$ :

$$\omega_r^z = q_n^z - K_{сал\ (m=r-1)-(n=r)}^z + \sum_{p=1}^{p=r-1} K_{зп\ p(q=r)}^z, \quad (3.103)$$

де  $q_n^z$  – пасажиромісткість транспортного засобу на маршруті  $z$ ;

$K_{сал\ m-n}^z$  – кількість пасажирів в салоні транспортного засобу на перегоні  $m - n$  маршруту  $z$ .

Кількість пасажирів в салоні транспортного засобу на перегоні  $m - n$  маршруту  $z$ :

$$K_{сал\ m-n}^z = K_{сал\ (m-1)-(n-1)}^z - \sum_{p=1}^{m-1} K_{зп\ p(q=m)}^z + \sum_{q=n}^{n_{zn}^z} K_{зп\ (p=m)q}^z. \quad (3.104)$$

Таким чином в результаті розрахунку на 1-й ітерації отримуємо матриці здійснених та нездійснених кореспонденцій.

На наступній ітерації розраховується кількість пасажирів, що підійшли до зупинного пункту за проміжок часу, що дорівнює  $I_{cp}^z$ :

$$K_{pq}^{zi} = K_{pq}^z + K_{від\ pq}^{z(i-1)}. \quad (3.105)$$

де  $K_{від\ pq}^{z(i-1)}$  – кількість пасажирів, що отримали відмову в посадці при здійсненні поїздки між зупинними пунктами  $p$  та  $q$  на ітерації з номером  $(i - 1)$ .

Залежність (3.105) враховує процес накопичення пасажирів на зупинному пункті, адже пасажирів, що не здійснили посадку до транспортного засобу, очікують на прибуття наступного внаслідок чого їх кількість зростає.

Інші розрахунки проводяться аналогічно як і на попередній ітерації.

Оскільки кількість ітерацій  $N$  може бути не кратним  $\tau$ , то на останній ітерації з номером  $i = N$  проводиться корегування матриць здійснених та нездійснених кореспонденцій наступним чином:

$$K_{від\ pq}^{z(i=N)} = K_{pq}^{zN} P_{від\ p}^{zN} \delta N_{приб}^z, \quad (3.106)$$



$$K_{zn\ pq}^{z(i=N)} = K_{pq}^{zN} (1 - P_{від\ p}^{zN}) \delta N_{приб}^z, \quad (3.107)$$

$$\delta N_{приб}^z = \tau N_{T3}^z - [\tau N_{T3}^z]. \quad (3.108)$$

У випадку, коли всі ітерації проведені, наступним кроком визначають матрицю маршрутних кореспонденцій (здійснених та нездійснених за розрахунковий період). Елементи матриці здійснених кореспонденцій визначається шляхом підсумування матриць здійснених поїздок за проведеними ітераціями розрахунку:

$$h_{zn\ pq}^z = \sum_{i=1}^N K_{zn\ pq}^{zi}, \quad (3.109)$$

а елементи матриці нездійснених кореспонденцій визначаються як:

$$h_{від\ pq}^z = \sum_{i=N-1}^N K_{від\ pq}^{zi}. \quad (3.110)$$

Зазначені розрахунки проводяться для всіх маршрутів мережі в обох напрямках. Як результат отримують значення імовірності відмови пасажиру в посадці для кожного зупинного пункту. На підставі матриці здійснених кореспонденцій визначаються пасажиропотоки на перегонах маршрутів.

Наступним етапом, за результатами розподілу маршрутних кореспонденцій знов проводиться мережний розрахунок, в результаті якого визначаються альтернативні шляхи пересування між транспортними районами та їх характеристики. Як змінні виступають імовірність відмови пасажиру в посадці та динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортного засобу. Зростання першого показника позначається на збільшенні часу очікування пасажирів, в той час як ступінь

заповнення транспортного засобу визначає рівень транспортної стомлюваності пасажирів.

Зазначена послідовність розрахунків зберігається для всіх ітерацій мережного розрахунку.

### **3.6.1 Розробка моделі формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту**

Модель формування пасажиропотоків у маршрутній мережі міського пасажирського транспорту включає сукупність етапів розрахунку:

1. Формування вихідних даних.
2. Розрахунок найкоротших шляхів пересування на мережі.
3. Розрахунок матриці міжрайонних кореспонденцій.
4. Визначення альтернативних шляхів пересування пасажирів у мережі.
5. Розподіл пасажирських кореспонденцій між альтернативними шляхами пересування.
6. Визначення пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту.
7. Розрахунок маршрутних характеристик.
8. Розрахунок інтегральних характеристик функціонування маршрутної системи.

Найбільш складним етапом моделювання є розподіл пасажирських кореспонденцій між альтернативними шляхами пересування. Цей етап пов'язаний із значним обсягом обчислювальних процедур, необхідністю врахування значної кількості факторів, що впливають на вибір пасажирів шляху пересування, алгоритмічному представленні сукупності прямих та зворотних зв'язків між характеристиками транспортної пропозиції та попитом на її використання тощо.

Вхідні дані включають наступні блоки:

1. Характеристики транспортних районів:

1.1. Ємності транспортних районів по відправленню та прибуттю.

1.2. Площа транспортних районів.

1.3. Дуги графа, що характеризують пішохідні зв'язки між суміжними транспортними районами.

1.4. Дуги графа, що характеризують транспортні зв'язки між суміжними транспортними районами.

Транспортне районування території міста виконують керуючись вимогами, що наведені у праці [296]. При цьому виконуємо детальне транспортне районування, що на відміну від укрупненого передбачає, що центром транспортного району є зупинний пункт (або сукупність зупинних пунктів, які розташовані один від одного на незначному віддаленні). У такому випадку кількість транспортних районів визначається щільністю маршрутної мережі та частотою розташування зупиночних пунктів (довжиною перегонів).

Транспортні райони є пунктами початку (закінчення) пересувань мешканців міста. Їх ємності характеризують чисельність мешканців, що здійснюють пересування (виїжджають з та прибувають до транспортного району) за розрахунковий проміжок часу. Величина ємності по відправленню залежить від чисельності мешканців району та визначається щільністю та етажністю забудови, рухомістю населення, можливістю користування індивідуальним транспортом при здійсненні пересувань. Ємність по прибуттю визначається розміщенням в транспортному районі об'єктів транспортного тягіння (місць прикладення праці, установ та організацій, культурно-побутових закладів тощо).

Виходячи із припущення про рівномірне розміщення місць відправлення та прибуття пасажирів на території району, площа транспортного району визначає середню відстань підходу (відходу) пасажирів до (від) зупинного пункту.

Враховуючи той факт, що пасажирів можуть здійснювати пересування не від найближчого зупинного пункту, а більш віддаленого, користування

яким за певних умов є більш доцільним для пасажирів, при формуванні вихідних даних прописуються пішохідні зв'язки між суміжними транспортними районами. Довжина цих зв'язків визначається як відстань за повітряною прямою між центрами транспортних районів з урахуванням коефіцієнта непрямолінійності пішохідного руху, який зумовлено планувальною структурою районів та розміщенням пішохідних шляхів, що поєднують ці райони. При цьому найбільшу відстань пішого руху обмежуємо довжиною, що дорівнює 2 км, оскільки за даними раніше проведених досліджень пересування, що перевищують цю відстань здійснюються з використанням транспорту [55].

Крім цього окремо відзначаються транспортні райони, що є пересадковими вузлами.

Оскільки при вирішенні завдання розробки моделі формування пасажиропотоків прийнято детальне транспортне районування, то транспортні зв'язки визначаються відстанню між центрами суміжних транспортних районів та характеризують середню довжину перегону маршрутів, що забезпечують транспортний зв'язок між транспортними районами, що розглядаються.

## 2. Характеристики маршрутів міського пасажирського транспорту:

- 2.1. Довжина маршруту.
- 2.2. Швидкість сполучення на маршруті.
- 2.3. Час обороту на маршруті.
- 2.4. Кількість транспортних засобів, що працюють на маршруті.
- 2.5. Пасажиромісткість транспортних засобів.
- 2.6. Величина тарифу.
- 2.7. Траса маршруту згідно до розробленої схеми мережі.

Зазначені дані є характеристикою поточного стану організації перевізного процесу на маршрутах. Значення швидкості сполучення відбиває дорожні умови по трасі маршруту, стан організації дорожнього руху та інші фактори, що у явному вигляді не включено до моделі.

### 3. Група факторів, що характеризує умови життя населення:

3.1. Середня заробітна платня пасажирів.

3.2. Середня кількість робочих днів пасажирів.

3.3. Вихідний функціональний стан пасажирів перед здійсненням пересування.

Залежно від величини заробітної платні виконується оцінка вартості часу пасажирів. Крім цього визначається зниження його доходу внаслідок впливу транспортної стомлюваності. Чим більші доходи населення тим вища зацікавленість пасажирів у здійсненні пересування з мінімальними витратами часу та в більш комфортних умовах, що забезпечуватимуть мінімальний рівень транспортної стомлюваності.

Вихідний функціональний стан пасажирів перед здійсненням пересування визначає його подальшу зміну при здійсненні пересування. Це визначається умовами пересування за складовими (пішохідний рух, очікування на зупинному пункті, поїздка у транспортному засобі, пересадження).

Зазначені вихідні дані заносять до бази даних. Модель формування пасажиропотоків у маршрутній системі міста програмно реалізовано. Інтерфейс програми представлено на рис. 3.8. Лістинг програмного забезпечення наведено у додатку К. Програма написана мовою програмування C++, у середовищі Borland C++ Builder 6.

На першому етапі розрахунку визначаються найкоротші відстані між транспортними районами. Наявність цих даних дозволяє розрахувати матрицю міжрайонних кореспонденцій з використанням стандартної гравітаційної моделі [55, 77]. Крім цього надається можливість уведення вихідних даних щодо матриці міжрайонних кореспонденцій отриманих на підставі натурних спостережень або анкетного обстеження.

Программа расчета

Дуги			Районы				Пешие расстояния			
POINT_I	POINT_J	LENGTH	POINT	POINT_AREA	AREA	IsKrug	POINT_NUMB	AREA_LENGTH	AREA_GO	
1	2	0,73	1	31	32	0,3				
2	1	0,73	2	189	37	0,58	1	0,5	2	
3	2	0,73	3	256	62	0,4				
4	2	0,73	4	276	55	0,7				
5	2	0,73	5	214	81	0,59				
6	1	0,73	6	191	42	0,54				
7	1	0,73	7	142	62	0,48				
8	1	0,73	8	1378	3977	0,75				
9	1	0,73	9	133	42	0,71				
10	1	0,73	10	1304	3564	0,67				
11	1	0,73	11	934	1223	0,39				
12	1	0,73	12	635	938	0,73				
13	1	0,73	13	261	102	0,66				
14	1	0,73	14	231	42	0,56				
15	1	0,73	15	106	26	0,45				
16	1	0,73	16	178	411	0,31				
17	1	0,73	17	137	62	0,35				
18	1	0,73	18	256	60	0,48				
19	1	0,73	19	416	33	0,37				
20	1	0,73	20	324	34	0,38				
			645,00	645,00						

ROUTE_NUMB	ROUTE_LENGTH	ROUTE_Q1	ROUTE_SPEED	ROUTE_TARIFF	ROUTE_TOB	ROUTE_WAY
1	6,95	4	22,7		5	42-24-19-41-42-43-44-
2	9,43	1	21,9		1	57-8-7-6-5-4-3-2-1-
3	12,47	4	21,4	5,25	75	46-45-42-40-27-37-8-14-13-12-
4	3,74	4	25,7		4	22-8-7-6-5-4-3-2-34-33-
5	11,42	6	21,6	5,5	69	24-19-41-42-45-
6	3,03	4	27,6	2,5	18	10-17-18-19-20-21-22-
7	3,2	8	27		4	19-8-7-6-5-4-35-31-38-
8	22,12	12	20,8	5,5	133	33-32-31-30-29-28-27-37-8-14-13-12-
9	16,31	10	21,1	5,5	98	33-32-31-30-29-28-27-26-18-23-
10	6,43	5	21,0	4,5	57	0-7-6-5-4-3-2-1-

Кратчай    МатрКор    Расчет    Загрузить    Потк    Все Вар

Рисунок 3.8 – Інтерфейс програмного забезпечення для моделювання параметрів функціонування маршрутної системи

Наступним кроком виконується визначення альтернативних варіантів здійснення пересувань для кожної пари транспортних районів відправлення та прибуття. Шлях пересування являє собою впорядковану множину ребер графу (пішохідних та транспортних), що поєднують відповідні транспортні райони (вершини графу) відправлення та прибуття. Спочатку визначаються безпересадкові шляхи пересування. При цьому аналізуються різні варіанти здійснення пішохідної складової транспортного пересування, як в районі відправлення та призначення. Наступним етапом визначаються шляхи пересування, які передбачають здійснення одного пересадження. Кількість пересаджень, при визначенні шляхів пересування може бути обмежено з метою зменшення часу розрахунку. В програмі передбачено обмеження на максимальну кількість пересаджень, що дорівнює 3 пересадки (4 маршрутні поїздки). Пошук можливих шляхів пересування здійснюється за умови

заборони повернення на вже пройдену частину шляху. Визначені шляхи пересування для кожної пари транспортних районів заноситься до бази даних.

На наступному етапі виконується процедура розподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними шляхами пересування. Для врахування залежності між величиною пасажиропотоку на певному шляху пересування та характеристиками привабливості цього шляху виконується ітеративну процедуру. Згідно до цього, розподіл загальної величини кореспонденції між транспортними районами виконується частково залежно від прийнятої кількості ітерацій розрахунку.

На першій ітерації, виходячи із можливих шляхів пересування, розраховується значення узагальненої вартості пересування. Її величина залежить від параметрів пересування за їх складовими. На підставі відомостей щодо узагальненої вартості пересування із множини можливих шляхів пересування формується множина альтернативних. Множина альтернативних шляхів є впорядкованою за величиною узагальненої вартості пересування. Умовою включення шляху пересування до множини альтернативних є відхилення узагальненої вартості шляху пересування від критичного, що не перевищує задану величину  $\Delta$ . Значення цієї величини задається у відсотках відхилення від критичного за узагальненою вартістю шляху пересування. Виходячи із узагальненої вартості пересування для кожного шляху з множини альтернативних визначається частка кореспонденції, що буде за ним реалізована.

Визначивши альтернативні шляхи пересування та частку кореспонденції, що буде за ним реалізована виконується перехід від матриці міжрайонних кореспонденцій до матриці маршрутних кореспонденцій. Це дає змогу визначити пасажиропотоки на перегонах маршрутів. Після того, як здійснено розподіл кореспонденцій між альтернативними шляхами пересування, для кожної пари транспортних районів відправлення та

прибуття перевіряється виконання умови «Чи здійснено всі ітерації розподілу пасажирських кореспонденцій?».

На наступних ітераціях процес розподілу кореспонденцій повторюється. Відмінність полягає у тому, що при розрахунку величини узагальненої вартості пересування враховується величина пасажиропотоку на перегонах маршрутів, яка була отримана на попередніх ітераціях. Як показники, що залежать від величини пасажиропотоку на перегонах маршруту, виступають динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортних засобів та імовірність відмови пасажиру в посадці. Зміна цих показників позначається на збільшенні часу пересування внаслідок зростання часу очікування. Динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості характеризує умови здійснення поїздки пасажирів та впливає на рівень їх транспортної стомлюваності. Зростання цих показників призводить до збільшення узагальненої вартості пересування пасажирів і, як наслідок, до зменшення частки кореспонденції, що буде реалізована за цим шляхом.

Виникнення відмов пасажиру в посадці розраховується для кожного зупинного пункту маршруту та залежить від таких параметрів: інтенсивність підходу пасажирів до зупинного пункту, кількість пасажирів у салоні транспортного засобу на перегоні, що передує зупинному пункту, характеристики регулярності руху транспортних засобів на маршруті (середнє квадратичне відхилення від планового інтервалу руху транспортних засобів). Через виникнення відмов пасажирам в посадці деяка частка пасажирів не може здійснити поїдку через переповнення транспортного засобу за проміжок час, що розглядається. Ця частка пасажирів підлягає розподілу на наступній ітерації розрахунку. Таким чином в моделі реалізовано принцип методичного підходу «обмеження за провізною здатністю», що враховує залежність між характеристиками шляхів пересування та величиною пасажиропотоку, що за ним реалізовано.



Отримані пасажиропотоки на перегонах маршруту на проведених ітераціях підсумовуються та процес розподілу кореспонденцій повторюється доки не будуть виконано всі ітерації розрахунку. Такий підхід передбачає поступовий розподіл кореспонденцій на мережу та дає змогу враховувати обмеженість транспортної пропозиції.

Після того, як проведено всі ітерації розподілу кореспонденцій, остаточно визначають пасажиропотоки на всіх перегонах маршрутів мережі, та характеристики роботи маршрутів.

До характеристик роботи маршрутів віднесено такі показники, як на всьому маршруті, так й за окремими його напрямками:

- траса маршруту за топологічною схемою;
- величина пасажиропотоків на перегонах маршруту;
- довжина маршруту;
- кількість транспортних засобів на маршруті;
- номінальна пасажиромісткість транспортних засобів;
- швидкість сполучення;
- час оберту;
- інтервал руху;
- обсяг перевезень;
- транспортна робота;
- тариф;
- середня відстань поїздки пасажирів;
- коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортного засобу (статичний та динамічний);
- коефіцієнт змінюваності пасажирів;
- імовірність відмови пасажирів в посадці.

Крім цього визначаються інтегральні характеристики функціонування маршрутної системи:

- кількість транспортних пересувань;
- фактичний обсяг перевезень по мережі;

- потенційний обсяг перевезень мережею;
- коефіцієнт пересадності;
- середня імовірність відмови пасажиру в посадці по мережі;
- середній час очікування;
- обсяг виконаної транспортної роботи;
- середній час пішої складової транспортного пересування;
- середня відстань маршрутної та мережної поїздки;
- середній коефіцієнт використання пасажиромісткості.

Розроблена модель може бути використана для обґрунтування заходів щодо удосконалення перевізного процесу на маршрутах міського пасажирського транспорту. Її використання дає змогу аналізувати зміну параметрів перевезень, як на маршруті де впроваджуються заходи, так й визначати як уведення запропонованих змін позначається на інтегральних показниках функціонування маршрутної системи.

Врахування обмеженої провізної здатності маршрутів міського пасажирського транспорту та сукупності факторів, що впливають на вибір пасажирами шляху пересування, дозволяють проводити розрахунок пасажиропотоків для розгалужених мереж с високим рівнем попиту на транспортні послуги та обмеженим рівнем транспортної пропозиції.

У результаті запропоновано метод організації міських пасажирських перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов змінних параметрів пасажиропотоку, який передбачає виконання таких етапів:

1. Формування вихідних даних щодо параметрів функціонування маршрутної системи міського пасажирського транспорту.
2. Установлення обмежень на кількість транспортних засобів відповідно до залежностей (3.60) та (3.61).
3. Моделювання процесу формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту за умов варіювання

пасажиромісткості та кількості транспортних засобів на маршруті, що розглядається.

4. Формування множини допустимих рішень відповідно до умов (3.57) та (3.58).

5. Визначення пасажиромісткості та кількості транспортних засобів, що забезпечують максимум прибутку перевізника згідно з цільовою функцією (3.56).

6. Визначення інтервалів та частоти руху транспортних засобів на маршруті.

### **3.7 Висновки до розділу**

1. Сформований метод організації міських пасажирських перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов сталих параметрів пасажиропотоку передбачає мінімізацію сукупних витрат перевізника та пасажирів. Його застосування дає змогу ухвалювати рішення щодо підвищення рівня транспортного обслуговування пасажирів та ефективності використання транспортних засобів з урахуванням транспортної стомлюваності пасажирів і характеристик просторової нерівномірності пасажиропотоків на маршруті.

2. Моделювання вибору пасажирями шляху пересування доцільно проводити на підставі сформованого інтегрального критерію оцінки характеристик альтернативних шляхів пересування, що враховує витрати часу пасажирів, рівень їхньої транспортної стомлюваності та величину плати за проїзд під час користування маршрутним пасажирським транспортом.

3. Розроблена ітеративна процедура перерозподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування враховує формалізований взаємозв'язок між величиною пасажиропотоку та змінними параметрами пересування. Її доцільно застосовувати під час

моделювання процесу формування пасажиропотоків у розвинених маршрутних системах із високим рівнем попиту пасажирів.

4. Удосконалену модель змінювання імовірності відмови в посадці на маршрутах міського пасажирського транспорту можливо використовувати для проведення мережного розрахунку пасажиропотоків. Відповідно до мережної постановки завдання визначення імовірності відмови пасажирів в посадці, інтенсивність підходу пасажирів до зупинного пункту розглядається як змінна величина та визначається на підставі моделювання процесу вибору пасажиром шляху пересування у маршрутній системі міського пасажирського транспорту.

5. Розроблена модель формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту враховує перерозподіл пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування виходячи з імовірності відмови пасажирів у посадці на зупинних пунктах маршрутів та рівня транспортної стомлюваності пасажирів під час пересування певним шляхом. Використання запропонованої моделі дає змогу оцінити зміну попиту на транспортну послугу залежно від умов пересування пасажирів.

6. Сформований метод організації міських пасажирських перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов змінних параметрів пасажиропотоку передбачає застосування як критерію оптимізації прибутку перевізника за умов дотримання прийнятного рівня обслуговування пасажирів. Він враховує взаємозв'язок між параметрами організації перевезень на маршруті та величиною попиту на їхнє використання. Застосування методу дає змогу обирати таку пасажиромісткість та потрібну кількість транспортних засобів, що забезпечують прийнятні маршрутні інтервали та рівень заповнення їхнього салону з урахуванням дотримання інтересів перевізника та пасажирів.

Основні результати дослідження за розділом опубліковані у працях [1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 11, 20, 21, 33, 34, 35, 36, 37, 43, 52, 53].

## РОЗДІЛ 4

### ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ПАСАЖИРОПОТОКУ НА ТЕХНОЛОГІЮ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У МАРШРУТНІЙ СИСТЕМІ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

#### **4.1 Закономірності впливу параметрів пасажиропотоку на технологію перевезень за умов сталих параметрів пасажиропотоку**

##### **4.1.1 Раціональні сфери використання автобусів різного класу пасажиромісткості**

Раціональні сфери використання автобусів різного класу місткості розглядали у контексті вирішення завдання знаходження діапазонів пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту, у межах якого доцільно застосовувати автобуси певного класу місткості. При проведенні дослідження керувалися гіпотезою згідно до якої було висунуто припущення, що діапазони раціонального використання автобусів залежать від протяжності маршруту. Перевірку вірності висунутого припущення проводили з використанням цільової функції (3.53). Модельний експеримент проводили шляхом варіювання за змінної довжини маршруту та величини пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні. Довжину маршруту розглядали в інтервалі від 3 до 20 км, а діапазон зміни пасажиропотоку було прийнято у межах від 100 до 5200 пас./год. Інші параметри розглядали як сталі величини, виходячи з їхніх середніх значень для автобусних маршрутів: експлуатаційна швидкість – 20 км/год; коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту – 1,54, коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку за напрямками руху – 1,48. Дохід середньостатистичного пасажир приймали таким, що дорівнює 6660, грн.

За потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту 100 пас./год та довжині маршруту 3 км мінімум цільової функції досягається за пасажиромісткістю автобусу 19 пас (рис. 4.1). Це відповідає значенню сукупних витрат перевізника та пасажирів, що дорівнює 1551,6 грн.

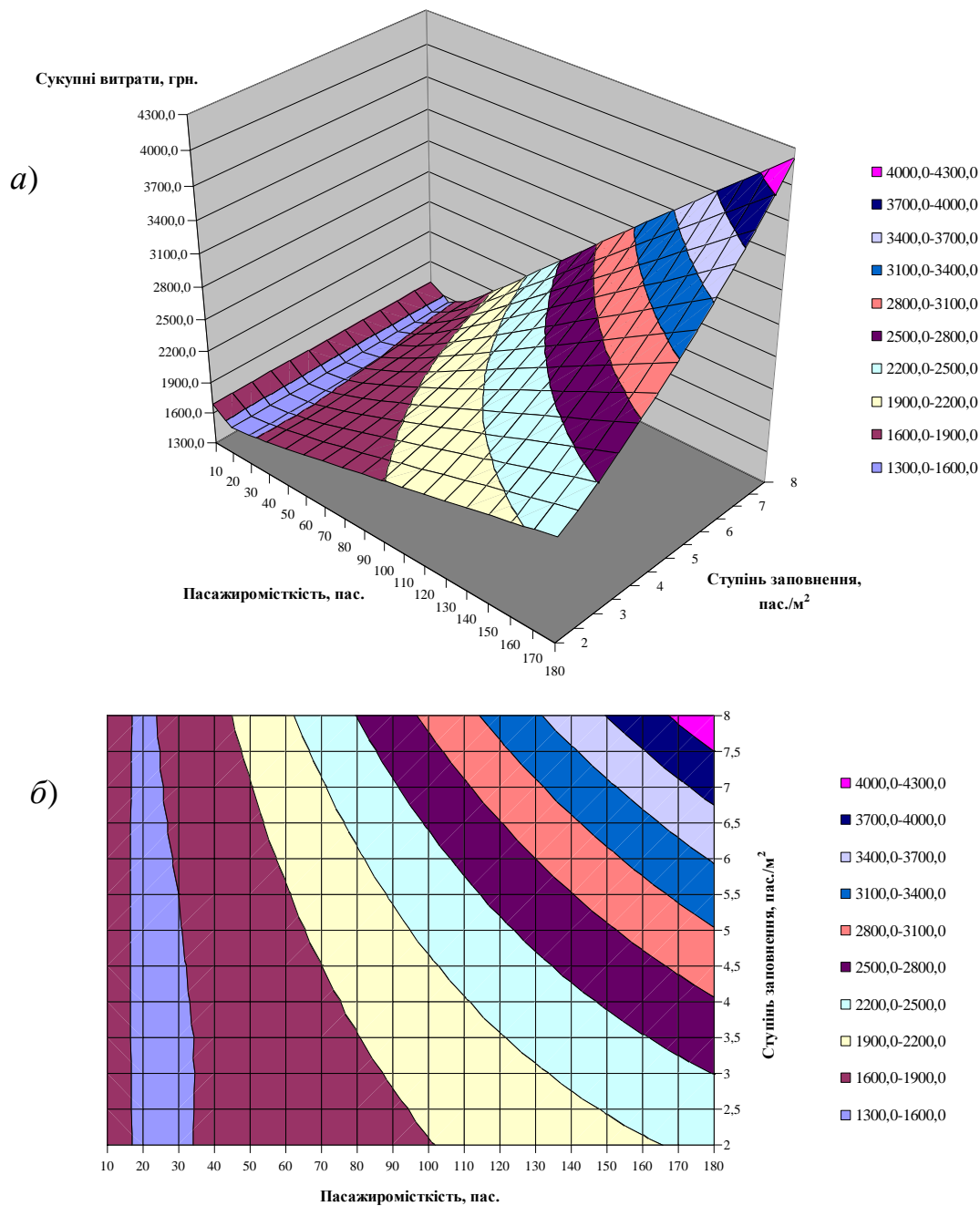


Рисунок 4.1 – Поверхнева (*a*) та контурна (*б*) діаграми залежності сукупних витрат від пасажиромісткості та щільності заповнення на найбільш завантаженому перегоні маршруту ( $F_{\max} = 100$  пас./год;  $L_m = 3$  км)

За потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту 200 пас./год та довжині маршруту 3 км мінімум цільової функції досягається за пасажиромісткістю автобусу 27 пас. (рис. 4.2). Це відповідає значенню сукупних витрат перевізника та пасажирів, що дорівнює 2750,7 грн.

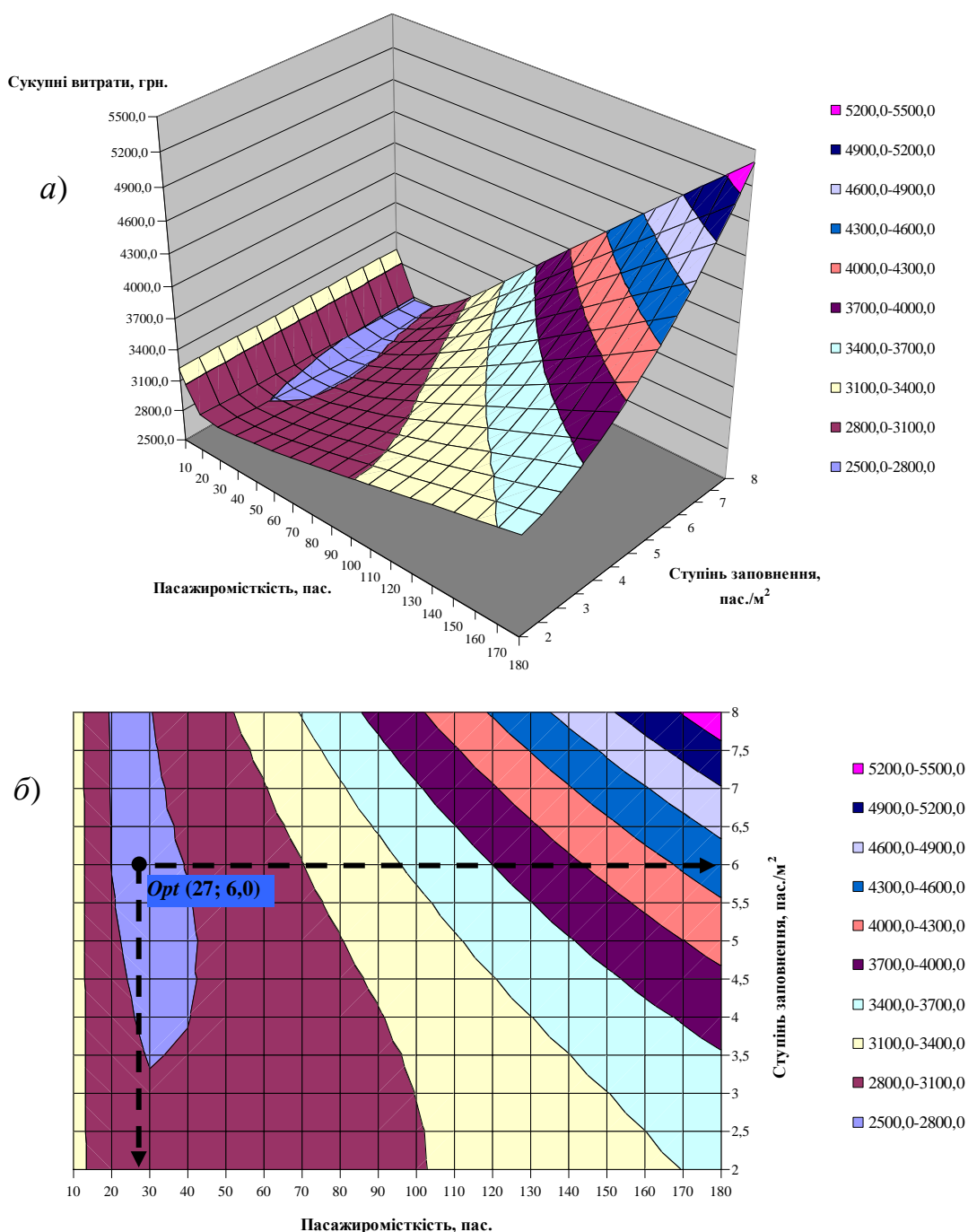


Рисунок 4.2 – Поверхнева (а) та контурна (б) діаграми залежності сукупних витрат від пасажиромісткості та щільності заповнення на найбільш завантаженому перегоні маршруту ( $F_{\max} = 200$  пас./год;  $L_m = 3$  км)

За потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту 300 пас./год та довжині маршруту 3 км мінімум цільової функції досягається за пасажиромісткості автобусу 33 пас. (рис. 4.3). Це відповідає значенню сукупних витрат перевізника та пасажирів, що дорівнює 3892,2 грн.

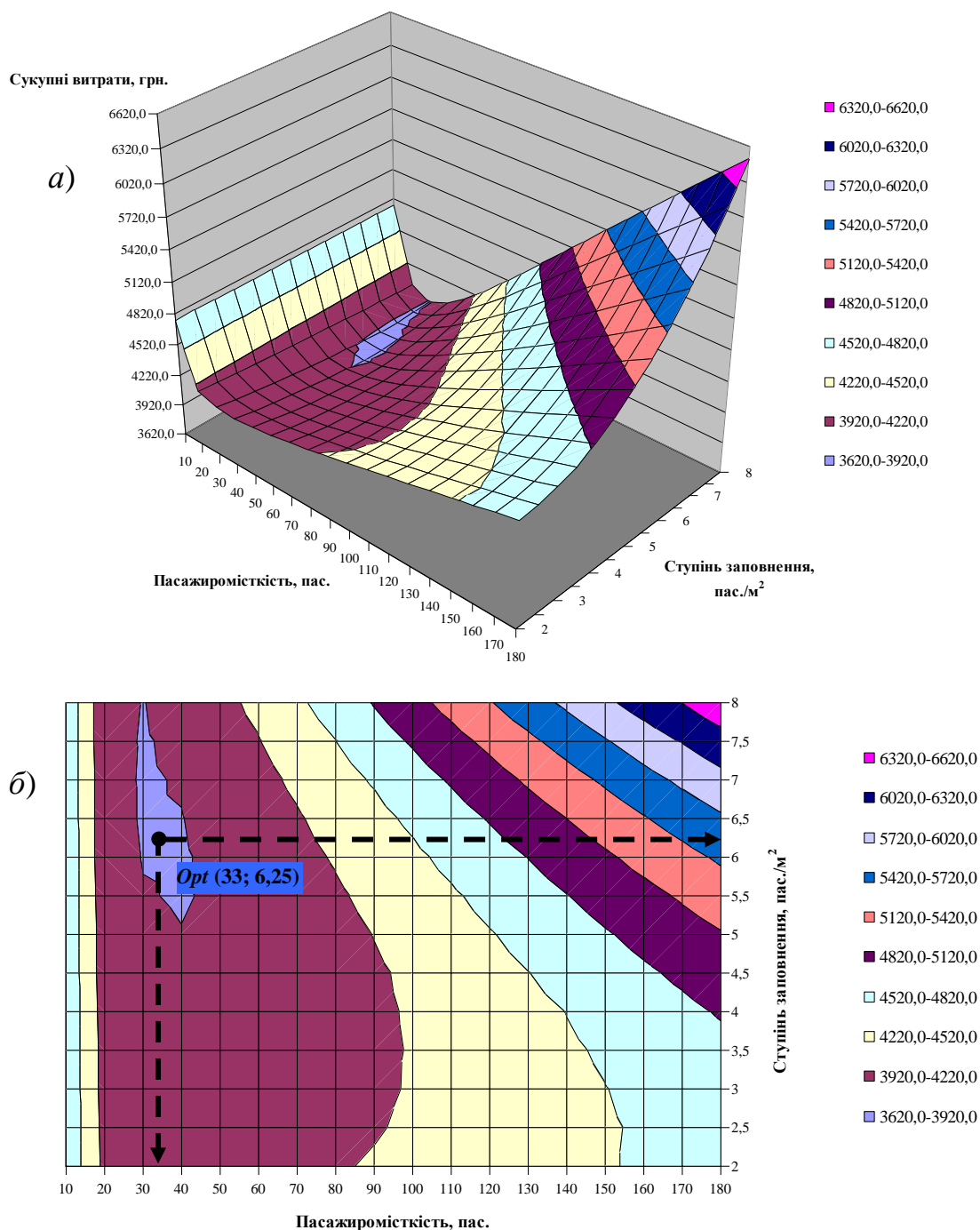


Рисунок 4.3 – Поверхнева (а) та контурна (б) діаграми залежності сукупних витрат від пасажиромісткості та щільності заповнення на найбільш завантаженому перегоні маршруту ( $F_{\max} = 300$  пас./год;  $L_m = 3$  км)



За потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту 400 пас./год та довжині маршруту 3 км мінімум цільової функції досягається за пасажиромісткості автобусу 37 пас. (рис. 4.4). Це відповідає значенню сукупних витрат перевізника та пасажирів, що дорівнює 5001,4 грн.

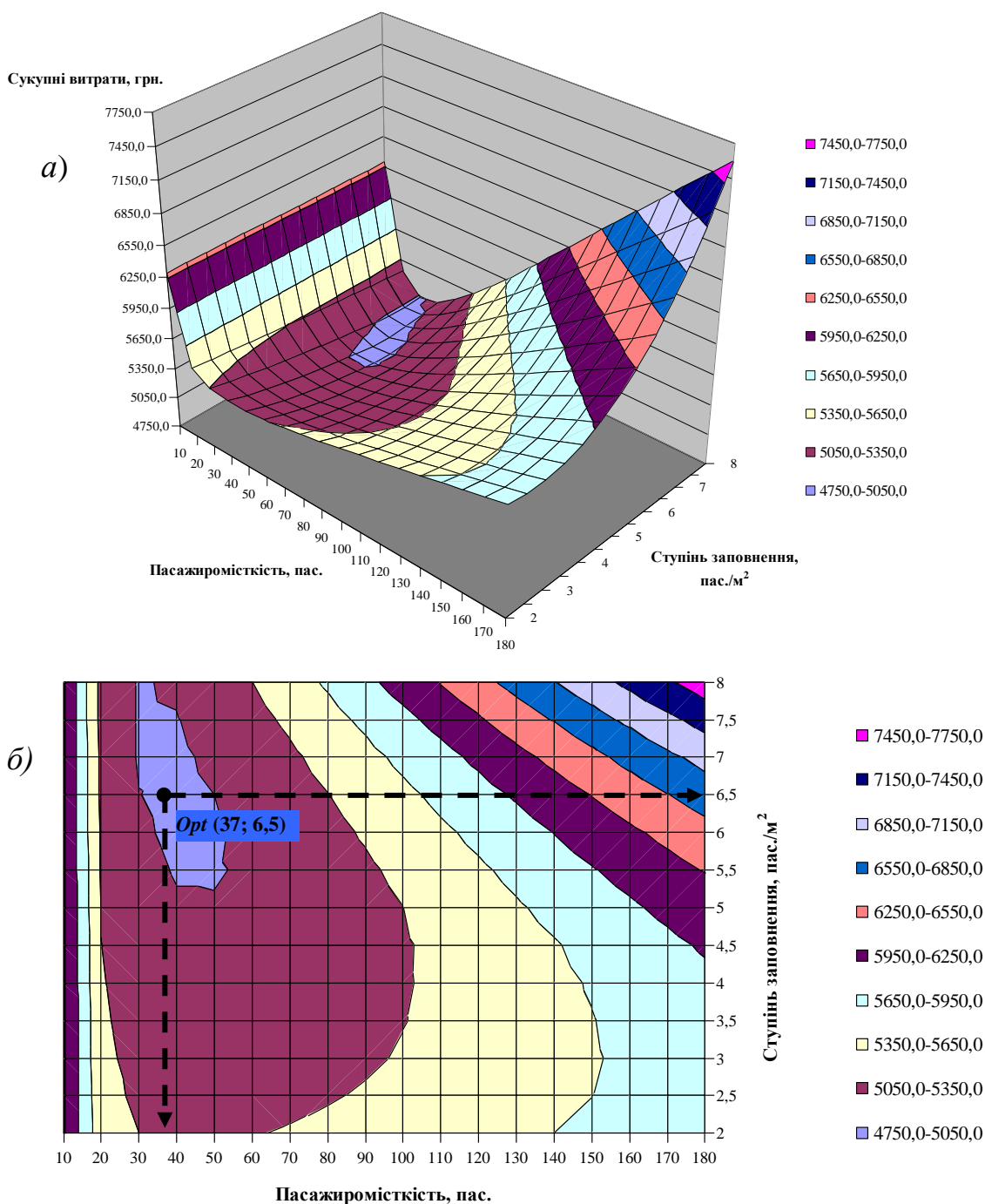


Рисунок 4.4 – Поверхнева (а) та контурна (б) діаграми залежності сукупних витрат від пасажиромісткості та щільності заповнення на найбільш завантаженому перегоні маршруту ( $F_{\max} = 400$  пас./год;  $L_m = 3$  км)

За потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту 600 пас./год та довжині маршруту 3 км мінімум цільової функції досягається за пасажиромісткістю автобусу 48 пас. (рис. 4.5). Це відповідає значенню сукупних витрат перевізника та пасажирів, що дорівнює 7167,7 грн.

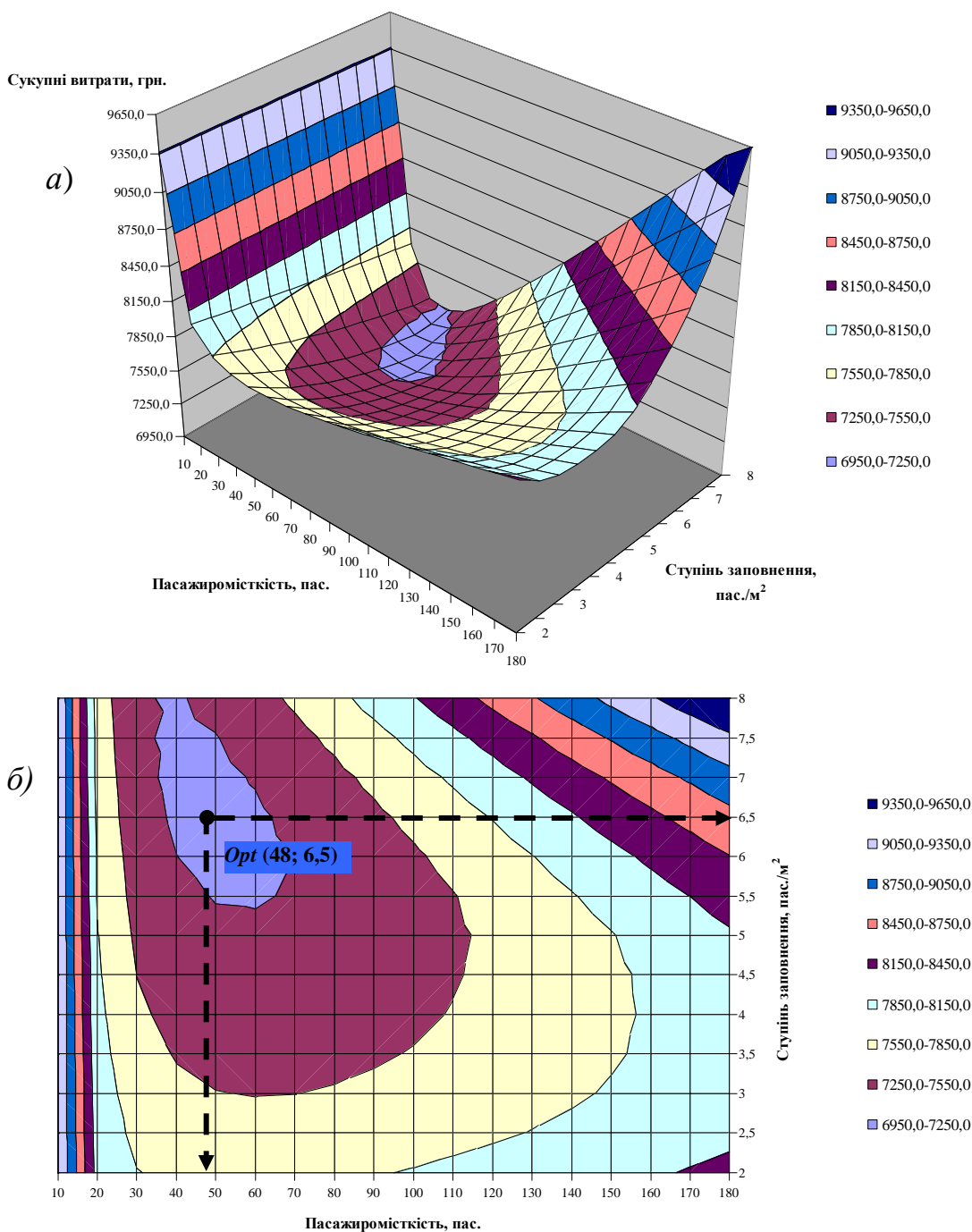


Рисунок 4.5 – Поверхнева (а) та контурна (б) діаграми залежності сукупних витрат від пасажиромісткості та щільності заповнення на найбільш завантаженому перегоні маршруту ( $F_{\max} = 600$  пас./год;  $L_m = 3$  км)

За потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту 800 пас./год та довжині маршруту 3 км мінімум цільової функції досягається за пасажиромісткістю автобусу 58 пас. (рис. 4.6). Це відповідає значенню сукупних витрат перевізника та пасажирів, що дорівнює 9293,9 грн.

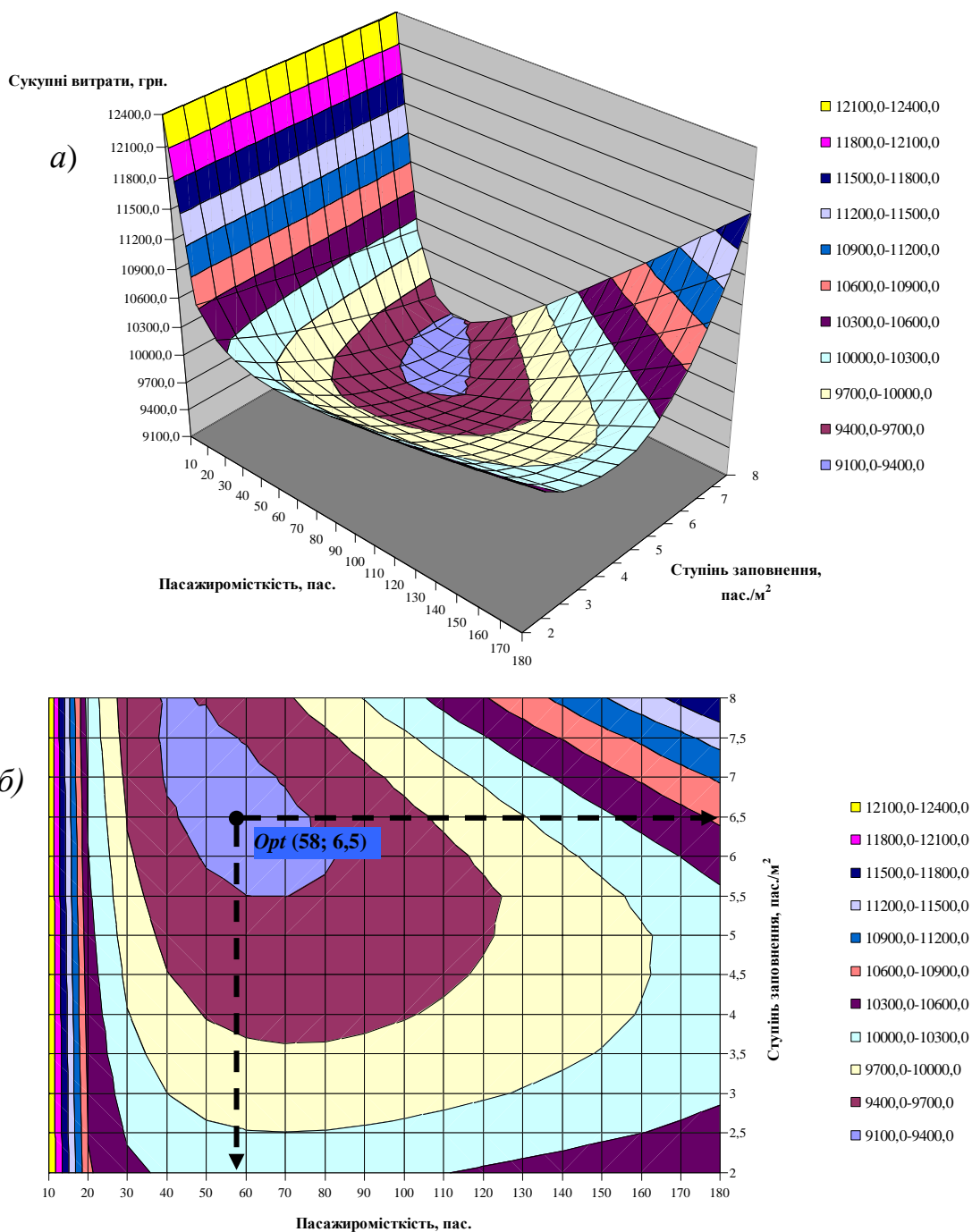


Рисунок 4.6 – Поверхнева (а) та контурна (б) діаграми залежності сукупних витрат від пасажиромісткості та щільності заповнення на найбільш завантаженому перегоні маршруту ( $F_{\max} = 800$  пас./год;  $L_m = 3$  км)

За потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту 1200 пас./год та довжині маршруту 3 км мінімум цільової функції досягається за пасажиромісткістю автобусу 64 пас. (рис. 4.7). Це відповідає значенню сукупних витрат перевізника та пасажирів, що дорівнює 13465,1 грн.

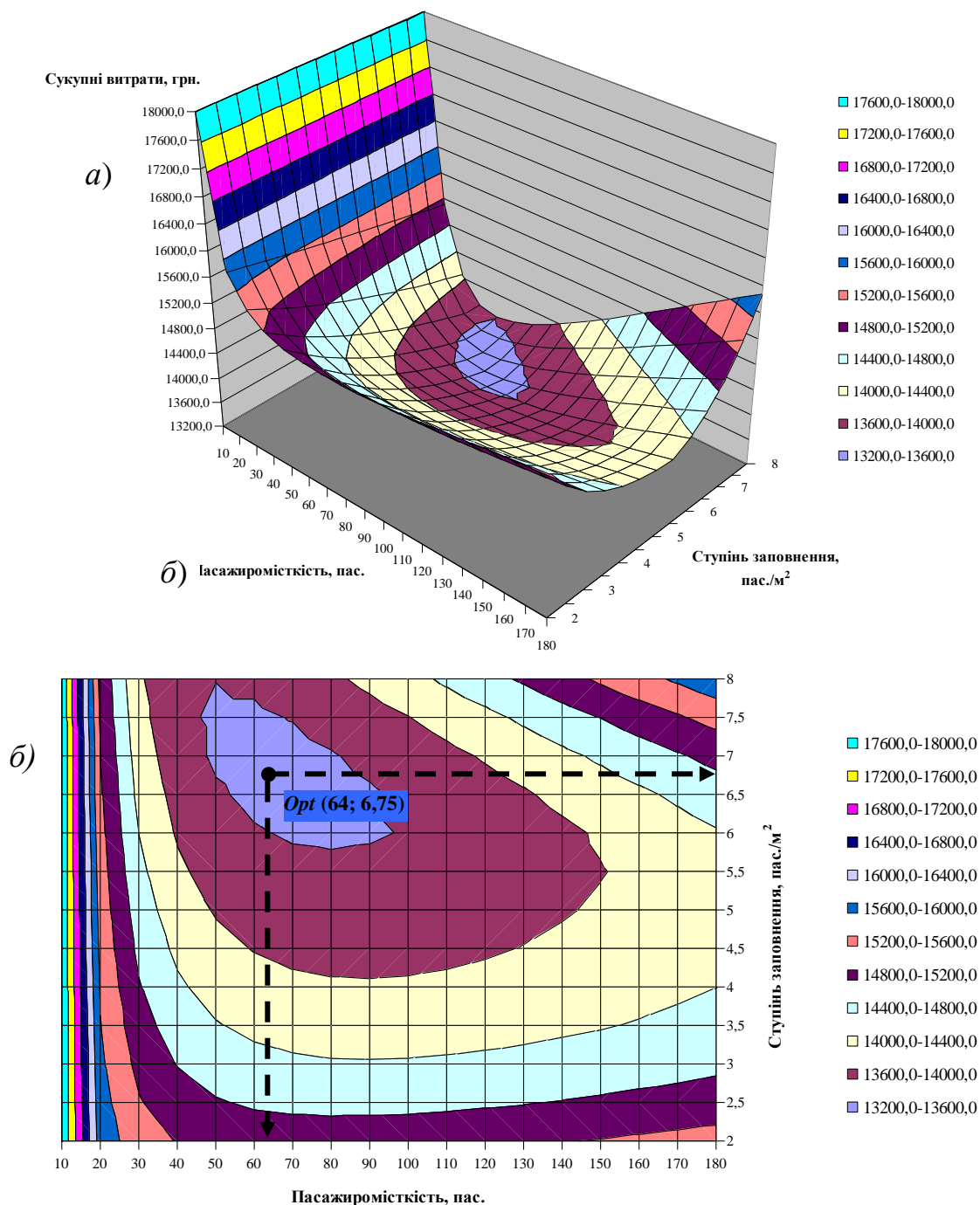


Рисунок 4.7 – Поверхнева (а) та контурна (б) діаграми залежності сукупних витрат від пасажиромісткості та щільності заповнення на найбільш завантаженому перегоні маршруту ( $F_{\max} = 1200$  пас./год;  $L_m = 3$  км)

За потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту 2000 пас./год та довжині маршруту 3 км мінімум цільової функції досягається за пасажиромісткістю автобусу 88 пас. (рис. 4.8). Це відповідає значенню сукупних витрат перевізника та пасажирів, що дорівнює 21647,9 грн.

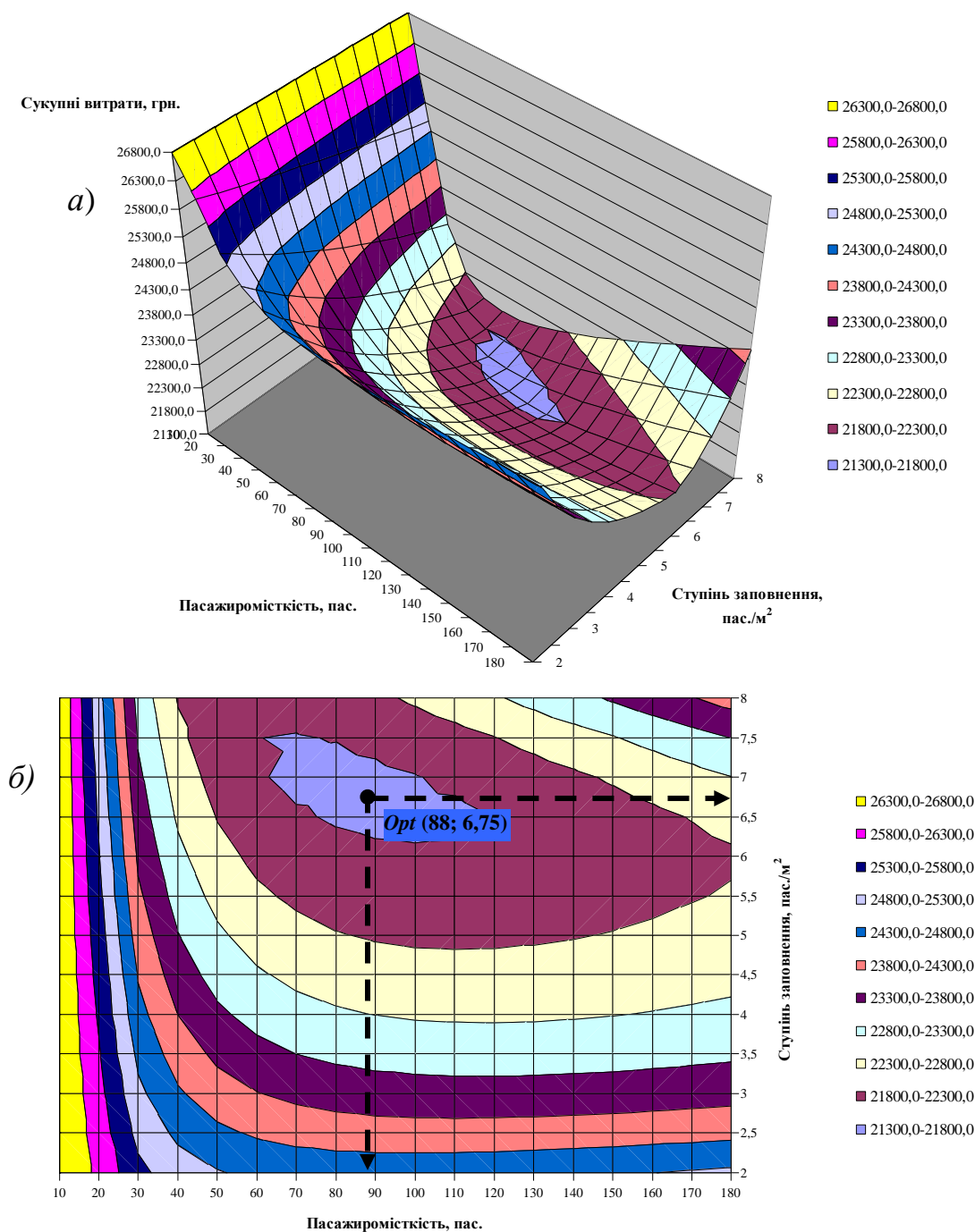


Рисунок 4.8 – Поверхнева (а) та контурна (б) діаграми залежності сукупних витрат від пасажиромісткості та щільності заповнення на найбільш завантаженому перегоні маршруту ( $F_{\max} = 2000$  пас./год;  $L_m = 3$  км)

За потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту 2800 пас./год та довжині маршруту 3 км мінімум цільової функції досягається за пасажиромісткості автобусу 108 пас. (рис. 4.9). Це відповідає значенню сукупних витрат перевізника та пасажирів, що дорівнює 29725,5 грн.

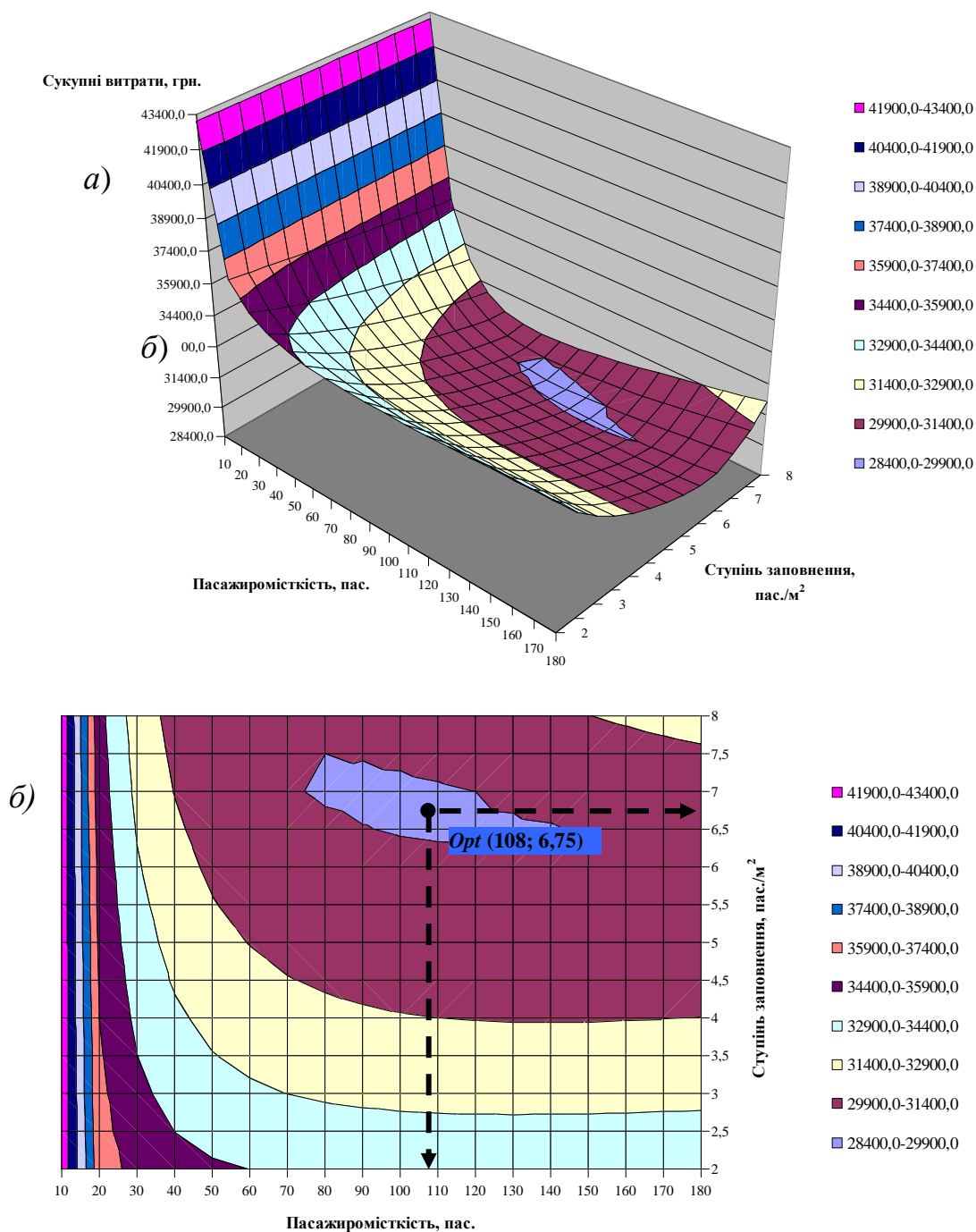


Рисунок 4.9 – Поверхнева (а) та контурна (б) діаграми залежності сукупних витрат від пасажиромісткості та щільності заповнення на найбільш завантаженому перегоні маршруту ( $F_{\max} = 2800$  пас./год;  $L_M = 3$  км)

За потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту 3600 пас./год та довжині маршруту 3 км мінімум цільової функції досягається за пасажиромісткістю автобусу 137 пас. (рис. 4.10). Це відповідає значенню сукупних витрат перевізника та пасажирів, що дорівнює 37818,3 грн.

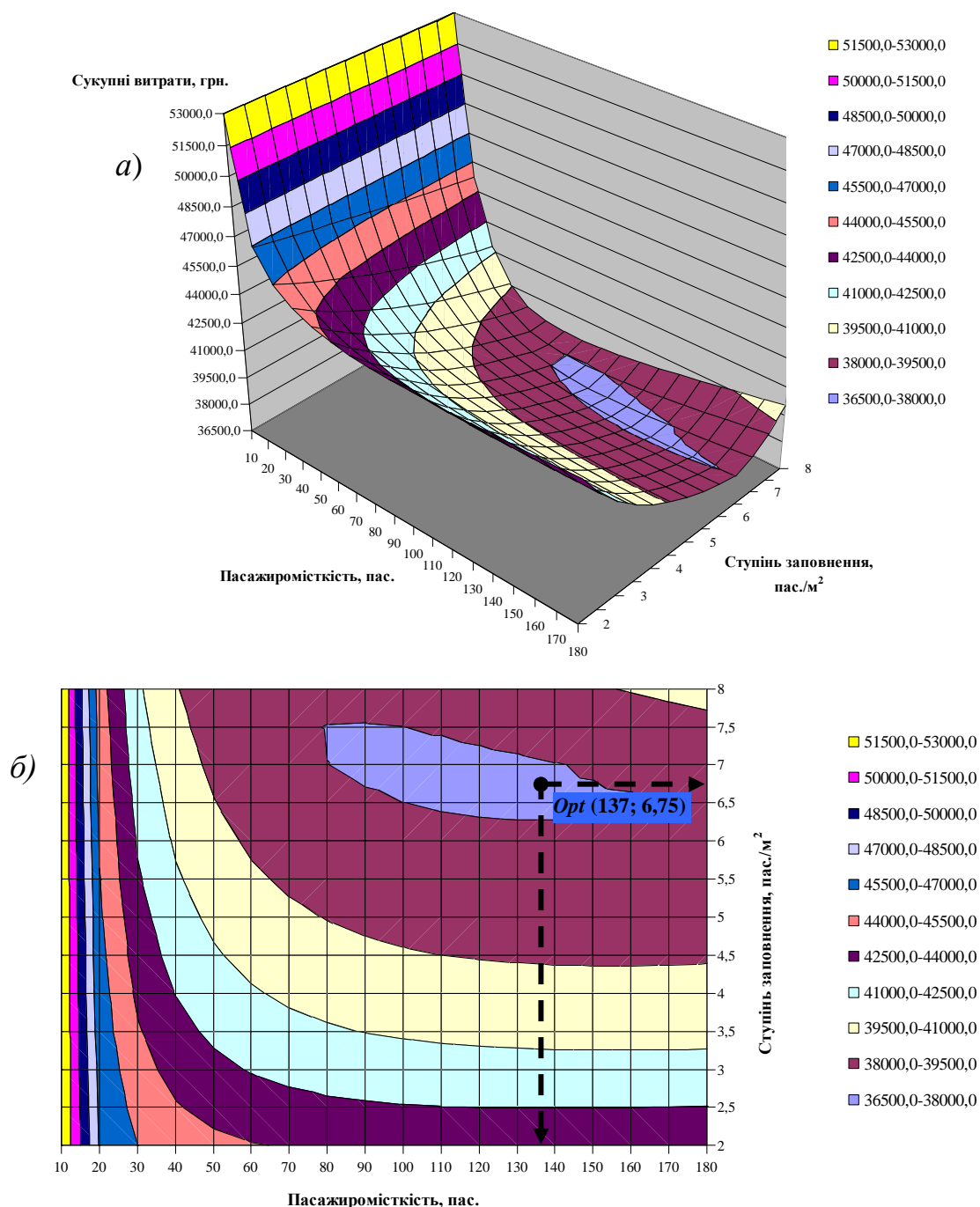


Рисунок 4.10 – Поверхнева (а) та контурна (б) діаграми залежності сукупних витрат від пасажиромісткості та щільності заповнення на найбільш завантаженому перегоні маршруту ( $F_{\max} = 3600$  пас./год;  $L_m = 3$  км)



За потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту 4400 пас./год та довжині маршруту 3 км мінімум цільової функції досягається за пасажиромісткістю автобусу 168 пас. (рис. 4.11). Це відповідає значенню сукупних витрат перевізника та пасажирів, що дорівнює 45911,9 грн.

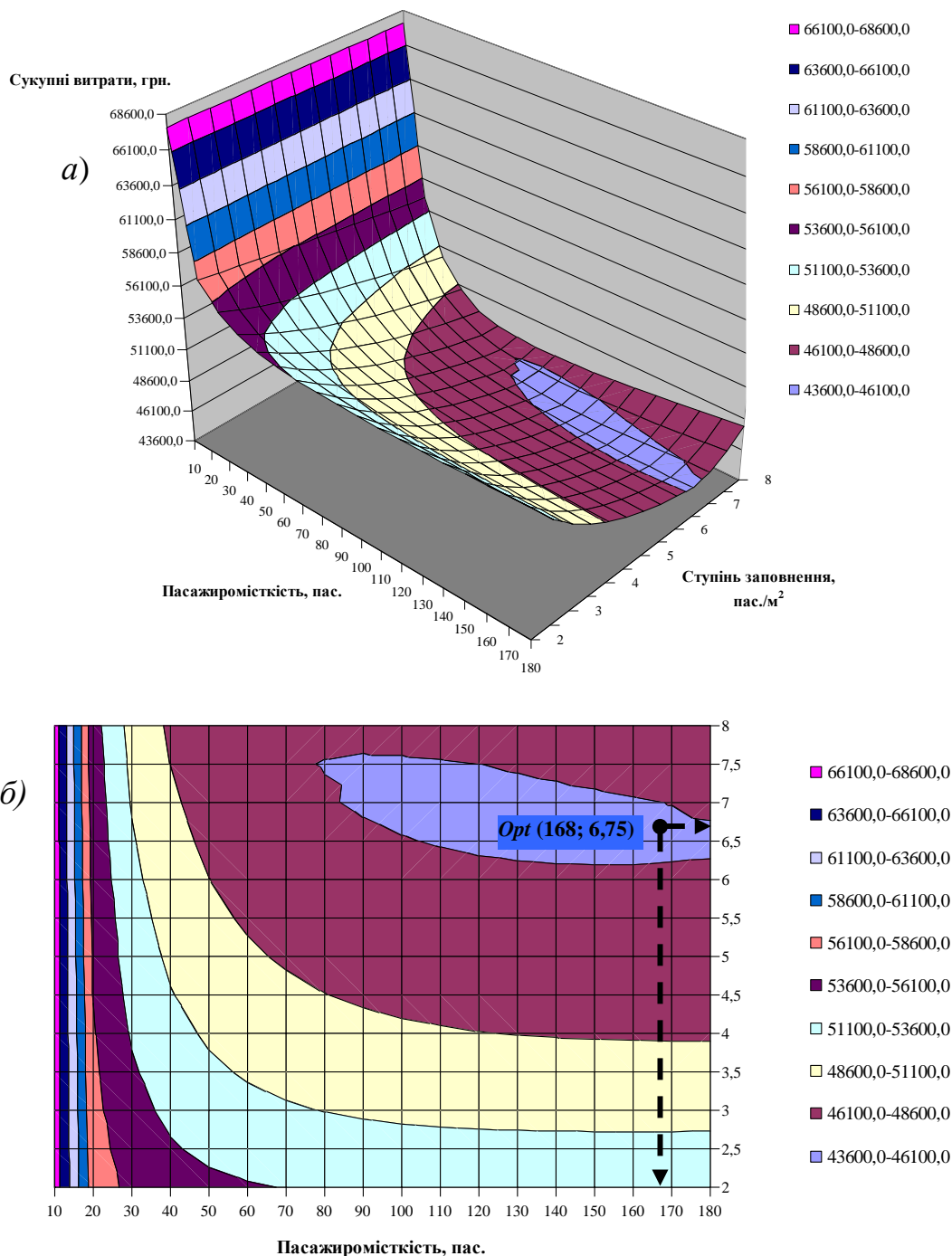


Рисунок 4.11 – Поверхнева (а) та контурна (б) діаграми залежності сукупних витрат від пасажиромісткості та щільності заповнення на найбільш завантаженому перегоні маршруту ( $F_{\max} = 4400$  пас./год;  $L_m = 3$  км)



За потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту 5200 пас./год та довжині маршруту 3 км мінімум цільової функції досягається за пасажиромісткістю автобусу 178 пас. (рис. 4.12). Це відповідає значенню сукупних витрат перевізника та пасажирів, що дорівнює 55248,0 грн.

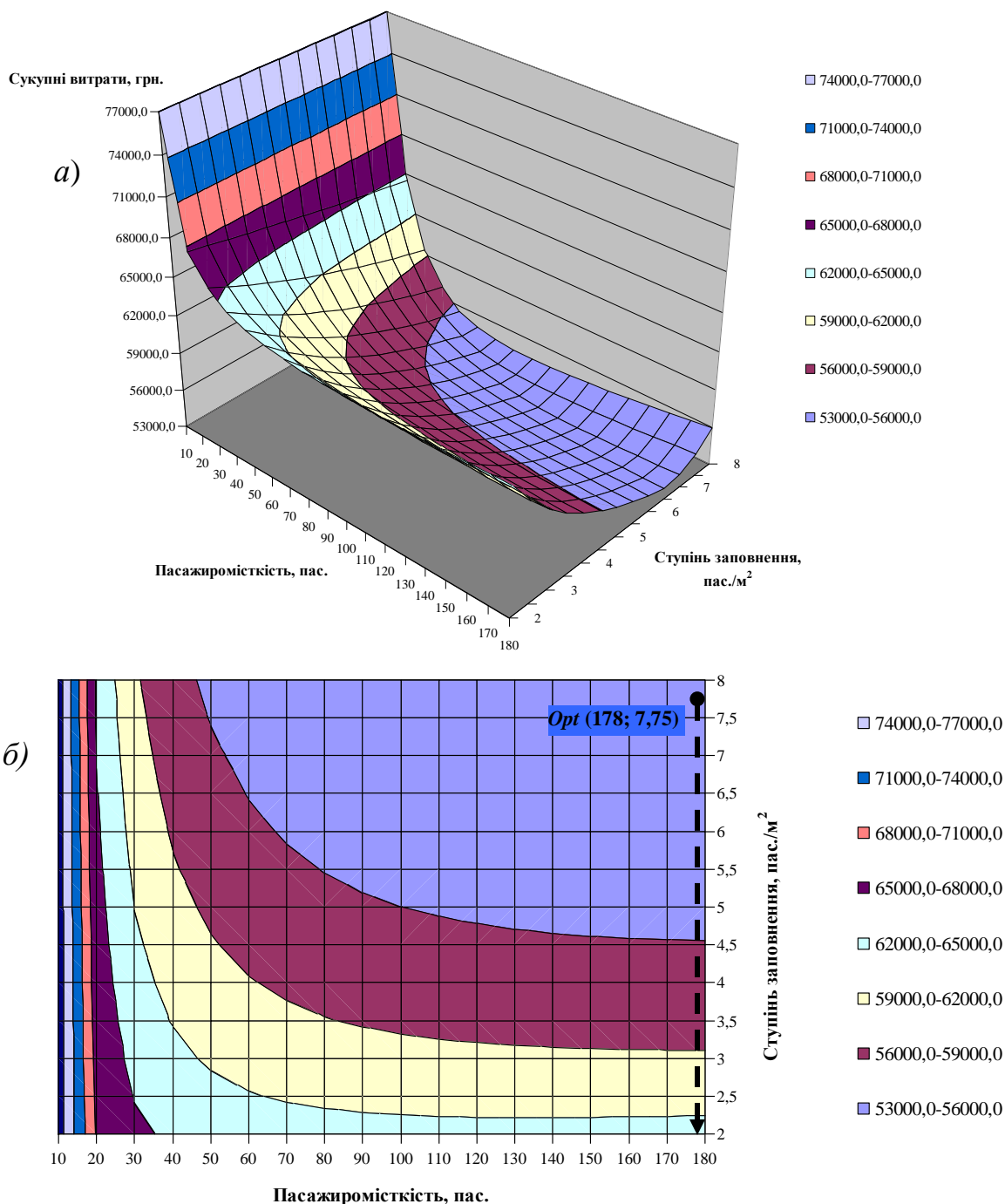


Рисунок 4.12 – Поверхнева (а) та контурна (б) діаграми залежності сукупних витрат від пасажиромісткості та щільності заповнення на найбільш завантаженому перегоні маршруту ( $F_{\max} = 5200$  пас./год;  $L_m = 3$  км)

Загалом було проведено 132 досліди. Результати модельного експерименту зведено до табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати модельного експерименту визначення оптимальної пасажиромісткості автобусу за змінної величини пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні та довжини маршруту

Довжина маршруту, км	Величина пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту ( $F_{\max}$ ), пас./год											
	100	200	300	400	600	800	1200	2000	2800	3600	4400	5200
3,0	19	27	33	37	48	58	64	88	108	137	168	178
4,7	22	32	40	46	54	67	73	104	133	154	179	178
6,4	22	35	43	50	59	69	80	119	124	146	179	178
8,1	22	37	45	52	62	72	89	115	137	166	179	178
9,8	22	38	46	54	67	75	92	118	140	150	179	178
11,5	22	39	48	55	69	76	94	121	143	162	179	178
13,2	21	40	49	56	70	78	95	123	145	165	179	178
14,9	21	41	49	57	71	79	97	125	147	167	179	178
16,6	21	41	50	58	72	83	98	126	149	168	179	178
18,3	21	42	51	59	73	84	99	127	150	170	179	178
20,0	21	42	51	59	73	85	99	128	151	171	179	178

Обробку результатів модельного експерименту (табл. 4.1) виконували із застосуванням методу регресійного аналізу. В результаті попередньої обробки дослідних даних було встановлено, що зміна оптимальної пасажиромісткості автобусу залежно від величини пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту може бути з достатнім рівнем адекватності апроксимована рівнянням такого вигляду:

$$q_n^{opt} = a + b \cdot F_{\max}^c, \quad (4.1)$$

де  $a$ ,  $b$ ,  $c$  - коефіцієнти рівняння.

За різної довжини маршруту спостерігається зміна значень коефіцієнтів рівняння (4.1).

Виходячи із залежності (4.1) величина  $F_{\max}$ , що відповідає певному значенню  $q_n^{opt}$  може бути визначена таким чином:

$$F_{\max} = \sqrt[c]{\frac{q_n^{opt} - a}{b}}. \quad (4.2)$$

Мінімальний ( $F_{\max}^{\min}$ ) та максимальний ( $F_{\max}^{\max}$ ) годинний пасажиропотік, що може бути засвоєний автобусними транспортними засобами, визначали за залежностями (4.1) та (4.2) відповідно за таких числових значень параметрів:  $q_n^{\min} = 9$  пас.;  $q_n^{\max} = 180$  пас.;  $\gamma_{\max} = 1$ ;  $I_{nl}^{\min} = 2$  хв.;  $I_{nl}^{\max} = 12$  хв. Відповідно було отримано, що  $F_{\max}^{\min} = 45$  пас./год, а  $F_{\max}^{\max} = 5400$  пас./год. Враховуючи незадовільну описову здатність моделі (4.1) за малих значень  $F_{\max}$ , граничні значення пасажиропотоку для автобусів особливо малого класу місткості приймали такими, що відповідають межах виняткового діапазону зміни пасажиропотоку (див. табл. 2.16).

Виходячи з залежності (4.2), верхня межа діапазону пасажиропотоку раціонального використання автобусів класу місткості  $\varphi$  (малого, середнього та великого) може бути визначена за формулою:

$$F_{\max}^{\varphi(\varphi)} = \sqrt[c]{\frac{q_n^{\varphi(\max)} - a}{b}}. \quad (4.3)$$

У такому випадку, нижня межа діапазону раціонального використання автобусів наступного класу місткості  $(\varphi+1)$  визначається як:

$$F_{\max}^{\varphi+1(n)} = F_{\max}^{\varphi(e)} + 1. \quad (4.4)$$

На підставі такого підходу, запропоновано розрахункову схему встановлення діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу місткості у вигляді табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Визначення меж діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів певного класу пасажиромісткості

Клас місткості автобусу	Місткість автобусу, пас.		Межі діапазону пасажиропотоку $F_{\max}$ раціонального використання автобусів певного класу місткості	
	min	max	нижня межа	верхня межа
Особливо малий (ОМ)	9	14	$F_{\max}^{OM(n)} = \frac{60}{I_{nl}^{\max}} \cdot q_n^{OM(\min)}$	$F_{\max}^{OM(e)} = \frac{60}{I_{nl}^{\max}} \cdot q_n^{M(\min)} - 1$
Малий (М)	15	45	$F_{\max}^{M(n)} = F_{\max}^{OM(e)} + 1$	$F_{\max}^{M(e)} = \sqrt[c]{\frac{q_n^{M(\max)} - a}{b}}$
Середній (С)	46	80	$F_{\max}^{C(n)} = F_{\max}^{M(e)} + 1$	$F_{\max}^{C(e)} = \sqrt[c]{\frac{q_n^{C(\max)} - a}{b}}$
Великий (В)	81	115	$F_{\max}^{B(n)} = F_{\max}^{C(e)} + 1$	$F_{\max}^{B(e)} = \sqrt[c]{\frac{q_n^{B(\max)} - a}{b}}$
Особливо великий (ОВ)	116	180	$F_{\max}^{OB(n)} = F_{\max}^{B(e)} + 1$	$F_{\max}^{OB(e)} = \frac{60}{I_{nl}^{\min}} \cdot q_n^{OB(\max)}$

Граничні значення пасажиромісткості автобусів різних класів (табл. 4.2) приймали на підставі даних праці [76] (див. табл. 2.1).

В результаті оброблення дослідних даних зміни оптимальної пасажиромісткості автобусу залежно від потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні за довжини маршруту 3 км було отримано таке рівняння регресії:

$$q_n^{opt} = 10,596 + 0,321 \cdot F_{max}^{0,731} . \quad (4.5)$$

Результати статистичної оцінки рівняння регресії свідчать про його адекватність та можливість застосування при проведенні подальших досліджень. Про це свідчить значення коефіцієнту кореляції, яке складає 0,972, та величина середньої помилки апроксимації – 4,78 %. Графік рівняння (4.5) зображено на рис. 4.13.

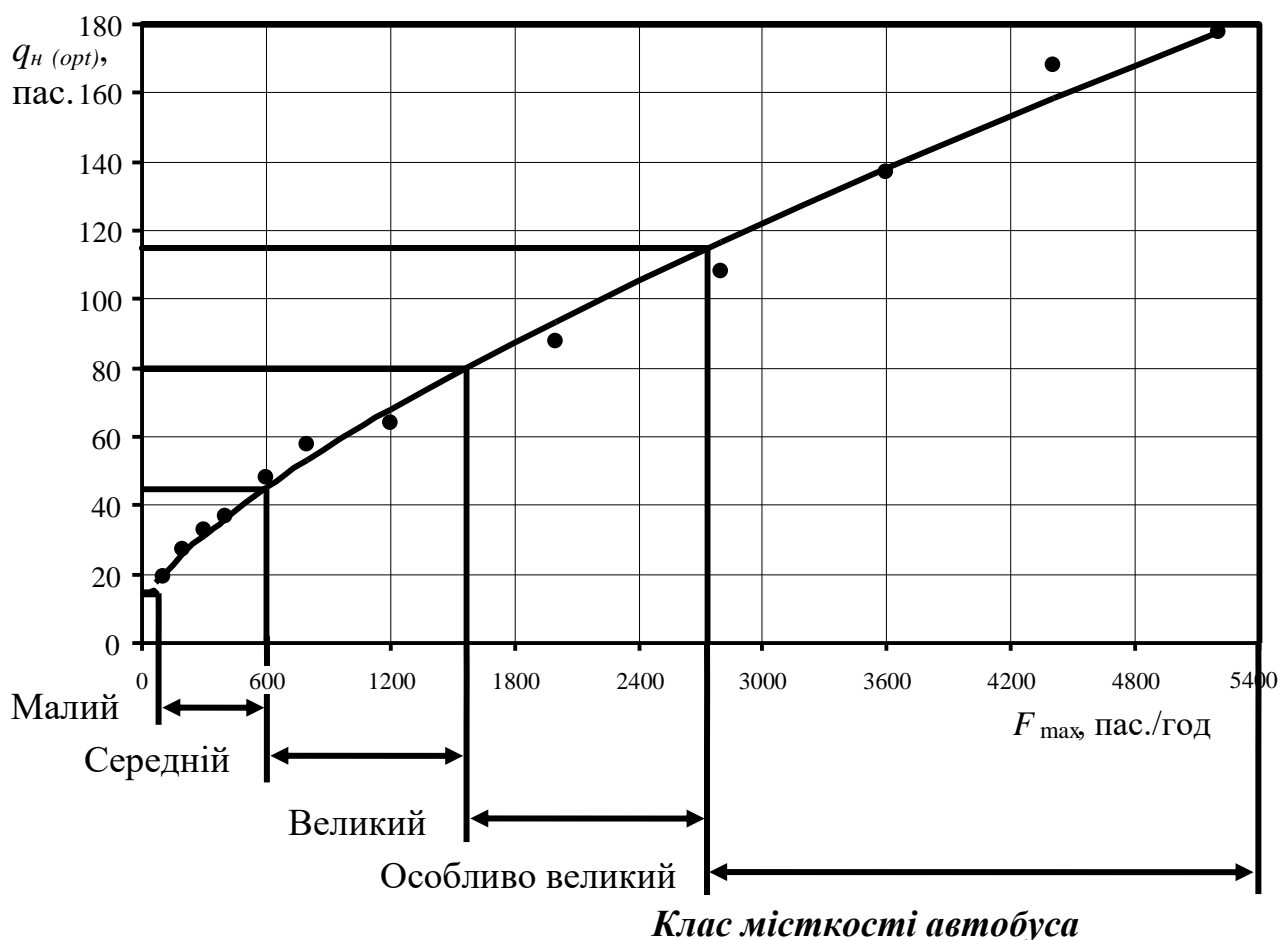


Рисунок 4.13 – Діапазони пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту 3 км

Для встановлення граничних значень діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості рівняння (4.5) було перетворено до такого вигляду:

$$F_{\max} = 0,731 \sqrt{\frac{q_n^{\text{opt}} - 10,596}{0,321}}. \quad (4.6)$$

З його використанням було встановлено межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості, що представлені у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту, що дорівнює 3 км

Клас місткості автобусу	Місткість автобусу, пас.		Межі діапазону пасажиропотоку $F_{\max}$ раціонального використання автобусів певного класу місткості, пас./год	
	min	max	нижня межа	верхня межа
Особливо малий	9	14	45	74
Малий	15	45	75	599
Середній	46	80	600	1564
Великий	81	115	1565	2734
Особливо великий	116	180	2735	5400

Таким чином, за довжини маршруту 3 км раціональні сфери застосування автобусів різного класу пасажиромісткості мають такі діапазони пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту: від 45 до 74 пас./год – особливо малий; від 75 до 599 пас./год – малий; від 600 до 1564 пас./год – середній; від 1565 до 2734 пас./год – великий; від 2735 до 5400 пас./год – особливо великий.

В результаті оброблення дослідних даних зміни оптимальної пасажиромісткості автобусу залежно від потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні за довжини маршруту 4,7 км було отримано таке рівняння регресії:

$$q_n^{opt} = 6,921 + 0,956 \cdot F_{max}^{0,612}. \quad (4.7)$$

Результати статистичної оцінки рівняння регресії свідчать про його адекватність та можливість застосування при проведенні подальших досліджень (коефіцієнт кореляції складає 0,978; середня помилка апроксимації – 3,95 %). Графік рівняння (4.7) зображено на рис. 4.14.

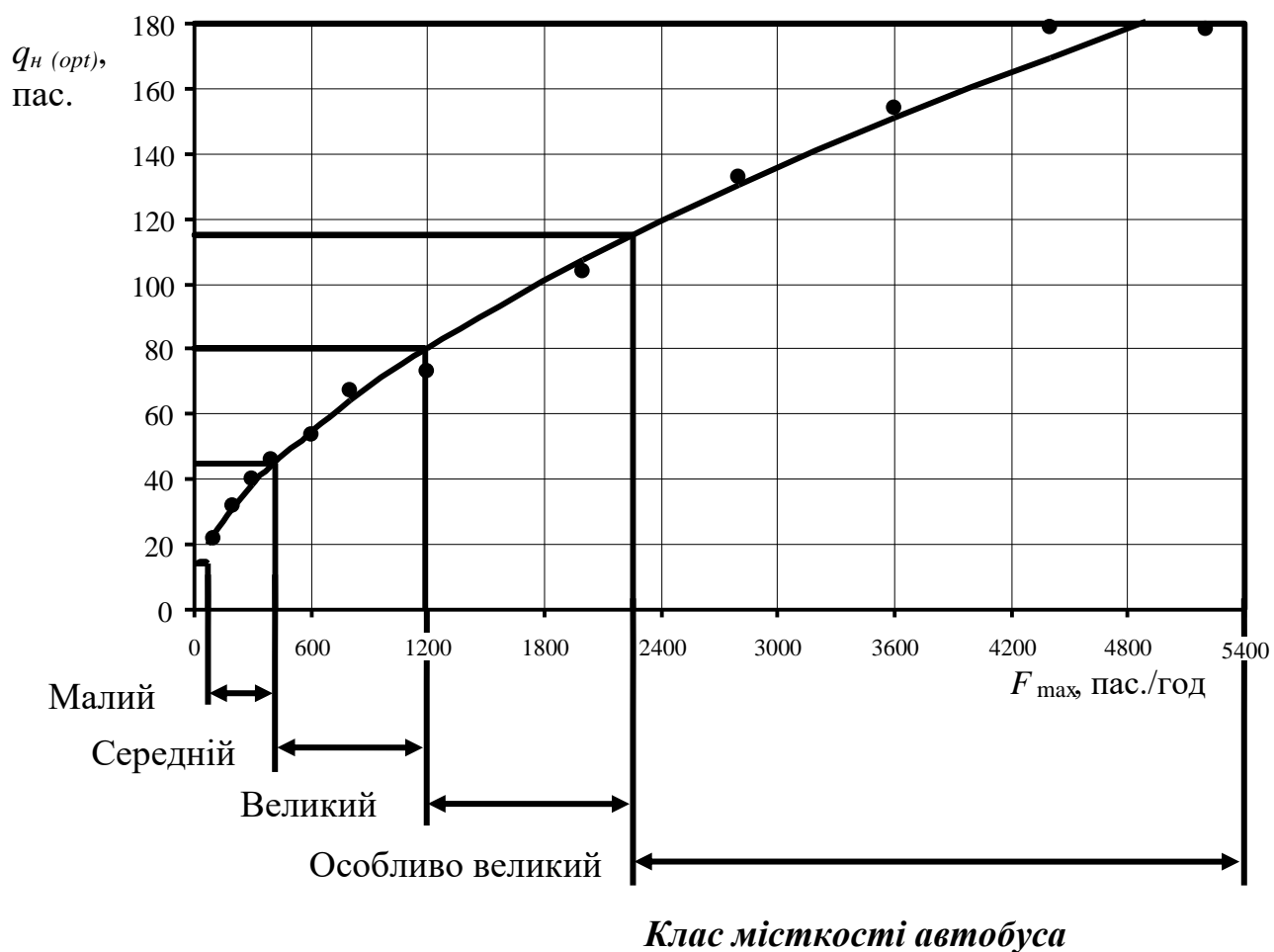


Рисунок 4.14 – Діапазони пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту 4,7 км

Для встановлення граничних значень діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості рівняння (4.7) було перетворено до такого вигляду:

$$F_{\max} = 0,612 \sqrt{\frac{q_n^{\text{opt}} - 6,921}{0,956}}. \quad (4.8)$$

З його використанням було встановлено межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості, що представлені у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту, що дорівнює 4,7 км

Клас місткості автобусу	Місткість автобусу, пас.		Межі діапазону пасажиропотоку $F_{\max}$ раціонального використання автобусів певного класу місткості, пас./год	
	min	max	нижня межа	верхня межа
Особливо малий	9	14	45	74
Малий	15	45	75	411
Середній	46	80	412	1190
Великий	81	115	1191	2255
Особливо великий	116	180	2256	5400

Таким чином, за довжини маршруту 4,7 км раціональні сфери застосування автобусів різного класу пасажиромісткості мають такі діапазони пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту: від 45 до 74 пас./год – особливо малий; від 75 до 411 пас./год – малий; від 412 до 1190 пас./год – середній; від 1191 до 2255 пас./год – великий; від 2256 до 5400 пас./год – особливо великий.



В результаті оброблення дослідних даних зміни оптимальної пасажиромісткості автобусу залежно від потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні за довжини маршруту 6,4 км було отримано таке рівняння регресії:

$$q_n^{opt} = 2,221 + 1,883 \cdot F_{max}^{0,533}. \quad (4.9)$$

Результати статистичної оцінки рівняння регресії свідчать про його адекватність та можливість застосування при проведенні подальших досліджень. Про це свідчить значення коефіцієнту кореляції, яке складає 0,969, та величина середньої помилки апроксимації – 4,34 %. Графік рівняння (4.9) зображено на рис. 4.15.

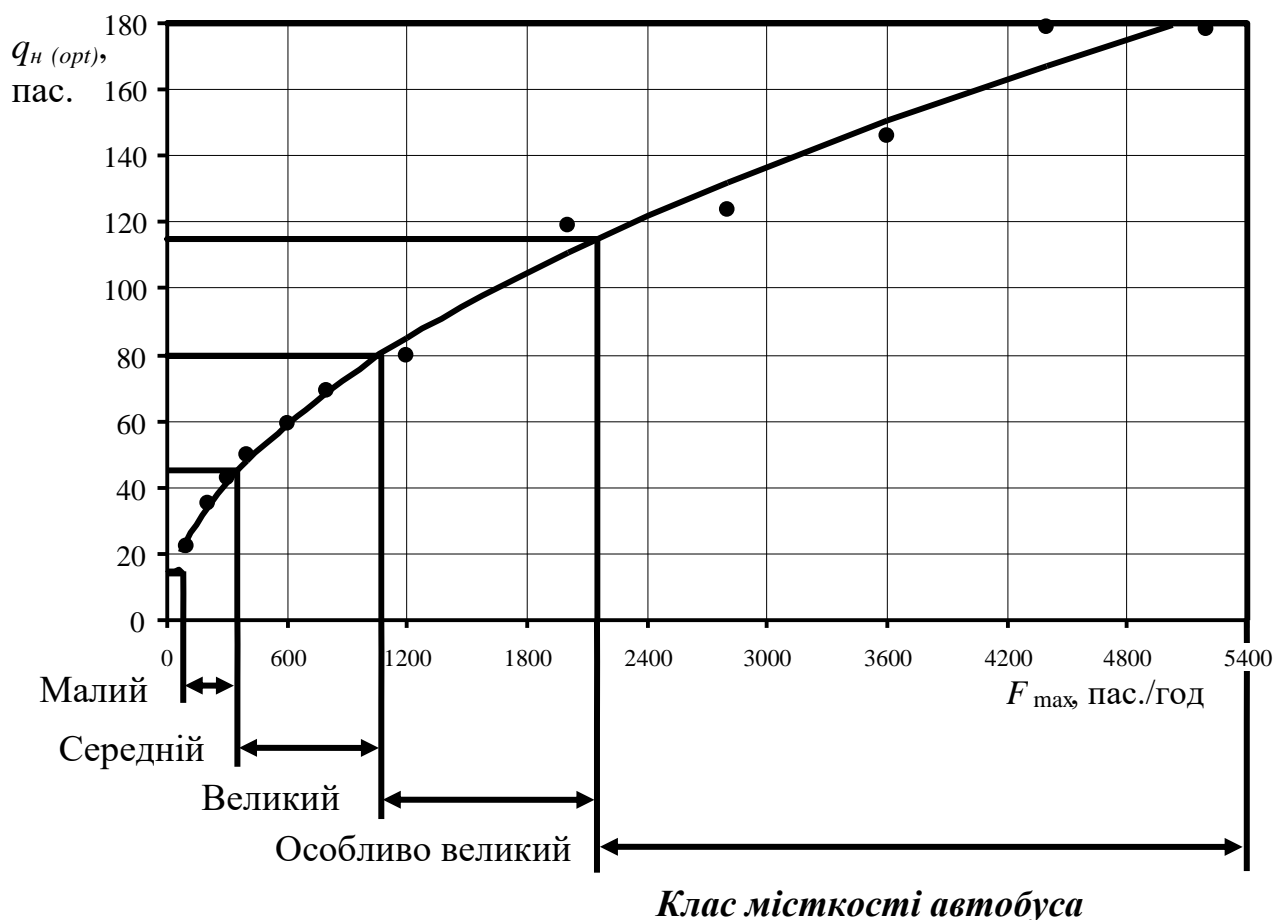


Рисунок 4.15 – Діапазони пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту 6,4 км

Для встановлення граничних значень діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості рівняння (4.9) було перетворено до такого вигляду:

$$F_{\max} = 0,533 \sqrt{\frac{q_n^{\text{opt}} - 2,221}{1,883}}. \quad (4.10)$$

З його використанням було встановлено межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості, що представлені у табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту, що дорівнює 6,4 км

Клас місткості автобусу	Місткість автобусу, пас.		Межі діапазону пасажиропотоку $F_{\max}$ раціонального використання автобусів певного класу місткості, пас./год	
	min	max	нижня межа	верхня межа
Особливо малий	9	14	45	74
Малий	15	45	75	350
Середній	46	80	351	1073
Великий	81	115	1074	2153
Особливо великий	116	180	2154	5400

Таким чином, за довжини маршруту 6,4 км раціональні сфери застосування автобусів різного класу пасажиромісткості мають такі діапазони пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту: від 45 до 74 пас./год – особливо малий; від 75 до 350 пас./год – малий; від 351 до 1073 пас./год – середній; від 1074 до 2153 пас./год – великий; від 2154 до 5400 пас./год – особливо великий.

В результаті оброблення дослідних даних зміни оптимальної пасажиромісткості автобусу залежно від потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні за довжини маршруту 8,1 км було отримано таке рівняння регресії:

$$q_n^{opt} = -0,122 + 2,415 \cdot F_{max}^{0,510}. \quad (4.11)$$

Результати статистичної оцінки рівняння регресії свідчать про його адекватність та можливість застосування при проведенні подальших досліджень (коефіцієнт кореляції складає 0,976; середня помилка апроксимації – 3,37 %). Графік рівняння (4.11) зображено на рис. 4.16.

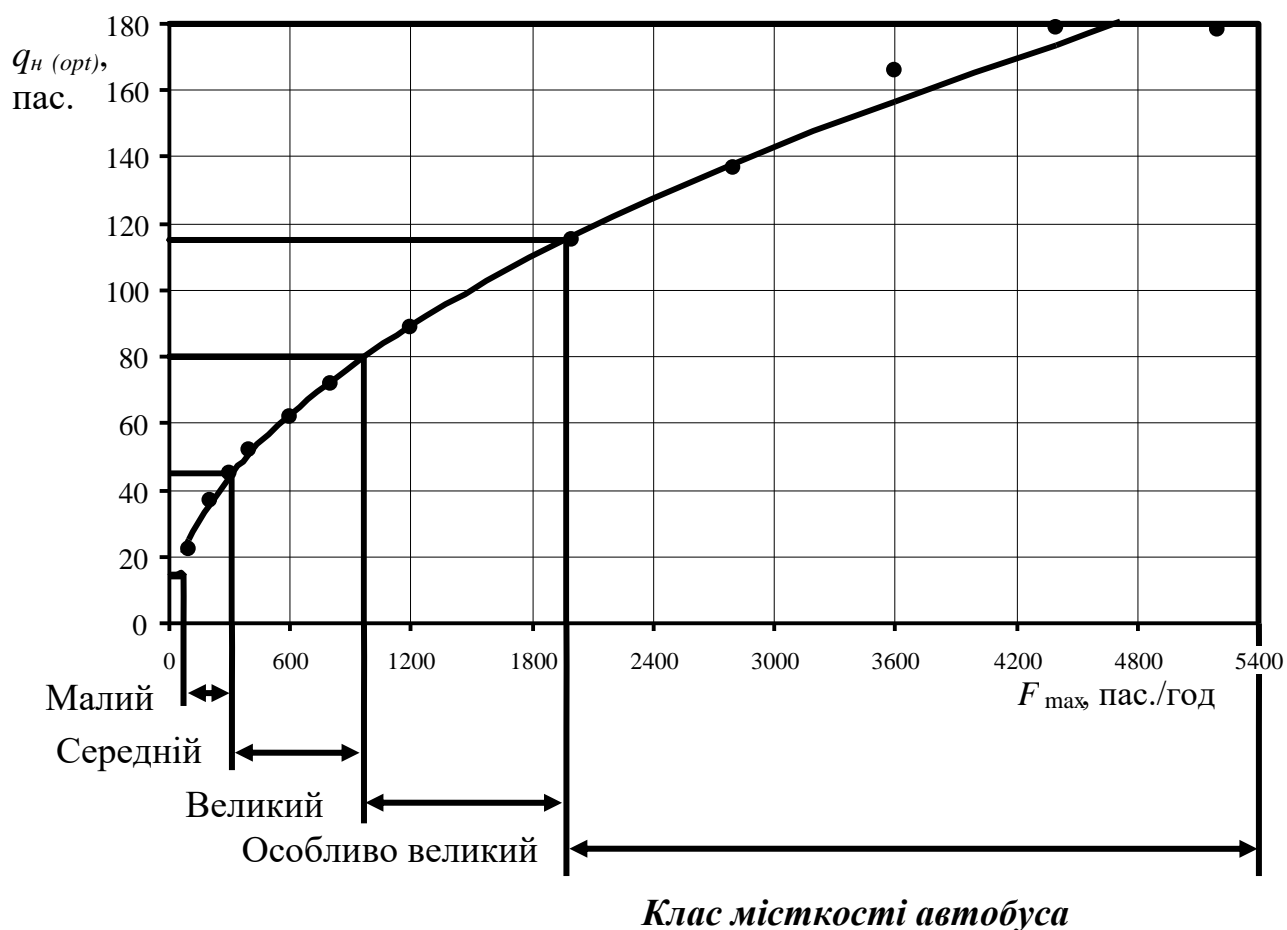


Рисунок 4.16 – Діапазони пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту 8,1 км

Для встановлення граничних значень діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості рівняння (4.11) було перетворено до такого вигляду:

$$F_{\max} = 0,510 \sqrt{\frac{q_n^{\text{opt}} + 0,122}{2,415}}. \quad (4.12)$$

З його використанням було встановлено межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості, що представлені у табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту, що дорівнює 8,1 км

Клас місткості автобусу	Місткість автобусу, пас.		Межі діапазону пасажиропотоку $F_{\max}$ раціонального використання автобусів певного класу місткості, пас./год	
	min	max	нижня межа	верхня межа
Особливо малий	9	14	45	74
Малий	15	45	75	312
Середній	46	80	313	964
Великий	81	115	965	1963
Особливо великий	116	180	1964	5400

Таким чином, за довжини маршруту 8,1 км раціональні сфери застосування автобусів різного класу пасажиромісткості мають такі діапазони пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту: від 45 до 74 пас./год – особливо малий; від 75 до 312 пас./год – малий; від 313 до 964 пас./год – середній; від 965 до 1963 пас./год – великий; від 1964 до 5400 пас./год – особливо великий.

В результаті оброблення дослідних даних зміни оптимальної пасажиромісткості автобусу залежно від потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні за довжини маршруту 9,8 км було отримано таке рівняння регресії:

$$q_n^{opt} = -1,465 + 3,102 \cdot F_{max}^{0,479}. \quad (4.13)$$

Результати статистичної оцінки рівняння регресії свідчать про його адекватність та можливість застосування при проведенні подальших досліджень. Про це свідчить значення коефіцієнту кореляції, яке складає 0,977, та величина середньої помилки апроксимації – 3,62 %. Графік рівняння (4.13) зображено на рис. 4.17.

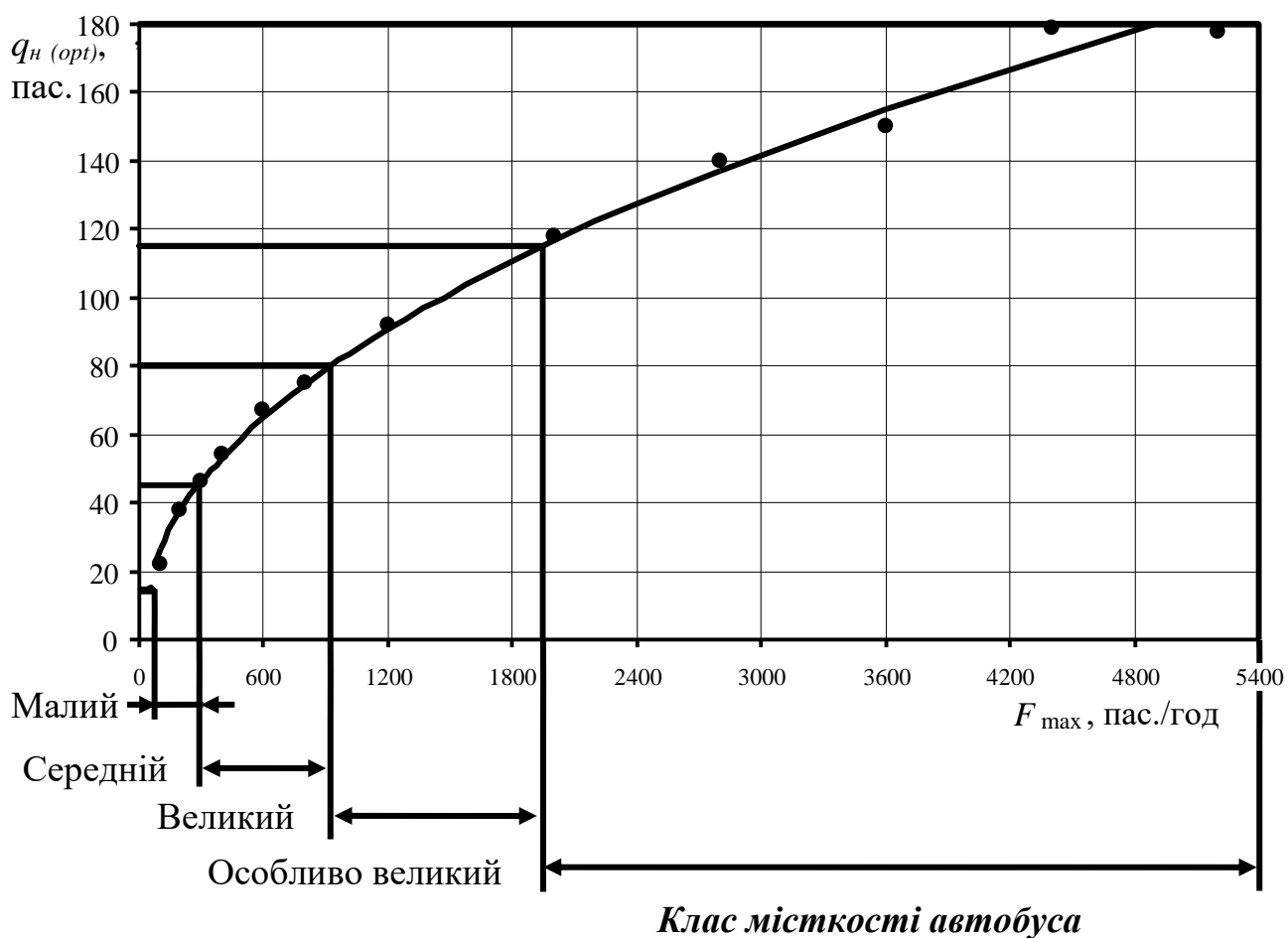


Рисунок 4.17 – Діапазони пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту 9,8 км

Для встановлення граничних значень діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості рівняння (4.13) було перетворено до такого вигляду:

$$F_{\max} = 0,479 \sqrt{\frac{q_n^{\text{opt}} + 1,465}{3,102}}. \quad (4.14)$$

З його використанням було встановлено межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості, що представлені у табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту, що дорівнює 9,8 км

Клас місткості автобусу	Місткість автобусу, пас.		Межі діапазону пасажиропотоку $F_{\max}$ раціонального використання автобусів певного класу місткості, пас./год	
	min	max	нижня межа	верхня межа
Особливо малий	9	14	45	74
Малий	15	45	75	285
Середній	46	80	286	921
Великий	81	115	922	1943
Особливо великий	116	180	1944	5400

Таким чином, за довжини маршруту 9,8 км раціональні сфери застосування автобусів різного класу пасажиромісткості мають такі діапазони пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту: від 45 до 74 пас./год – особливо малий; від 75 до 285 пас./год – малий; від 286 до 921 пас./год – середній; від 922 до 1943 пас./год – великий; від 1944 до 5400 пас./год – особливо великий.

В результаті оброблення дослідних даних зміни оптимальної пасажиромісткості автобусу залежно від потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні за довжини маршруту 11,5 км було отримано таке рівняння регресії:

$$q_n^{opt} = -24,034 + 8,177 \cdot F_{max}^{0,379} . \quad (4.15)$$

Результати статистичної оцінки рівняння регресії свідчать про його адекватність та можливість застосування при проведенні подальших досліджень. Про це свідчить значення коефіцієнту кореляції, яке складає 0,984, та величина середньої помилки апроксимації – 2,53 %. Графік рівняння (4.15) зображено на рис. 4.18.

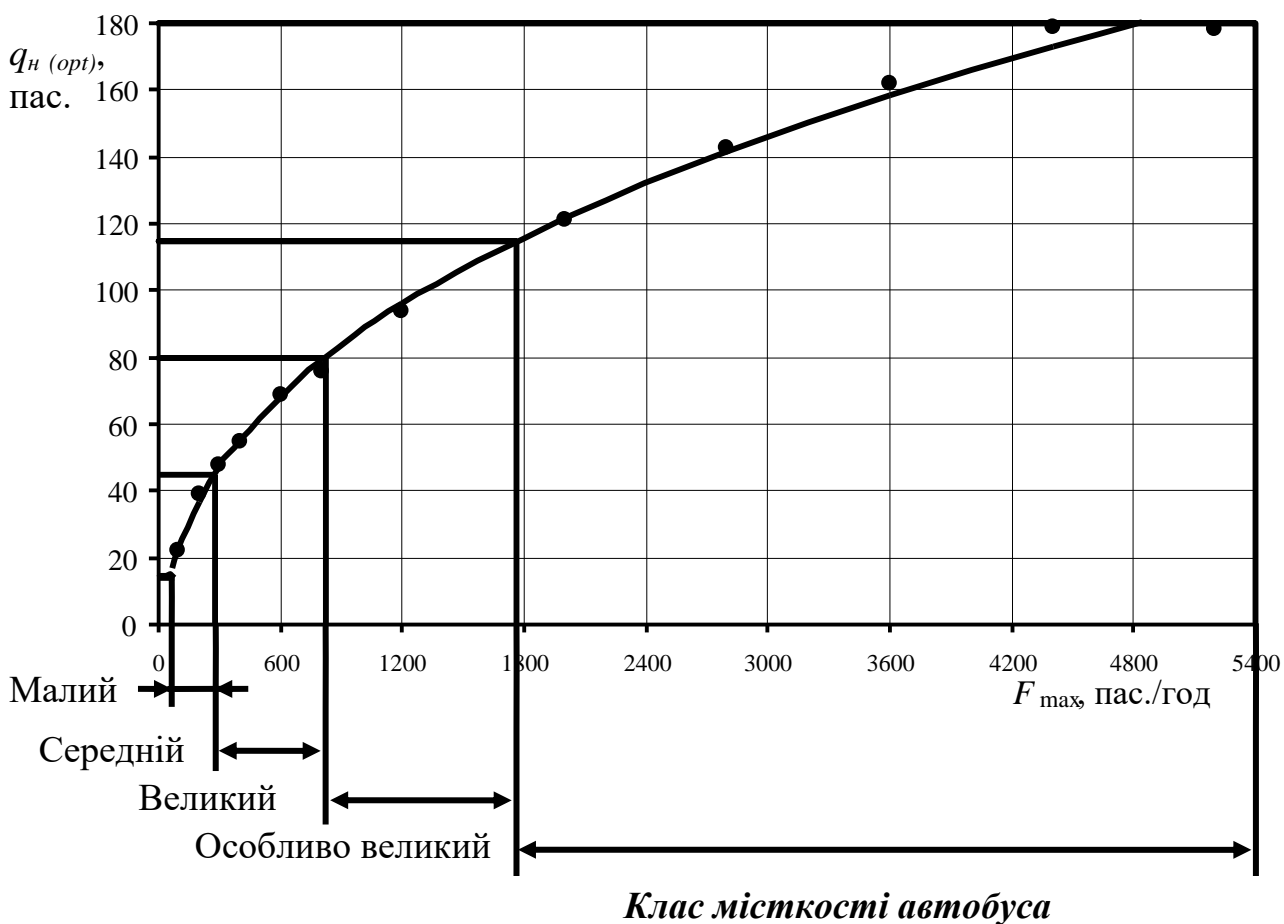


Рисунок 4.18 – Діапазони пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту 11,5 км

Для встановлення граничних значень діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості рівняння (4.18) було перетворено до такого вигляду:

$$F_{\max} = 0,379 \sqrt{\frac{q_n^{\text{opt}} + 24,034}{8,177}}. \quad (4.16)$$

З його використанням було встановлено межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості, що представлені у табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту, що дорівнює 11,5 км

Клас місткості автобусу	Місткість автобусу, пас.		Межі діапазону пасажиропотоку $F_{\max}$ раціонального використання автобусів певного класу місткості, пас./год	
	min	max	нижня межа	верхня межа
Особливо малий	9	14	45	74
Малий	15	45	75	278
Середній	46	80	279	819
Великий	81	115	820	1760
Особливо великий	116	180	1761	5400

Таким чином, за довжини маршруту 11,5 км раціональні сфери застосування автобусів різного класу пасажиромісткості мають такі діапазони пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту: від 45 до 74 пас./год – особливо малий; від 75 до 278 пас./год – малий; від 279 до 819 пас./год – середній; від 820 до 1760 пас./год – великий; від 1761 до 5400 пас./год – особливо великий.



В результаті оброблення дослідних даних зміни оптимальної пасажиромісткості автобусу залежно від потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні за довжини маршруту 13,2 км було отримано таке рівняння регресії:

$$q_n^{opt} = -32,303 + 10,798 \cdot F_{max}^{0,351}. \quad (4.17)$$

Результати статистичної оцінки рівняння регресії свідчать про його адекватність та можливість застосування при проведенні подальших досліджень. Про це свідчить значення коефіцієнту кореляції, яке складає 0,983, та величина середньої помилки апроксимації – 2,93 %. Графік рівняння (4.17) зображено на рис. 4.19.

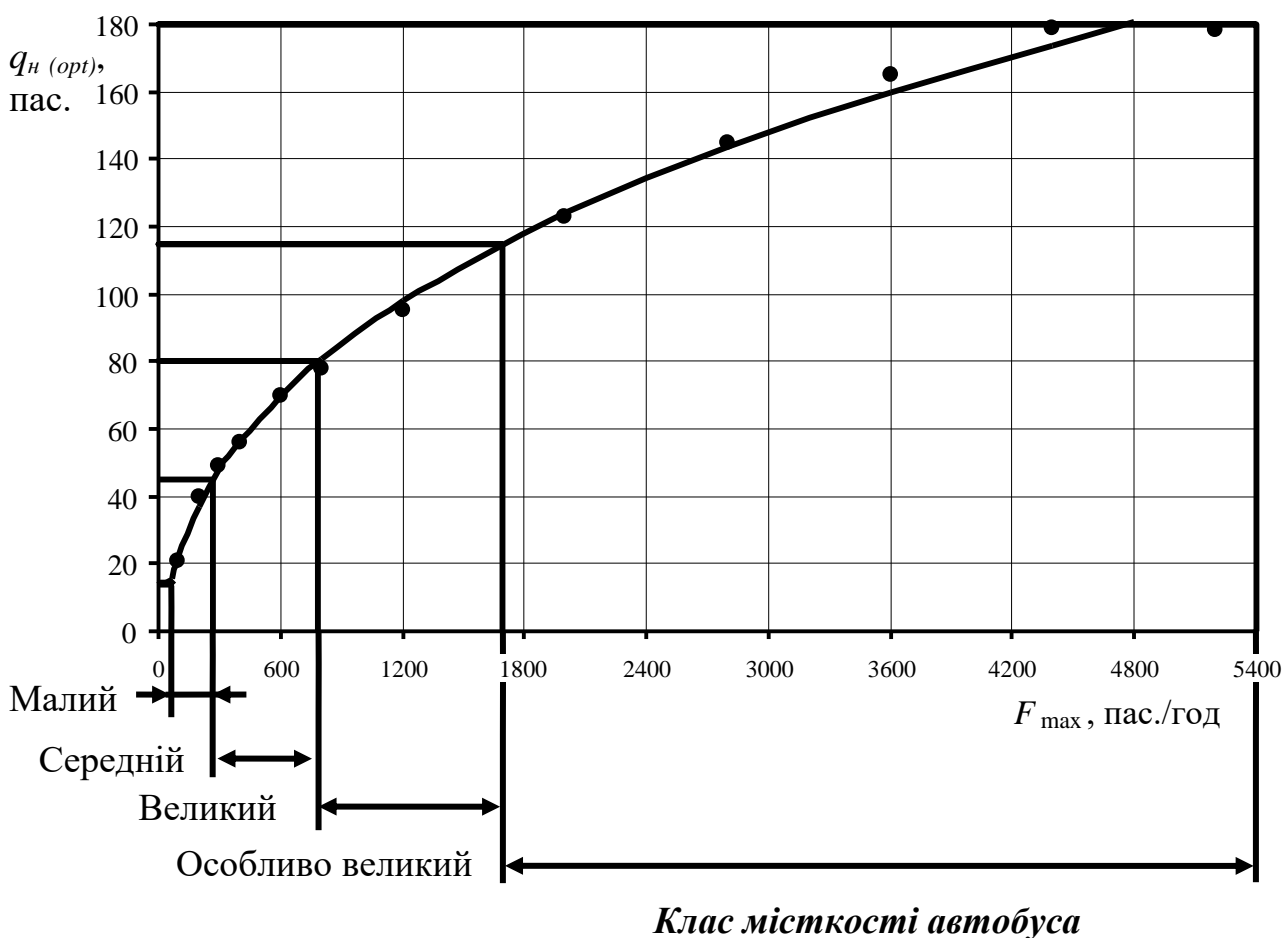


Рисунок 4.19 – Діапазони пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту 13,2 км

Для встановлення граничних значень діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості рівняння (4.17) було перетворено до такого вигляду:

$$F_{\max} = 0,351 \sqrt{\frac{q_n^{\text{opt}} + 32,303}{10,798}}. \quad (4.18)$$

З його використанням було встановлено межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості, що представлені у табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту, що дорівнює 13,2 км

Клас місткості автобусу	Місткість автобусу, пас.		Межі діапазону пасажиропотоку $F_{\max}$ раціонального використання автобусів певного класу місткості, пас./год	
	min	max	нижня межа	верхня межа
Особливо малий	9	14	45	74
Малий	15	45	75	271
Середній	46	80	272	784
Великий	81	115	785	1696
Особливо великий	116	180	1697	5400

Таким чином, за довжини маршруту 13,2 км раціональні сфери застосування автобусів різного класу пасажиромісткості мають такі діапазони пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту: від 45 до 74 пас./год – особливо малий; від 75 до 271 пас./год – малий; від 272 до 784 пас./год – середній; від 785 до 1696 пас./год – великий; від 1697 до 5400 пас./год – особливо великий.

В результаті оброблення дослідних даних зміни оптимальної пасажиромісткості автобусу залежно від потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні за довжини маршруту 14,9 км було отримано таке рівняння регресії:

$$q_n^{opt} = -39,579 + 13,447 \cdot F_{max}^{0,330}. \quad (4.19)$$

Результати статистичної оцінки рівняння регресії свідчать про його адекватність та можливість застосування при проведенні подальших досліджень. Про це свідчить значення коефіцієнту кореляції, яке складає 0,982, та величина середньої помилки апроксимації – 2,86 %. Графік рівняння (4.19) зображено на рис. 4.20.

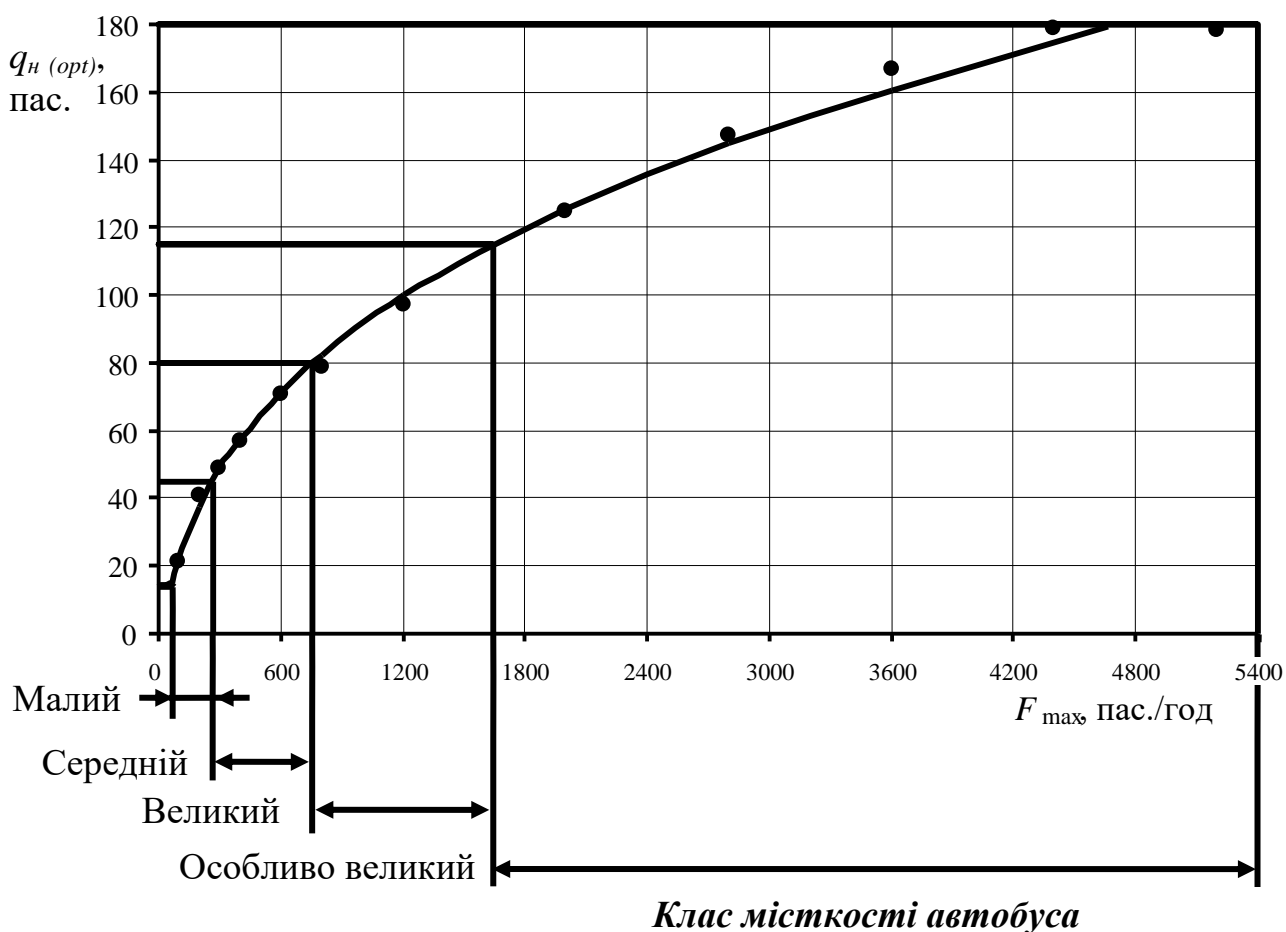


Рисунок 4.20 – Діапазони пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту 14,9 км

Для встановлення граничних значень діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості рівняння (4.19) було перетворено до такого вигляду:

$$F_{\max} = 0,330 \sqrt{\frac{q_n^{\text{opt}} + 39,579}{13,447}}. \quad (4.20)$$

З його використанням було встановлено межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості, що представлені у табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту, що дорівнює 14,9 км

Клас місткості автобусу	Місткість автобусу, пас.		Межі діапазону пасажиропотоку $F_{\max}$ раціонального використання автобусів певного класу місткості, пас./год	
	min	max	нижня межа	верхня межа
Особливо малий	9	14	45	74
Малий	15	45	75	264
Середній	46	80	265	753
Великий	81	115	754	1641
Особливо великий	116	180	1642	5400

Таким чином, за довжини маршруту 14,9 км раціональні сфери застосування автобусів різного класу пасажиромісткості мають такі діапазони пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту: від 45 до 74 пас./год – особливо малий; від 75 до 264 пас./год – малий; від 265 до 753 пас./год – середній; від 754 до 1641 пас./год – великий; від 1642 до 5400 пас./год – особливо великий.

В результаті оброблення дослідних даних зміни оптимальної пасажиромісткості автобусу залежно від потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні за довжини маршруту 16,6 км було отримано таке рівняння регресії:

$$q_n^{opt} = -49,927 + 17,697 \cdot F_{max}^{0,303}. \quad (4.21)$$

Результати статистичної оцінки рівняння регресії свідчать про його адекватність та можливість застосування при проведенні подальших досліджень. Про це свідчить значення коефіцієнту кореляції, яке складає 0,985, та величина середньої помилки апроксимації – 2,62 %. Графік рівняння (4.21) зображено на рис. 4.21.

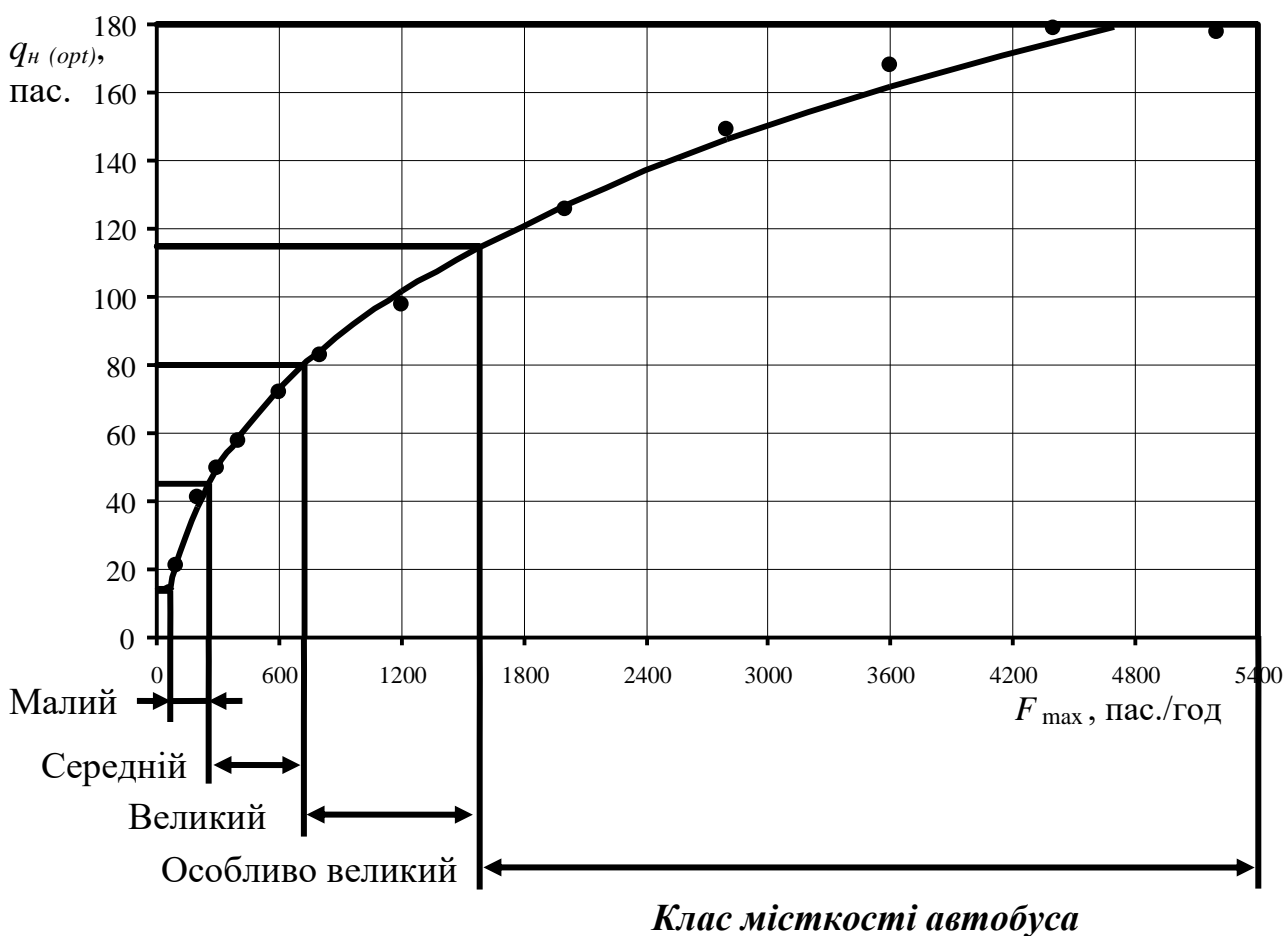


Рисунок 4.21 – Діапазони пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту 16,6 км

Для встановлення граничних значень діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості рівняння (4.21) було перетворено до такого вигляду:

$$F_{\max} = 0,303 \sqrt{\frac{q_n^{\text{opt}} + 49,927}{17,697}}. \quad (4.22)$$

З його використанням було встановлено межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості, що представлені у табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту, що дорівнює 16,6 км

Клас місткості автобусу	Місткість автобусу, пас.		Межі діапазону пасажиропотоку $F_{\max}$ раціонального використання автобусів певного класу місткості, пас./год	
	min	max	нижня межа	верхня межа
Особливо малий	9	14	45	74
Малий	15	45	75	256
Середній	46	80	257	721
Великий	81	115	722	1584
Особливо великий	116	180	1585	5400

Таким чином, за довжини маршруту 16,6 км раціональні сфери застосування автобусів різного класу пасажиромісткості мають такі діапазони пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту: від 45 до 74 пас./год – особливо малий; від 75 до 256 пас./год – малий; від 257 до 721 пас./год – середній; від 722 до 1584 пас./год – великий; від 1585 до 5400 пас./год – особливо великий.

В результаті оброблення дослідних даних зміни оптимальної пасажиромісткості автобусу залежно від потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні за довжини маршруту 18,3 км було отримано таке рівняння регресії:

$$q_n^{opt} = -55,043 + 20,139 \cdot F_{max}^{0,291}. \quad (4.23)$$

Результати статистичної оцінки рівняння регресії свідчать про його адекватність та можливість застосування при проведенні подальших досліджень (коефіцієнт кореляції складає 0,983; середня помилка апроксимації – 2,89 %). Графік рівняння (4.23) зображено на рис. 4.22.

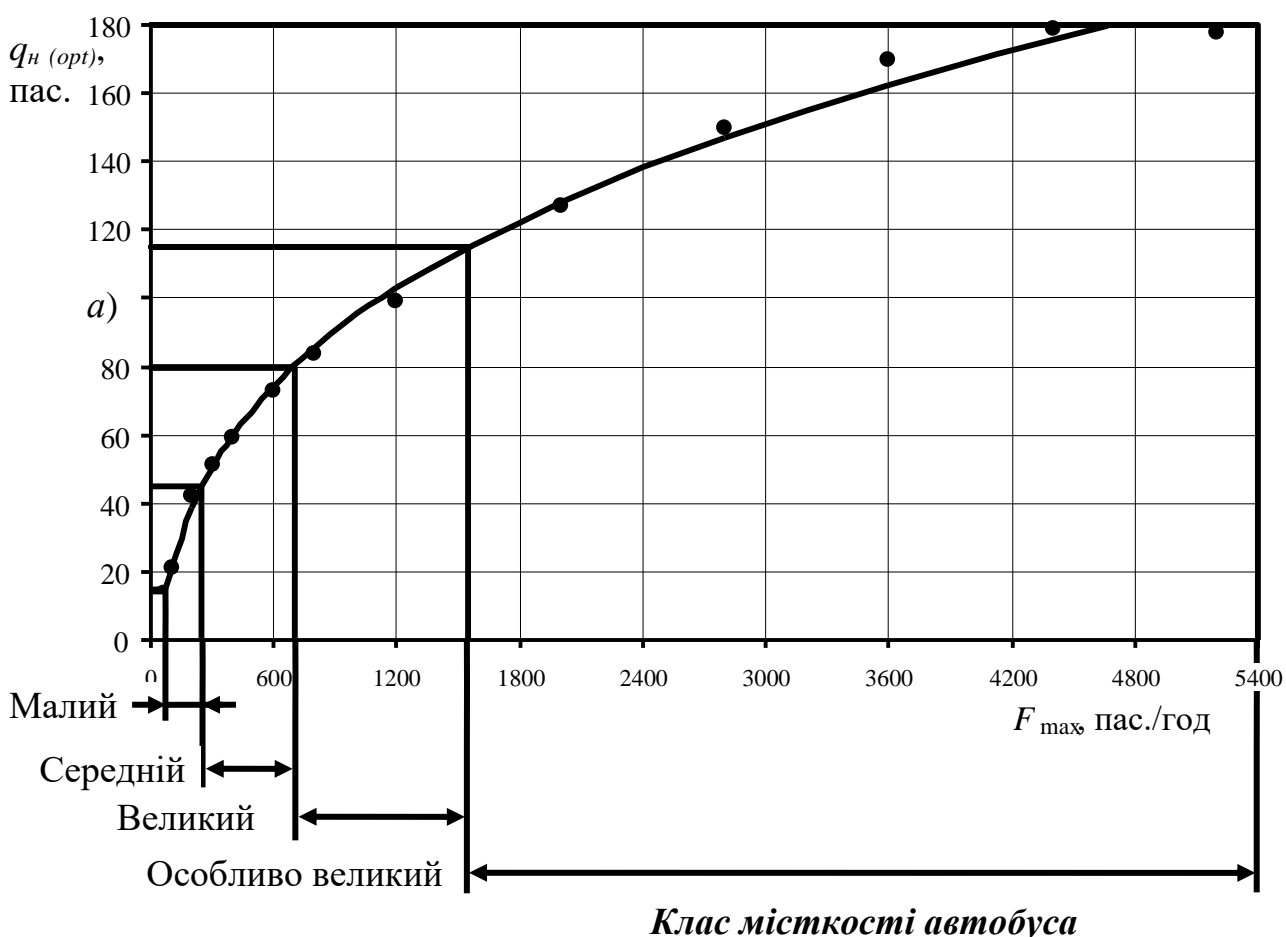


Рисунок 4.22 – Діапазони пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту 18,3 км

Для встановлення граничних значень діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості рівняння (4.23) було перетворено до такого вигляду:

$$F_{\max} = 0,291 \sqrt{\frac{q_n^{\text{opt}} + 55,043}{20,139}}. \quad (4.24)$$

З його використанням було встановлено межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості, що представлені у табл. 4.12.

Таблиця 4.12 – Межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту, що дорівнює 18,3 км

Клас місткості автобусу	Місткість автобусу, пас.		Межі діапазону пасажиропотоку $F_{\max}$ раціонального використання автобусів певного класу місткості, пас./год	
	min	max	нижня межа	верхня межа
Особливо малий	9	14	45	74
Малий	15	45	75	249
Середній	46	80	250	699
Великий	81	115	700	1546
Особливо великий	116	180	1547	5400

Таким чином, за довжини маршруту 18,3 км раціональні сфери застосування автобусів різного класу пасажиромісткості мають такі діапазони пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту: від 45 до 74 пас./год – особливо малий; від 75 до 249 пас./год – малий; від 250 до 699 пас./год – середній; від 700 до 1546 пас./год – великий; від 1547 до 5400 пас./год – особливо великий.



В результаті оброблення дослідних даних зміни оптимальної пасажиромісткості автобусу залежно від потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні за довжини маршруту 20 км було отримано таке рівняння регресії:

$$q_n^{opt} = -58,849 + 21,748 \cdot F_{max}^{0,284}. \quad (4.25)$$

Результати статистичної оцінки рівняння регресії свідчать про його адекватність та можливість застосування при проведенні подальших досліджень (коефіцієнт кореляції складає 0,984; середня помилка апроксимації – 2,83 %). Графік рівняння (4.25) зображено на рис. 4.23.

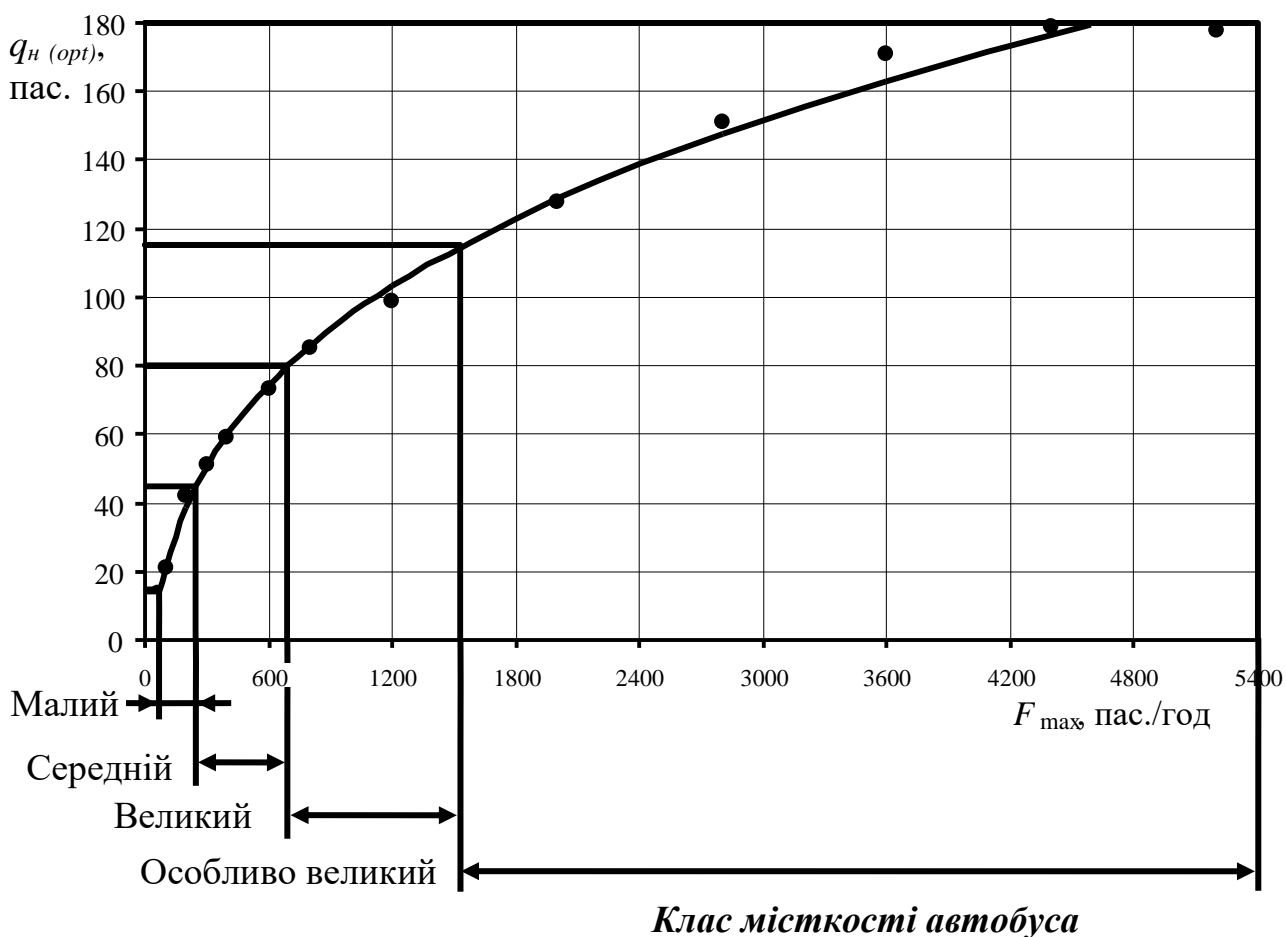


Рисунок 4.23 – Діапазони пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту 20 км

Для встановлення граничних значень діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості рівняння (4.25) було перетворено до такого вигляду:

$$F_{\max} = 0,284 \sqrt{\frac{q_n^{\text{opt}} + 58,849}{21,748}}. \quad (4.26)$$

З його використанням було встановлено межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості, що представлені у табл. 4.13.

Таблиця 4.13 – Межі діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту, що дорівнює 20 км

Клас місткості автобусу	Місткість автобусу, пас.		Межі діапазону пасажиропотоку $F_{\max}$ раціонального використання автобусів певного класу місткості, пас./год	
	min	max	нижня межа	верхня межа
Особливо малий	9	14	45	74
Малий	15	45	75	248
Середній	46	80	249	691
Великий	81	115	692	1528
Особливо великий	116	180	1529	5400

Таким чином, за довжини маршруту 20 км раціональні сфери застосування автобусів різного класу пасажиромісткості мають такі діапазони пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту: від 45 до 74 пас./год – особливо малий; від 75 до 248 пас./год – малий; від 249 до 691 пас./год – середній; від 692 до 1528 пас./год – великий; від 1529 до 5400 пас./год – особливо великий.

З табл. 4.3-4.13 бачимо, що автобуси особливо малого класу місткості доцільно застосовувати за величини  $F_{\max}$ , що знаходиться у діапазоні від 45 до 74 пас./год не залежно від довжини маршруту. Проте, діапазони раціонального використання інших класів є змінними за різної довжини маршруту. Зокрема, можна зазначити, що за довжини маршруту від 3 до 20 км, діапазони раціонального використання автобусів за класами місткості варіюються у таких інтервалах: малий клас – від 75 до 599 пас./год; середній клас – від 249 до 1564 пас./год; великий клас – від 692 до 2734 пас./год; особливо великий клас – від 1529 до 5400 пас./год.

Виходячи із зазначеного, для математичного опису зміни раціональних діапазонів пасажиропотоку залежно від довжини маршруту, достатньо провести формалізацію зміни верхніх границь для автобусів малого, середнього та великого класів пасажиромісткості. Внаслідок цього, на підставі табл. 4.3-4.13, сформовано верхні межі значень діапазонів  $F_{\max}$  використання автобусів різного класу місткості за різної довжини маршруту (див. табл. 4.14).

Таблиця 4.14 – Верхні межі значень діапазонів  $F_{\max}$  використання автобусів різного класу місткості

Довжина маршруту, км	Клас місткості автобусів				
	особливо малий	малий	середній	великий	особливо великий
1	2	3	4	5	6
3	74	599	1564	2734	5400
4,7	74	411	1190	2255	5400
6,4	74	350	1073	2153	5400
8,1	74	312	964	1963	5400
9,8	74	285	921	1943	5400
11,5	74	278	819	1760	5400

Продовження табл. 4.14

1	2	3	4	5	6
13,2	74	271	784	1696	5400
14,9	74	264	753	1641	5400
16,6	74	256	721	1584	5400
18,3	74	249	699	1546	5400
20	74	248	691	1528	5400

Обробка даних табл. 4.14 дала змогу встановити, що взаємозв'язок між довжиною маршруту та пасажиропотоком на найбільш завантаженому перегоні маршруту може бути апроксимований функціями, які виглядають так:

- малий клас місткості:

$$L_m = \frac{1}{a + b \cdot \ln(F_{\max})}; \quad (4.27)$$

- середній та великий клас місткості:

$$L_m = \exp\left(a + \frac{b}{F_{\max}}\right), \quad (4.28)$$

де  $a$ ,  $b$  - коефіцієнти регресії.

Статистичну характеристику моделей (4.27) та (4.28) визначення граничних значень діапазонів  $F_{\max}$  раціонального використання автобусів різного класу місткості наведено у табл. 4.15.

Отримані статистичні показники розроблених моделей свідчать про їх адекватність.

Таблиця 4.15 – Статистична характеристика моделей визначення граничних значень діапазонів  $F_{\max}$  раціонального використання автобусів різного класу місткості

Граничні значення класів місткості автобусів	Апроксимувальна функція	Значення коефіцієнтів		Діапазон зміни $F_{\max}$ , пас./год	Коефіцієнт кореляції	Середня помилка апроксимації, %
		$a$	$b$			
М – С	$L_m = \frac{1}{a + b \cdot \ln(F_{\max})}$	- 1,714	0,320	248–599	0,999	2,42
С – В	$L_m = \exp\left(a + \frac{b}{F_{\max}}\right)$	- 0,306	2271,43	691–1564	0,996	4,00
В – ОВ		- 1,179	6382,41	1528–2734	0,992	4,77

З використанням розроблених моделей, побудовано діаграму раціональних сфер використання автобусів певного класу пасажиромісткості на маршрутах різної протяжності (рис. 4.24).

З рис. 4.24 бачимо, що зі зростанням довжини маршруту відбувається зсув діапазонів застосування автобусів особливо малого, середнього та великого класів місткості у бік зменшення величини  $F_{\max}$ . У цей же час розширюється діапазон використання автобусів особливо великого класу місткості.

Таким чином можна констатувати, що довжина маршруту є вагомим фактором, що зумовлює раціональні сфери використання автобусів різного класу пасажиромісткості. Зі зростанням довжини маршруту відбувається зміна діапазонів пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту раціонального використання автобусів малого, середнього та великого класів місткості у бік зменшення. У той же час, розширюється діапазон використання автобусів особливо великого класу місткості.

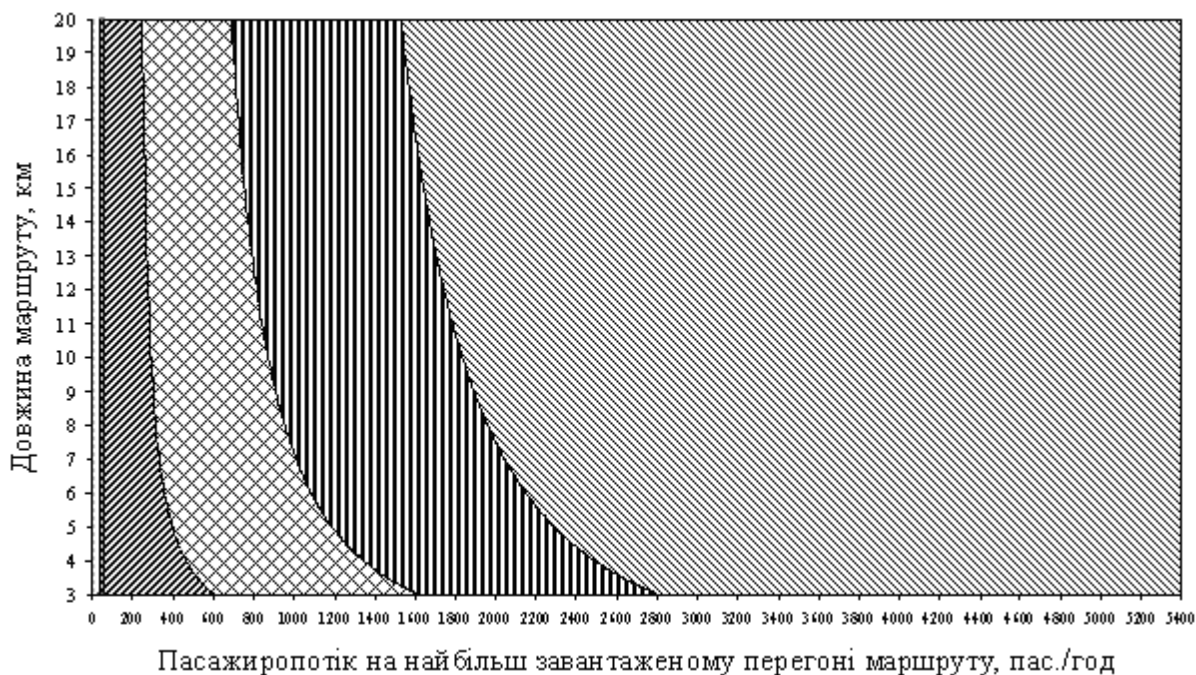


Рисунок 4.24 – Діаграма раціональних сфер використання автобусів певного класу пасажиромісткості на маршрутах різної протяжності:

▨ – особливо малий; ▩ – малий; ▤ – середній; ▧ – великий; ▨ – особливо великий

Взагалі, за зміни довжини маршруту від 3 до 20 км, діапазони раціонального використання автобусів за класами місткості варіюються у інтервалі: особливо малий клас – від 45 до 74 пас./год; малий клас – від 75 до 599 пас./год; середній клас – від 249 до 1564 пас./год; великий клас – від 692 до 2734 пас./год; особливо великий клас – від 1529 до 5400 пас./год.

#### 4.1.2 Зміна раціонального рівня заповнення салону транспортного засобу залежно від характеристик нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту

При проведенні дослідження виходили із припущення, що диференціацію маршрутів стосовно вирішення завдання нормування рівня заповнення салону транспортних засобів, слід проводити виходячи з характеристик пасажиропотоку, а саме: величини пасажиропотоку на

найбільш завантаженому перегоні маршруту ( $F_{\max}$ ) та коефіцієнту нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту у найбільш завантаженому напрямку ( $K_{\text{довж}}$ ).

Перевірку гіпотези виконували шляхом проведення експерименту з використанням цільової функції (3.53), що передбачає мінімізацію сукупних витрат перевізника та пасажирів. Як варійовані змінні використовували пасажиромісткість ( $q_n$ ) та щільність заповнення салону транспортного засобу на найбільш завантаженому перегоні маршруту ( $\alpha$ ). При формуванні вхідних даних виходили з усереднених параметрів роботи автобусних маршрутів у м. Харкові.

При проведенні модельного експерименту коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту змінювали у межах від 1,0 до 2,3 з кроком 0,1, а величину пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту – від 200 до 2800 пас./год з кроком 260 пас./год. Інші параметри, що входять до цільової функції (3.53) розглядали як сталі величини. Результати модельного розрахунку представлено у табл. 4.16.

Контурні діаграми зміни сукупних витрат за  $F_{\max} = 720$  пас./год та наступних значень коефіцієнту нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту зображено на рис. 4.25.

Результати розрахунку показали, що, чим більшою є величина коефіцієнту нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту, тим з вищого рівня заповнення слід виходити при плануванні параметрів перевезень. Натомість, зростання величини пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту призводить до необхідності застосування автобусів більшої пасажиромісткості.

Обробку результатів модельного експерименту проводили із застосуванням методу регресійного аналізу. Попередній аналіз дослідних даних показав, що у переважній більшості випадків, зі зростанням коефіцієнту нерівномірності від 1,0 до 2,0 раціональний рівень заповнення зростає, потім він залишається незмінним та складає 8 пас./м<sup>2</sup>. Це є підставою для того, щоб розглядати ці два діапазони окремо.

Таблиця 4.16 – Результати модельного експерименту визначення раціонального рівня заповнення салону транспортного засобу залежно від характеристик нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту

Пасажиро- потік ( $F_{max}$ ), пас./год	Варійовані фактори	Коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку по довжині маршруту													
		1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
200	$q_{n(opt)}$	37	36	35	35	35	34	34	33	33	33	34	40	39	40
	$\alpha_{(opt)}$	1,50	2,00	2,75	3,50	4,25	5,00	5,75	6,75	7,50	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
460	$q_{n(opt)}$	53	55	54	54	51	54	52	50	50	49	51	60	59	60
	$\alpha_{(opt)}$	2,50	3,25	3,75	4,25	4,75	5,25	6,00	6,75	7,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
720	$q_{n(opt)}$	71	69	68	67	66	63	64	65	65	65	64	76	74	76
	$\alpha_{(opt)}$	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,00	8,00	8,00
980	$q_{n(opt)}$	75	79	77	76	75	74	73	73	72	72	76	88	86	88
	$\alpha_{(opt)}$	3,00	3,75	4,25	4,75	5,25	5,75	6,25	6,75	7,25	7,75	8,00	8,00	8,00	8,00
1240	$q_{n(opt)}$	92	90	88	86	85	84	83	82	81	80	86	99	97	99
	$\alpha_{(opt)}$	3,25	3,75	4,25	4,75	5,25	5,75	6,25	6,75	7,25	7,75	8,00	8,00	8,00	8,00
1500	$q_{n(opt)}$	95	99	88	95	94	86	85	84	88	83	95	109	107	109
	$\alpha_{(opt)}$	3,25	3,75	4,25	4,75	5,25	5,75	6,25	6,75	7,25	7,75	8,00	8,00	8,00	8,00
1760	$q_{n(opt)}$	109	108	111	108	101	97	95	93	91	90	104	118	116	118
	$\alpha_{(opt)}$	3,50	3,75	4,25	4,75	5,25	5,75	6,25	6,75	7,25	7,75	8,00	8,00	8,00	8,00



Продовження табл. 4.16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2020	$q_{n(opt)}$	118	112	109	121	115	108	104	101	98	96	112	127	124	127
	$\alpha_{(opt)}$	3,50	4,00	4,50	4,75	5,25	5,75	6,25	6,75	7,25	7,75	8,00	8,00	8,00	8,00
2280	$q_{n(opt)}$	136	124	116	113	129	119	113	108	105	103	120	135	132	135
	$\alpha_{(opt)}$	3,50	4,00	4,50	5,00	5,25	5,75	6,25	6,75	7,25	7,75	8,00	8,00	8,00	8,00
2540	$q_{n(opt)}$	154	140	128	119	116	130	122	116	112	109	127	142	139	142
	$\alpha_{(opt)}$	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	5,75	6,25	6,75	7,25	7,75	8,00	8,00	8,00	8,00
2800	$q_{n(opt)}$	173	156	143	132	123	141	130	123	118	114	135	149	146	149
	$\alpha_{(opt)}$	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	5,75	6,25	6,75	7,25	7,75	8,00	8,00	8,00	8,00

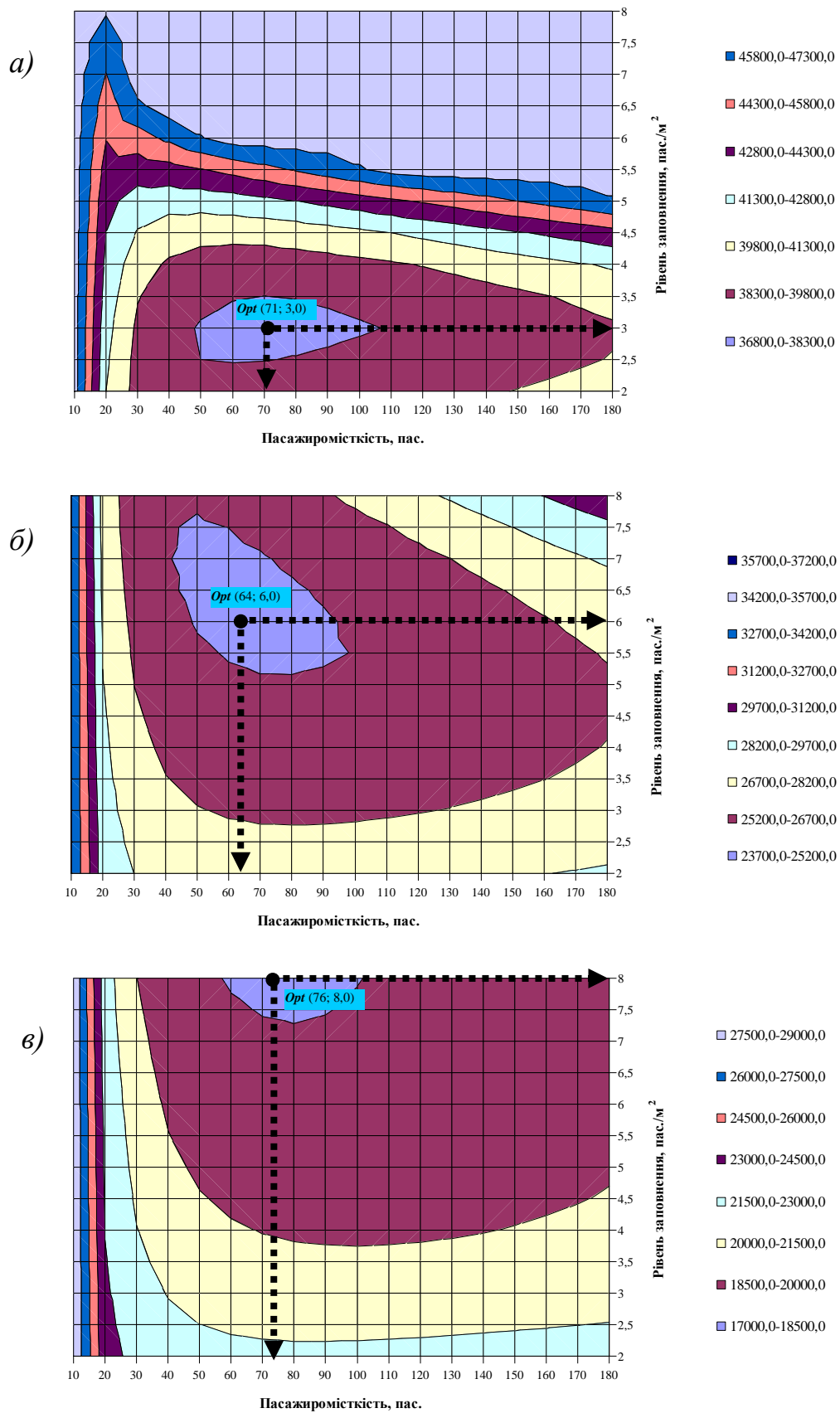


Рисунок 4.25 – Контурні діаграми зміни сукупних витрат за  $F_{\max} = 720$  пас./год та значень коефіцієнта нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту: а)  $K_{довжс} = 1,0$ ; б)  $K_{довжс} = 1,6$ ; в)  $K_{довжс} = 2,3$ .

Апроксимацію першого діапазону значень виконували з використанням лінійної функції. В результаті було отримано рівняння такого вигляду:

$$\alpha_{(opt)} = -2,244 + 5,209 \cdot K_{довж}, \quad (4.29)$$

де  $\alpha_{opt}$  – оптимальний рівень заповнення салону транспортного засобу на найбільш завантаженому перегоні маршруту, пас./м<sup>2</sup>.

$K_{довж}$  – коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту у найбільш завантаженому напрямку.

Графік рівняння регресії (4.29) представлено на рис. 4.26.

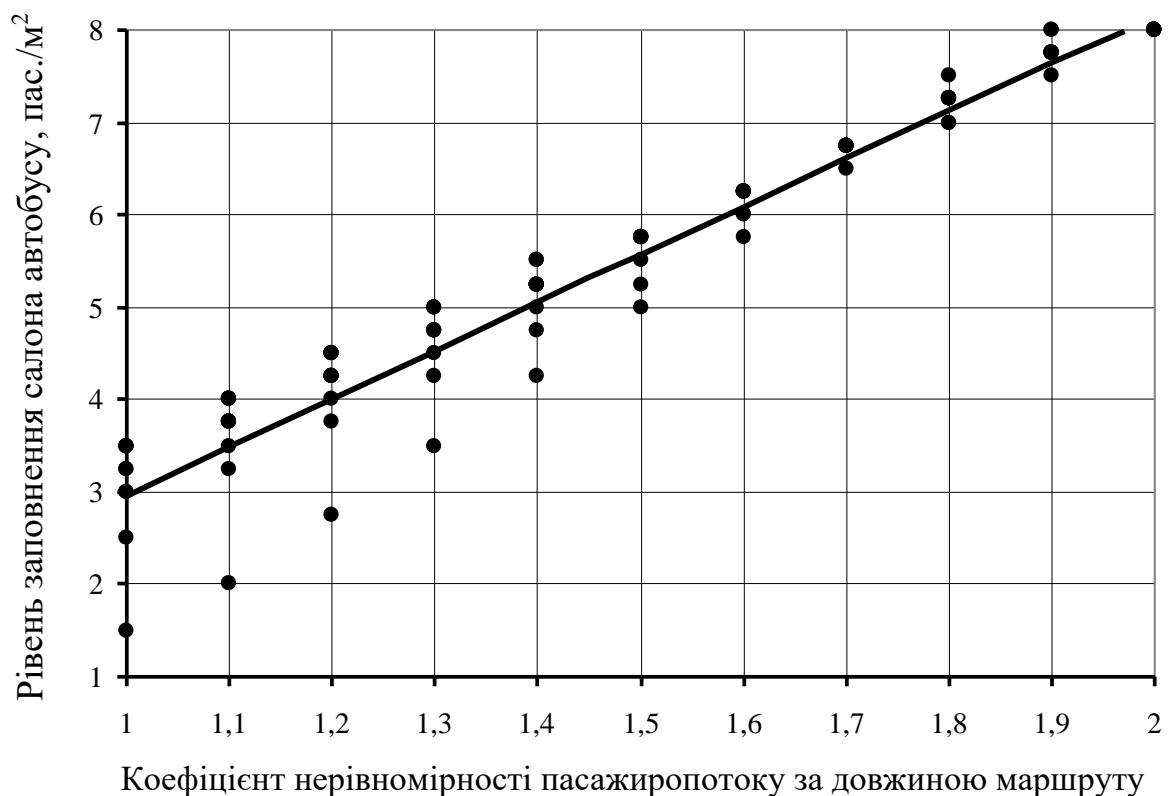


Рисунок 4.26 – Графік залежності оптимального рівня заповнення салону автобусу на найбільш завантаженому перегоні залежно від коефіцієнту нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту

Оцінка регресійної моделі (4.29) за статистичними критеріями показала, що вона є достатньо адекватною: середня помилка апроксимації складає 6,68 %, коефіцієнт кореляції становить 0,977.

Враховуючи вимоги щодо точності параметру  $\alpha_{opt}$ , раціональних рівнів коефіцієнти регресії можуть бути округлені до цілих значень. В результаті цього остаточно отримуємо:

$$\alpha_{(opt)} = \begin{cases} -2 + 5 \cdot K_{довж}, & \text{при } K_{довж} \in [1; 2) \\ 8 \text{ пас/м}^2, & \text{при } K_{довж} \in [2; 2,3] \end{cases} \quad (4.30)$$

При визначенні рівня заповнення автобусів увесь діапазон зміни коефіцієнту нерівномірності пасажиропотоку було поділено на 6 груп, що мають таку якісну та кількісну характеристики нерівномірності:

- дуже низька ( $K_{довж} \in [1,0; 1,2]$ );
- низька ( $K_{довж} \in (1,2; 1,4]$ );
- середня ( $K_{довж} \in (1,4; 1,6]$ );
- висока ( $K_{довж} \in (1,6; 1,8]$ );
- дуже висока ( $K_{довж} \in (1,8; 2,0]$ );
- виключно висока ( $K_{довж} \in (2,0; 2,3]$ ).

Для кожного з виділених діапазонів коефіцієнту нерівномірності пасажиропотоку з використанням залежності (4.8) визначали відповідний інтервал значень рівня заповнення салону транспортного засобу.

На підставі отриманих результатів було сформовано табл. 4.17.

Урахування встановлених закономірностей зміни раціонального рівня заповнення салону транспортного засобу залежно від коефіцієнту нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту дасть змогу диференційовано підійти до нормування ступеня заповнення виходячи із характеристик просторової нерівномірності пасажиропотоку.

Таблиця 4.17 - Раціональні рівні заповнення салону автобусів на міських маршрутах

Номер групи	Якісна характеристика нерівномірності пасажиропотоку	Коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту	Рекомендований рівень заповнення
I	Дуже низька	1,0 - 1,2	3 - 4 пас./м <sup>2</sup>
II	Низька	1,2 - 1,4	4 - 5 пас./м <sup>2</sup>
III	Середня	1,4 - 1,6	5 - 6 пас./м <sup>2</sup>
IV	Висока	1,6 - 1,8	6 - 7 пас./м <sup>2</sup>
V	Дуже висока	1,8 - 2,0	7 - 8 пас./м <sup>2</sup>
VI	Виключно висока	більше 2,0	8 пас./м <sup>2</sup>

Графічну інтерпретацію отриманих результатів зображено на рис. 4.27.

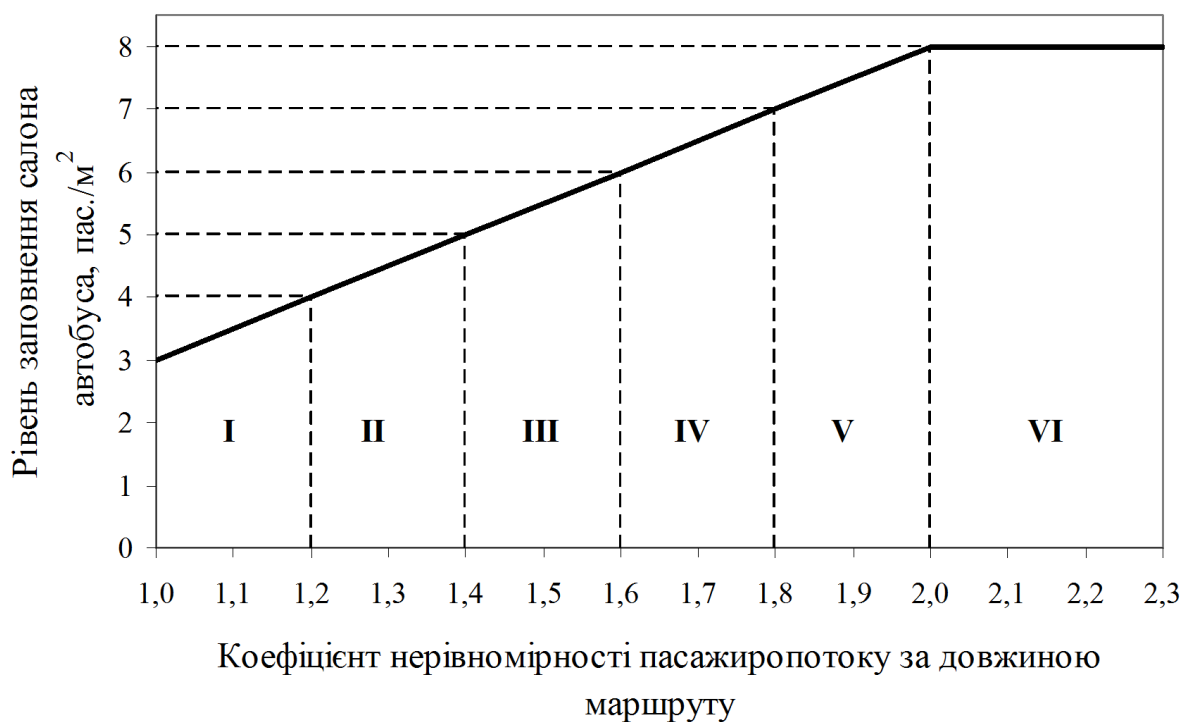


Рисунок 4.27 – Графік раціональних рівнів заповнення автобусів на міських маршрутах

## 4.2 Визначення раціональних параметрів перевезень за змінних параметрів пасажиропотоку

За умов змінного попиту на перевезення розглядається взаємозв'язок між параметрами пасажиропотоку та перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту. У цьому випадку первинною характеристикою попиту на перевезення є матриця пасажирських міжрайонних кореспонденцій. На підставі результатів мережного розрахунку визначаються шляхи реалізації кореспонденцій між усіма транспортними районами в результаті чого виконується розподіл кореспонденцій між маршрутами міського пасажирського транспорту та визначаються пасажиропотоки з визначеними параметрами на кожному маршруті.

У такому випадку, керованими змінними виступають пасажиромісткість та кількість транспортних засобів. Параметри пасажиропотоку та обсяг перевезень є змінними величинами, що визначаються цими показниками. Ступінь заповнення за певної пасажиромісткості визначається кількістю транспортних засобів.

Визначення раціональних параметрів організації перевезень за змінних параметрів пасажиропотоку виконували з використанням цільової функції (3.56) з урахуванням обмежень (3.57) – (3.61). Як керовані змінних розглядали пасажиромісткість та кількість транспортних засобів. Залежність обсягу перевезень від зазначених параметрів визначали на підставі проведення мережного розрахунку (табл. 4.18).

Результати мережного розрахунку показали, що зі зростанням кількості транспортних засобів певної пасажиромісткості відбувається відповідне збільшення обсягу перевезень. Разом з цим, таке зростання відбувається до певного рівня після чого обсяг перевезень стабілізується на певному рівні (спостерігається насичення).

Таблиця 4.18 – Зміна обсягу перевезень залежно від пасажиромісткості та кількості автобусів, що працюють на маршруті

Кількість автобусів, од.	Пасажиромісткість автобусу, пас.				
	20	45	70	100	160
4	227	411	478	616	632
6	433	672	771	844	892
8	641	876	906	926	969
10	811	920	933	933	972
12	874	950	982	980	984
14	935	972	988	988	988
16	953	979	988	988	988
18	971	988	988	988	988
20	983	988	988	988	988
22	985	988	988	988	988
23	988	988	988	988	988

Зміну обсягу перевезень за визначеної пасажиромісткості та змінної кількості автобусів було апроксимовано функцією Гомперца:

$$Q = a_1 \cdot a_2^{a_3^{A(q_n)}} \quad (4.31)$$

де  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  - коефіцієнти функції Гомперца.

Результати апроксимації дослідних даних функцією Гомперца наведено у табл. 4.19.

Графіки зміни обсягу перевезень залежно від кількості та пасажиромісткості автобусів зображено на рис. 4.28.

Таблиця 4.19 – Результати апроксимації дослідних даних функцією Гомпертца

Пасажиromісткість автобусу, пас.	Коефіцієнти функції Гомпертца			Середня помилка апроксимації, %
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	
20	988	0,00778	-0,7401	1,15
45	988	0,005293	-0,6522	1,43
70	988	0,002214	-0,5927	0,77
100	988	0,000876	-0,5353	1,51
160	988	0,00045	-0,4918	0,28

Область допустимих значень (рис. 4.29, а) формували на підставі обмежень щодо імовірності відмови пасажиром у посадці на зупинних пунктах маршруту (3.57) та рівня заповнення салону транспортного засобу (3.58).

Нижня заштрихована область характеризує неприпустимі значення керованих змінних. У наведеному прикладі мінімальна кількість автобусів пасажиромісткістю 20 пас. складає 16 од., а за  $q_n = 45$  пас. - 8 од. За пасажиромісткістю 70, 100 та 160 пас. граничні значення кількості транспортних засобів визначаються за умовою (3.59).

Визначення оптимальної пасажиромісткості та кількості транспортних засобів за змінних параметрах пасажиропотоку наведено на рис. 4.28. У розглянутому прикладі максимальний прибуток перевізника забезпечить застосування автобусів пасажиромісткістю 45 пас. кількістю 10 од. (рис. 4.29, б). Разом з цим слід зазначити, що зміна обсягів перевезень на певному маршруті зумовлена низкою специфічних особливостей, зокрема параметрами попиту мешканців на послуги маршрутного пасажирського транспорту, трасою проходження маршруту у плані міста, розгалуженістю маршрутної мережі, містобудівними характеристиками, наявністю маршрутів-конкурентів та параметрами їх роботи тощо.



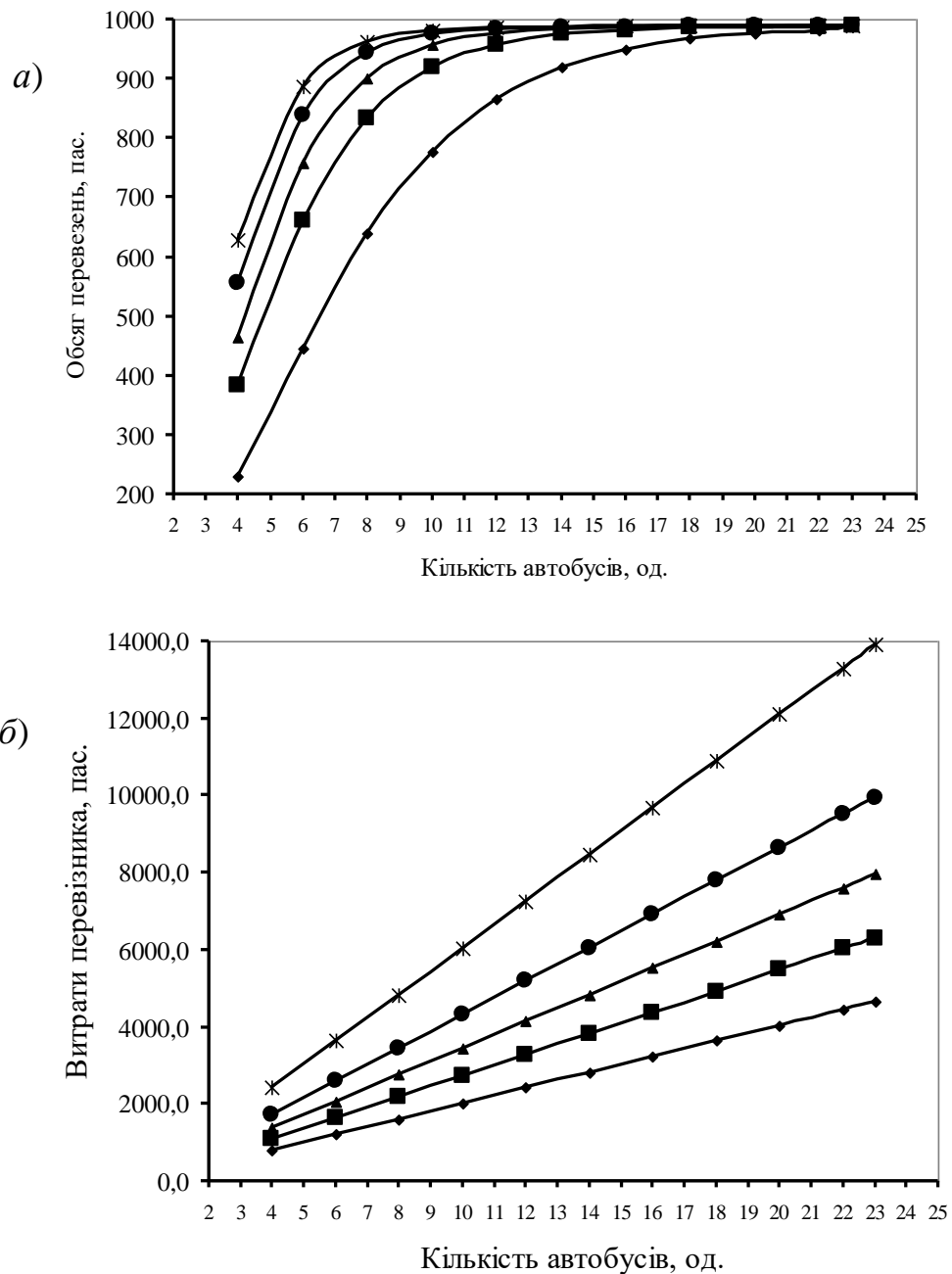


Рисунок 4.28 – Графіки зміни обсягу перевезень (а) та витрат перевізника (б) залежно від кількості та пасажиромісткості автобусів:

- ◆ -  $q_n=20$  пас.; ■ -  $q_n=45$  пас.; ▲ -  $q_n=70$  пас.;
- -  $q_n=100$  пас.; ✕ -  $q_n=160$  пас.

Це стримує можливість розроблення типових рекомендацій щодо вибору раціональних параметрів перевізного процесу та свідчить на користь проведення оптимізаційної розрахункової процедури у кожному конкретному випадку виходячи з параметрів попиту та характеристик маршрутної мережі.

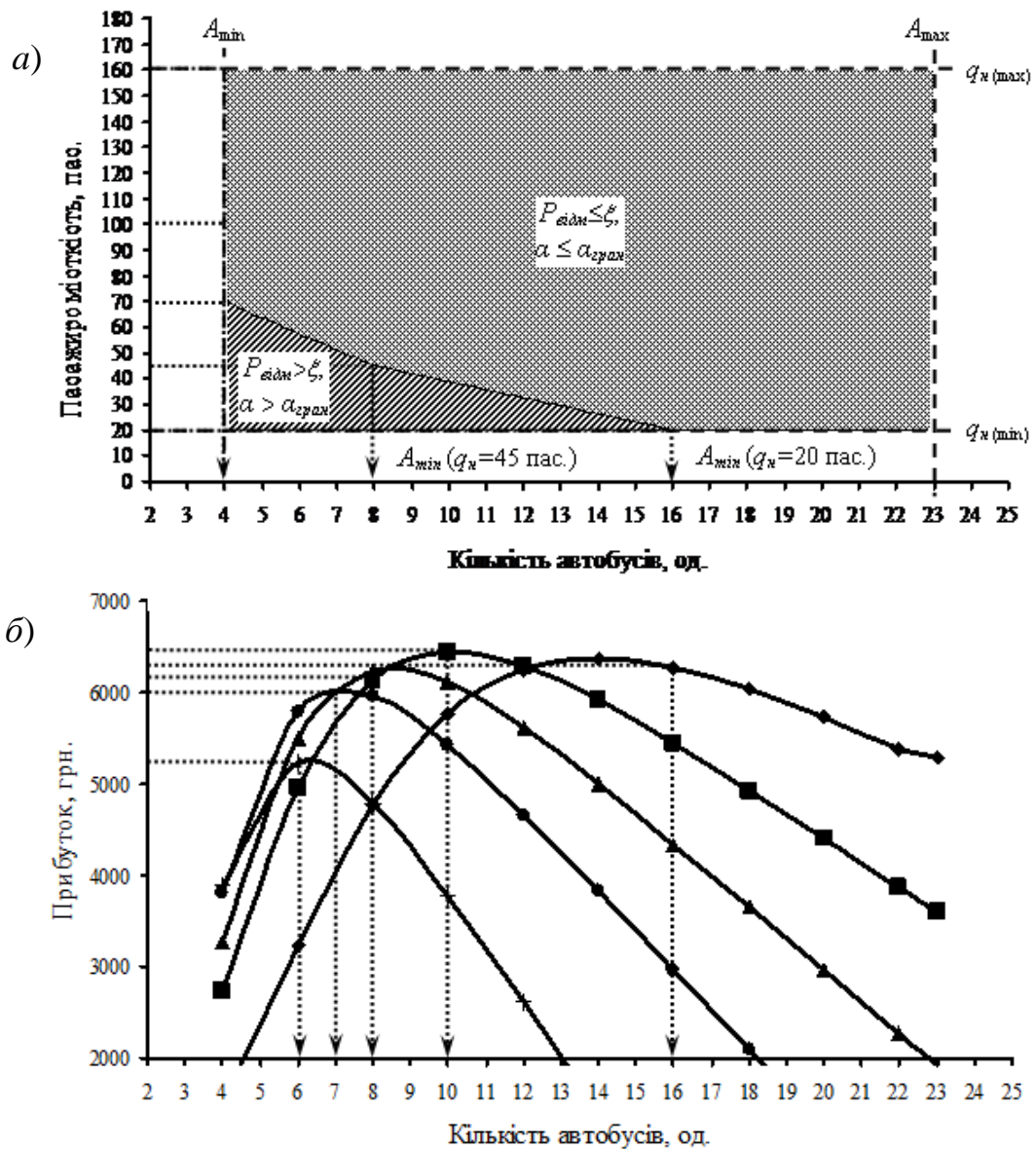


Рисунок 4.29 – Визначення оптимальної пасажиромісткості та кількості транспортних засобів за змінних параметрах пасажиропотоку:

а) область допустимих рішень; б) графіки зміни прибутку перевізника;

◆ -  $q_n=20$  пас.; ■ -  $q_n=45$  пас.; ▲ -  $q_n=70$  пас.;

● -  $q_n=100$  пас.; + -  $q_n=160$  пас.

### 4.3 Висновки до розділу

1. Встановлено, що довжина маршруту є вагомим фактором, що зумовлює раціональні сфери використання автобусів різного класу

пасажиromісткості. Зі зростанням довжини маршруту відбувається зміна діапазонів пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту раціонального використання автобусів малого, середнього та великого класів місткості у бік зменшення. У той же час розширюється діапазон використання автобусів особливо великого класу місткості. За зміни довжини маршруту від 3 до 20 км діапазони пасажиропотоку раціонального використання автобусів за класами місткості варіюються в інтервалі: особливо малий – від 45 до 74 пас./год; малий – від 75 до 599 пас./год; середній – від 249 до 1564 пас./год; великий – від 692 до 2734 пас./год; особливо великий – від 1529 до 5400 пас./год.

2. Виявлено закономірності змінювання раціонального рівня заповнення транспортних засобів міського пасажирського транспорту залежно від значення коефіцієнта нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту у найбільш завантаженому напрямку руху. Виокремлено такі раціональні рівні заповнення автобусів: за величини коефіцієнта нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту від 1,0 до 1,2 доцільно організовувати перевізний процес із рівнем заповнення на найбільш завантаженому перегоні маршруту 3–4 пас./м<sup>2</sup>; від 1,2 до 1,4 – рівень заповнення 4–5 пас./м<sup>2</sup>; від 1,4 до 1,6 – рівень заповнення 5–6 пас./м<sup>2</sup>; від 1,6 до 1,8 – рівень заповнення 6–7 пас./м<sup>2</sup>; від 1,8 до 2,0 – рівень заповнення 7–8 пас./м<sup>2</sup>; більше 2,0 – рівень заповнення 8 пас./м<sup>2</sup>.

3. На підставі проведення мережного розрахунку з використанням запропонованої моделі формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту було встановлено, що обсяг перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов варіювання кількості транспортних засобів певної пасажиромісткості змінюється за функцією Гомперца. Разом із цим зміна обсягів перевезень на певному маршруті зумовлена низкою специфічних особливостей, зокрема параметрами попиту мешканців на послуги маршрутного пасажирського транспорту, трасою проходження маршруту у плані міста, розгалуженістю

маршрутної мережі, містобудівними характеристиками, наявністю маршрутів-конкурентів та параметрами їхньої роботи тощо. Це стримує можливість розроблення типових рекомендацій щодо вибору раціональних параметрів перевізного процесу та свідчить на користь проведення оптимізаційної розрахункової процедури у кожному конкретному випадку, виходячи з параметрів попиту мешканців міста на послуги маршрутного пасажирського транспорту та характеристик маршрутної системи.

Основні результати дослідження за розділом опубліковані у працях [10, 12, 25, 26, 32, 38, 39, 44, 45, 46].

## ВИСНОВКИ

1. Аналіз методів організації перевезень у маршрутній системі міського пасажирського транспорту показав, що вони недостатньо повно враховують взаємозв'язок між параметрами процесу перевезень та пасажиропотоку. Змінювання технології перевезень на окремому маршруті позначається на зміні попиту на користування цим маршрутом та спричиняє перерозподіл пасажиропотоків у маршрутній системі загалом.

2. Встановлено, що взаємозв'язок між показниками рівня заповнення салону пасажирських транспортних засобів визначається питомою вагою кількості місць для проїзду пасажирів сидячі у номінальній пасажиромісткості транспортних засобів.

3. Виявлено діапазони зміни пасажиропотоку можливого застосування автобусів різного класу пасажиромісткості за маршрутних інтервалів, що знаходяться у межах від 2 до 12 хв., залежно від рівня заповнення салону транспортного засобу. Автобуси особливо малого класу пасажиромісткості слід використовувати за потужності пасажиропотоку від 45 до 74 пас./год. Діапазон, за якого варто використовувати винятково автобуси особливо великого класу місткості, залежить від обмежень на рівень заповнення салону транспортного засобу. За організації перевезень автобусами цього класу місткості за рівня заповнення 8 пас./м<sup>2</sup> може бути засвоєно пасажиропотік від 3451 до 5400 пас./год; за 5 пас./м<sup>2</sup> – від 2476 до 3741 пас./год; за 3 пас./м<sup>2</sup> – від 1825 до 2634 пас./год. Автобуси різного класу пасажиромісткості можуть бути застосовані за таких діапазонів зміни пасажиропотоку: за 8 пас./м<sup>2</sup> – від 75 до 3450 пас./год; за 5 пас./м<sup>2</sup> – від 75 до 2475 пас./год; за 3 пас./м<sup>2</sup> – від 75 до 1824 пас./год.

4. Сформований метод організації міських пасажирських перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов сталих параметрів пасажиропотоку передбачає мінімізацію сукупних витрат

перевізника та пасажирів. Його застосування дає змогу ухвалювати рішення щодо підвищення рівня транспортного обслуговування пасажирів та ефективності використання транспортних засобів з урахуванням транспортної стомлюваності пасажирів і характеристик просторової нерівномірності пасажиропотоків на маршруті.

5. Моделювання вибору пасажирями шляху пересування доцільно проводити на підставі сформованого інтегрального критерію оцінки характеристик альтернативних шляхів пересування, що враховує витрати часу пасажирів, рівень їхньої транспортної стомлюваності та величину плати за проїзд під час користування маршрутним пасажирським транспортом.

6. Розроблена ітеративна процедура перерозподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування враховує формалізований взаємозв'язок між величиною пасажиропотоку та змінними параметрами пересування. Її доцільно застосовувати під час моделювання процесу формування пасажиропотоків у розвинених маршрутних системах із високим рівнем попиту пасажирів.

7. Удосконалену модель змінювання імовірності відмови в посадці на маршрутах міського пасажирського транспорту можливо використовувати для проведення мережного розрахунку пасажиропотоків. Відповідно до мережної постановки завдання визначення імовірності відмови пасажирів у посадці, інтенсивність підходу пасажирів до зупинного пункту розглядається як змінна величина та визначається на підставі моделювання процесу вибору пасажирями шляху пересування у маршрутній системі міського пасажирського транспорту.

8. Розроблена модель формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту враховує перерозподіл пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування виходячи з імовірності відмови пасажирів у посадці на зупинних пунктах маршрутів та рівня транспортної стомлюваності пасажирів під час пересування певним шляхом. Використання запропонованої моделі

дає змогу оцінити зміну попиту на транспортну послугу залежно від умов пересування пасажирів.

9. Сформований метод організації міських пасажирських перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов змінних параметрів пасажиропотоку передбачає застосування як критерію оптимізації прибутку перевізника за умов дотримання прийняттого рівня обслуговування пасажирів. Він враховує взаємозв'язок між параметрами організації перевезень на маршруті та величиною попиту на їхнє використання. Застосування методу дає змогу обирати таку пасажиромісткість та потрібну кількість транспортних засобів, що забезпечують прийнятні маршрутні інтервали та рівень заповнення їхнього салону з урахуванням дотримання інтересів перевізника та пасажирів.

10. Встановлено, що довжина маршруту є вагомим фактором, що зумовлює раціональні сфери використання автобусів різного класу пасажиромісткості. Зі зростанням довжини маршруту відбувається зміна діапазонів пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту раціонального використання автобусів малого, середнього та великого класів місткості у бік зменшення. У той же час розширюється діапазон використання автобусів особливо великого класу місткості. За зміни довжини маршруту від 3 до 20 км діапазони пасажиропотоку раціонального використання автобусів за класами місткості варіюються в інтервалі: особливо малий – від 45 до 74 пас./год; малий – від 75 до 599 пас./год; середній – від 249 до 1564 пас./год; великий – від 692 до 2734 пас./год; особливо великий – від 1529 до 5400 пас./год.

11. Виявлено закономірності змінювання раціонального рівня заповнення транспортних засобів міського пасажирського транспорту залежно від значення коефіцієнта нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту у найбільш завантаженому напрямку руху. Виокремлено такі раціональні рівні заповнення автобусів: за величини коефіцієнта нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту від 1,0

до 1,2 доцільно організовувати перевізний процес із рівнем заповнення на найбільш завантаженому перегоні маршруту 3–4 пас./м<sup>2</sup>; від 1,2 до 1,4 – рівень заповнення 4–5 пас./м<sup>2</sup>; від 1,4 до 1,6 – рівень заповнення 5–6 пас./м<sup>2</sup>; від 1,6 до 1,8 – рівень заповнення 6–7 пас./м<sup>2</sup>; від 1,8 до 2,0 – рівень заповнення 7–8 пас./м<sup>2</sup>; більше 2,0 – рівень заповнення 8 пас./м<sup>2</sup>.

12. Основні результати дисертаційної роботи було впроваджено у виробничій діяльності КП «Міськелектротранссервіс» та ТОВ «Експрес». Використання запропонованих у роботі методів, моделей та практичних рекомендацій дало змогу скорегувати техніко-експлуатаційні показники використання транспортних засобів та дозволило підвищити ефективність роботи маршрутів завдяки забезпечення більшого рівня привабливості транспортних послуг для пасажирів.

13. Можливим напрямком подальших досліджень є застосування запропонованих у роботі підходів, методів та моделей для вирішення завдання проектування маршрутної системи міського пасажирського транспорту.



## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Вибір пасажирями шляху пересування у містах: монографія. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 164 с.
2. Понкратов Д. П., Доля В. К. Модель формування пасажиропотоків у маршрутній системі міста. *Застосування моделей і методів ергономіки і логістики в транспортних системах*: монографія. Харків: Лідер, 2016. С. 199–207.
3. Понкратов Д. П., Доля В. К. Закономірності формування пасажиропотоків у маршрутній системі міста. *Фактор людини у розвитку транспортних систем*: монографія. Харків: Лідер, 2017. С. 134–141.
4. Понкратов Д. П., Ільченко Б. С. Аналіз методів моделювання транспортних процесів на маршрутах міського пасажирського транспорту. *Сучасна проблематика функціонування транспортних та логістичних систем*: монографія. Харків: Лідер, 2018. С. 155–166.
5. Понкратов Д. П., Вакуленко К. Є. Щодо оцінки конкурентноздатності автотранспортних маршрутів міського пасажирського транспорту. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2010. № 2. С. 20–23.
6. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Оцінка значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування у містах. *Наукові нотатки. Міжвузівський збірник*. Луцьк, 2014. Вип. 46. С. 452–459.
7. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Закономірності розподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування у містах. *Зб. наук. пр. Української державної академії залізничного транспорту*. Харків, 2014. Вип. 148, ч. 1. С. 197–205.

8. Ponkratov D., Dolya V., Lobashov O., Ivanov I. et al. Traffic streams and anti-congestions activities in city networks. *International journal of automation, control and intelligent systems*. 2015. Vol. 1, № 2. P. 21–26.

9. Понкратов Д. П. Особливості моделювання пасажиропотоків у містах. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. Сєвєродонецьк, 2016. № 1(225). С. 175–179.

10. Понкратов Д. П. Формування попиту на транспортні послуги з перевезення пасажирів на міських маршрутах. *Наукові нотатки. Міжвузівський збірник*. Луцьк, 2016. Вип. 55. С. 305–309.

11. Понкратов Д. П., Доля В. К. Цільова функція вибору пасажиромісткості транспортних засобів на міських маршрутах. *Зб. наук. пр. Української державної університету залізничного транспорту*. Харків, 2016. № 161. С. 44–52.

12. Понкратов Д. П., Давідіч Н. В. Раціональні сфери використання автобусів різного класу пасажиромісткості. *Автомобильный транспорт*. Харків, 2018. Вип. 43. С. 71–77.

13. Понкратов Д. П., Давідіч Н. В., Куш Є. І., Рославцев Д. М. та ін. Порівняльний аналіз показників рівня заповнення міських пасажирських транспортних засобів. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2019. Т. 6. № 152. С. 196–203.

14. Понкратов Д. П. Формалізація взаємозв'язку між показниками рівня заповнення міських пасажирських транспортних засобів. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2020. Т. 6. № 152. С. 196–203.

15. Понкратов Д. П., Давидич Ю. А. Определение маршрута подачи таксомотора заказчика в условиях функционирования автоматизированной системы управления. *Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта*. Днепропетровск, 2008. № 25. С. 142–145.

16. Понкратов Д. П., Давидич Ю. А., Шпачук В. П. К вопросу выбора населением способа передвижения между индивидуальным и городским

массовым пассажирским транспортом. *Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту*. Донецьк, 2009. № 1. С. 82–86.

17. Понкратов Д. П., Давидич Ю. А., Куш Е. И., Вакуленко Е. Е. и др. Определение факторов, влияющих на выбор пассажирами вида городского транспорта. *Коммунальное хозяйство городов*. Харьков, 2009. Вып. 86. С. 344–349.

18. Давідич Ю. О., Понкратов Д. П., Куш Є. І., Калюжний М. В. Оцінка тривалості простою транспортних засобів на проміжних зупинках. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2012. № 105. С. 390–394.

19. Давідич Ю. О., Назаренко Л. А., Понкратов Д. П., Куш Є. І. Ергономічні напрямки підвищення безпеки руху на маршрутах міського пасажирського транспорту. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2013. № 107. С. 439–444.

20. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І., Піпія А. Т. Вибір пасажиромісткості транспортних засобів для роботи на міських маршрутах. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2014. Вип. 116. С. 93–96.

21. Понкратов Д. П., Доля В. К. Методика розрахунку імовірності відмови пасажиру в посадці у мережній постановці. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2016. № 130. С. 81–85.

22. Понкратов Д. П., Давідич Ю. О., Фалецька Г. І., Несміян Я. Ю. Оцінка регулярності руху транспортних засобів на маршрутах міського пасажирського транспорту. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2017. № 134. С. 84–89.

23. Понкратов Д. П., Доля К. В. Система обмежень на параметри перевезень пасажирів громадським транспортом. *Вісник національного університету «Львівська політехніка»*: зб. наук. пр. Серія: Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. Львів, 2017. № 866. С. 216–220.

24. Понкратов Д. П. Діапазони пасажиропотоку виняткового та альтернативного застосування автобусів різного класу пасажиромісткості. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2018. № 144. С. 24–31.

25. Понкратов Д. П. Діапазони пасажиропотоку раціонального використання автобусів певного класу пасажиромісткості на міських маршрутах різної протяжності. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2018. Вип. 7 (146). С. 46–54.

26. Понкратов Д. П., Давідіч Н. В. Диференційовані рекомендації щодо нормування рівня заповнення салону автобусів при здійсненні міських пасажирських перевезень. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2019. № 1 (147). С. 46–53.

27. Понкратов Д. П., Куш Є. І. Щодо питання підвищення ефективності функціонування міської транспортної системи. *Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов: тезисы докладов 35-й науч.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНАГХ (г. Харьков, 21–23 апреля 2010 г.)*. Харьков, 2010. Ч. 2. С. 51–52. (очна)

28. Понкратов Д. П., Курдюмов В. С. К вопросу выбора пассажирами способа передвижения в городах. *Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов: тезисы докладов 35-й науч.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНАГХ (г. Харьков, 21–23 апреля 2010 г.)* Харьков, 2010. Ч. 2. С. 52–53. (очна)

29. Понкратов Д. П. Распределение корреспонденций между индивидуальным транспортом и общественным пассажирским транспортом в городах. *Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов: сб. науч. тр. ежегодн. междунар. науч.-практ. конф. (г. Минск, 27–29 октября 2010 г.)*. Минск, 2011. С. 168–169. (заочна)

30. Понкратов Д. П. Напрямки підвищення ефективності функціонування міської транспортної системи. *Транспортные проблемы крупнейших городов: материалы междунар. науч.-практ. конф. (г. Харьков, 12–16 марта 2012 г.)*. Харьков, 2012. С. 85, 86. (очна)

31. Понкратов Д. П. Взаємозв'язок між рівнем автомобілізації населення та параметрами транспортних потоків. *Городской электротранспорт,*

*электроснабжение и освещение городов: тезисы докладов 36-й науч.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНАГХ (г. Харьков, 24–26 апреля 2012 г.).* Харьков, 2012. Ч. 2. С. 79. (очна)

32. Понкратов Д. П. До питання формування системи міського маршрутного пасажирського транспорту. *Регіональний розвиток – основа розбудови української держави: матеріали II міжнар. наук.-практ. конф. Секція 5. Проблеми соціально-економічного розвитку регіонів, інфраструктурне забезпечення їх комплексного розвитку на державному та регіональному рівнях (м. Донецьк, 9–10 квітня 2013 р.).* Донецьк, 2013. С. 109, 110. (очна)

33. Понкратов Д. П. К вопросу распределения пассажиропотоков в маршрутной системе городского пассажирского транспорта. *Логистика – Евразийский мост: материалы VIII междунар. науч.-практ. конф. (г. Красноярск, 16–18 мая 2013 г.).* Красноярск, 2013. С. 367–372. (заочна)

34. Понкратов Д. П. До питання формування пасажирських потоків на маршрутній мережі міського пасажирського транспорту. *Городское строительство, электроснабжение городов, транспорт: материалы 37-й науч.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНУГХ (г. Харьков, 23–25 апреля 2014 г.).* Харьков, 2014. С. 112–114. (очна)

35. Понкратов Д. П. Распределение пассажирских корреспонденций между альтернативными вариантами пути передвижения в городах. *Инновационное лидерство строительной и транспортной отрасли глазами молодых ученых: сб. науч. тр. молодых ученых по материалам междунар. науч.-практ. конф. (г. Омск, 3–6 февраля 2014 г.).* Омск, 2014. С. 152–156. (заочна)

36. Понкратов Д. П. Характеристики альтернативных вариантов пути передвижения пассажиров в городах. *Инновационные системы планирования и управления на транспорте и в машиностроении: сб. тр. II междунар. науч.-практ. конф. (г. Санкт-Петербург, 16–17 апреля 2014 г.).* Санкт-Петербург, 2014. Т. 1. С. 105–109. (заочна)

37. Понкратов Д. П., Г. І. Фалецька. До питання розподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними шляхами пересування. *Нові технології, обладнання, матеріали в будівництві і на транспорті: матеріали міжнар. наук.-техн. конф.* (м. Харків, 26–28 листопада 2014 р.). Харків, 2014. С. 80–82. (очна)

38. Понкратов Д. П. Проблемні аспекти моделювання пасажиропотоків у містах. *Міські і регіональні транспортні проблеми: матеріали міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Харків, 17–19 листопада 2015 р.). Харків, 2015. С. 15. (очна)

39. Понкратов Д. П. До питання взаємозв'язку між характеристиками альтернативних варіантів і величиною попиту на їх використання. *Інновації інфраструктури транспортно-логістичних систем. Проблеми, досвід, перспективи: зб. тез між нар. наук.-практ. конф.* (м. Трускавець, 11–17 квітня 2016 р.). Трускавець – Сєверодонецьк, 2016. С. 146–148. (очна)

40. Понкратов Д. П. До питання аналізу зміни продуктивності транспортних засобів на маршрутах міського пасажирського транспорту. *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT–2016): зб. матеріалів VIII міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Херсон, 24–26 травня 2016 р.). Херсон, 2016. С. 31–33. (очна)

41. Понкратов Д., Доля К. До питання формування системи обмежень на параметри перевезень пасажирів громадським транспортом. *Проблеми з транспортними потоками і напрямки їх розв'язання: тези доповідей II Всеукр. наук.-теоретич. конф.* (м. Львів, 16–18 березня 2017 р.). Львів, 2017. С. 19, 20. (заочна)

42. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Підвищення рівня обслуговування населення міським маршрутним пасажирським транспортом як засіб стримування рівня автомобілізації. *Сталий розвиток міст (містобудівний аспект): матеріали міжнар. наук.-практ. конф.* (Харків, 23–24 листопада 2017 р.). Харків, 2017. С. 200–202. (очна)

43. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. До питання вибору транспортних засобів для міських пасажирських перевезень. *Технології та інфраструктура транспорту*: тези доповідей міжнар. наук.-техн. конф. (м. Харків, 14 – 16 травня 2018 р.). Харків, 2018. Ч 1. С. 218–220. (очна)

44. Понкратов Д. П. До питання визначення раціональних сфер застосування автобусів різного класу пасажиромісткості. *Перспективні напрями розвитку регіональних транспортних та логістичних систем*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 22–23 травня 2018 р.). Харків, 2018. С. 84–88. (очна)

45. Понкратов Д. П., Давідіч Н. В. Фактори вибору пасажиромісткості автобусу на міських маршрутах. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*: матеріали VI міжнар. наук.-техн. інтернет-конф. (м. Харків, 19–20 листопада 2018 р.). Харків, 2018. С. 84–86. (дистанційна)

46. Понкратов Д. Особливості організації перевезень пасажирів за змінних параметрів пасажиропотоків. *Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв'язання*: тези доповідей III Всеукр. наук.-теоретич. конф. (м. Львів, 28–30 березня 2019 р.). Львів, 2019. С. 24. (заочна)

47. Понкратов Д. П., Давидич Ю. А., Куш Е. И., Матренина Д. С. Формирование целевой функции определения рациональной длины перегона маршрута городского пассажирского транспорта. *Коммунальное хозяйство городов*. Харьков, 2009. № 86. С. 368–372.

48. Понкратов Д. П., Давідіч Ю. О., Ольхова М. В., Соломатіна К. В. Дослідження розподілу видів вантажів між автомобільним і залізничним видами транспорту. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. Харків, 2011. Т. 1. № 2. С. 75–79.

49. Понкратов Д. П., Давідіч Ю. О., Куш Є. І. Ергономічне забезпечення транспортних процесів: навч. посібник. Харків: ХНАМГ, 2011. 392 с.

50. Понкратов Д. П. Фактори, що впливають на формування пасажиропотоків у маршрутній системі міста. *Ергономічне і логістичне*

*забезпечення транспортних систем*: монографія. Харків: Лідер, 2014. С. 100–110.

51. Понкратов Д. П. Методи моделювання процесу формування пасажиропотоків у маршрутній системі міста. *Ергономічні і логістичні аспекти в транспортних системах*: монографія. Харків: Лідер, 2015. С. 120–129.

52. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Модель вибору пасажирями шляху пересування. *Застосування моделей і методів ергономіки і логістики в транспортних системах*: монографія. Харків: Лідер, 2016. С. 208–219.

53. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Закономірності вибору пасажирями шляху пересування. *Фактор людини у розвитку транспортних систем*: монографія. Харків: Лідер, 2017. С. 142–147.

54. Броддус А., Літман Т., Менон Г. Управління попитом на транспортні послуги: інструкція. Ешборн: GTZ, 2009. 136 с.

55. Ефремов И. С., Кобозев В. М., Юдин В. А. Теория городских пассажирских перевозок: учеб. пособие для вузов. М.: Высш. школа, 1980. 535 с.

56. Горем Р. Індукований попит на транспортні послуги: розвінчання міфів: Технічний документ про сталий міський транспорт № 1. Ешборн: GTZ, 2009. 26 с.

57. Гейл Я. Города для людей. М.: Альпина Паблишер, 2012. 276 с.

58. Полищук В. П. Современное состояние транспортных систем городов Украины. *Коммунальное хозяйство городов*. Харьков, 2012. Вып. 103. С. 339–343.

59. Сафронов Э. А. Транспортные системы городов и регионов. М.: АСВ, 2005. 272 с.

60. Доля В. К., Лобашов О. О., Прасоленко О. В. Моделювання впливу рівня автомобілізації на ефективність функціонування транспортної мережі. *Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта*. Донецьк, 2010. №. 3. С. 19-23.



61. Брайловский Н. О., Грановский Б. И. Моделирование транспортных систем. М.: Транспорт, 1978. 125 с.
62. Вучик В. Транспорт в городах, удобных для жизни. М.: Территория будущего, 2011. 576 с.
63. Юдин В. А., Самойлов Д. С. Городской транспорт. М.: Стройиздат, 1975. 287 с.
64. Любарский Р. Э. Проектирование городских транспортных систем. К.: Будівельник, 1984. 96 с.
65. Логистика: общественный пассажирский транспорт: учеб. для студентов экономических вузов / Л. Б. Миротин и др.; Под общ. ред. Л. Б. Миротина. М. : Экзамен, 2003. 224 с.
66. Горев А. Э., Беттгер К., Прохоров А. В., Гизатуллин Р. Р. Основы транспортного моделирования: Практическое пособие (серия «Библиотека транспортного инженера»). СПб.: ООО «Издательско-полиграфическая компания «КОСТА», 2015. 168 с.
67. Самойлов Д. С., Дубровин Е. Н., Науменко В. С., Галонен Ю. М. Городской скоростной пассажирский транспорт. Учебное пособие для вузов. М.: Высш. школа, 1975. 231 с.
68. Спирин И. В. Перевозка пассажиров городским транспортом: справочное пособие. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. 413 с.
69. Пассажирские автомобильные перевозки / Л. Л. Афанасьев, А. И. Воркут, А. Б. Дьяков, Л. Б. Миротин, Н. Б. Островский и др. М.: Транспорт, 1986. 220 с.
70. Скачков А. И., Холин Н. А. Тенденции развития городского общественного транспорта и городского дорожного движения. *Научные труды академии коммунального хозяйства имени К. Д. Памфилова*. 1977. Вып. 140. С. 3–11.
71. Schlossberg M., Brown N. Comparing transit-oriented development sites by walkability indicators. *Transportation research record*. 2004. Vol. 1887. № 1. P. 34-42.

72. Papa E., Bertolini L. Accessibility and transit-oriented development in European metropolitan areas. *Journal of Transport Geography*. 2015. Vol. 47. P. 70-83.
73. Ibraeva A. et al. Transit-oriented development: A review of research achievements and challenges. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2020. Vol. 132. P. 110-130.
74. Штанов В. Ф., Поберезкин Г. А., Ищенко Г. А., Чумаченко А. И. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом. Киев: Техника, 1988. 94 с.
75. Антошвили М. Е., Либерман С. Ю., Спирин И. В. Оптимизация городских автобусных перевозок. М.: Транспорт, 1985. 102 с.
76. Спирин И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками. М.: Издательский центр «Академия». 2010. 400 с.
77. Доля В. К. Пасажирські перевезення: підручник. Харків: Форт, 2010. 504 с.
78. Вакуленко К. Є. Вибір автотранспортного засобу на маршрутах міського пасажирського транспорту: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.22.01. Харків, 2009. 23 с.
79. Доля В. К. Методы организации перевозок пассажиров в городах. Харьков: Основа, 1992. 144 с.
80. Куниця О. А., Чернявська Д. Г., Савіна Н. В. Критерії вибору раціонального типу автобуса для пасажирських перевезень. *Вісті Автомобільно-дорожнього інституту*. Горлівка, 2011. № 2 (13) С. 31–34.
81. Lee Y. J., Vuchic V. R. Transit network design with variable demand. *Journal of Transportation Engineering*. 2005. № 131 (1). P. 1–10.
82. Авуа А. Дж., Очеретенко С. В. Учет влияния функционального состояния пассажира при выборе им маршрута следования. *Коммунальное хозяйство городов*. Харьков, 2014. № 118. С. 82–85.

83. Афанасьев Л. Л., Цукерберг С. М. Автомобильные перевозки / Л. Л. Афанасьев. М.: Транспорт, 1973. 320 с.
84. Cats O., Glück S. Frequency and vehicle capacity determination using a dynamic transit assignment model. *Transportation Research Record*. 2019. Vol. 2673. № 3. P. 574–585.
85. Ceder A. Public transit planning and operation: theory, modeling and practice. Oxford: Elsevier, 2007. 626 p.
86. Furth P. G., Wilson N. H. M. Setting frequencies on bus routes: Theory and practice. *Transportation Research Record*. 1981. Vol. 818. №. 1981. P. 1–7.
87. Kroes E., Kouwenhoven M., Debrincat L., Pauget N. Value of crowding on public transport in île-de-France. *Transportation Research Record*. 2014. Vol. 2417. № 1. P. 37–45.
88. Cats O., West J., Eliasson J. A dynamic stochastic model for evaluating congestion and crowding effects in transit systems. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2016. Vol. 89. P. 43–57.
89. Whelan G., Crockett J. An investigation of the willingness to pay to reduce rail overcrowding. *Proceedings of the first International Conference on Choice Modelling*. Harrogate, 2009. P. 1–16.
90. Baaj M. H., Mahmassani H. S. An AI-based approach for transit route system planning and design. *Journal of advanced transportation*. 1991. Vol. 25. № 2. P. 187–209.
91. Фадеев А. И., Фомин Е. В., Алхуссейни С. Определение предельно допустимого коэффициента использования вместимости городского пассажирского транспорта. *Вестник СибАДИ*. Омск, 2019. Т. 16. № 3. С. 290–301.
92. Hörcher D., Graham D. J., Anderson R. J. The economics of seat provision in public transport. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2018. № 109. P. 277–292.

93. Basso L. J., Guevara C. A., Gschwender A., Fuster M. Congestion pricing, transit subsidies and dedicated bus lanes: Efficient and practical solutions to congestion. *Transport Policy*. 2011. Vol. 18. № 5. P. 676–684.
94. Gallo M., D'Acerno L., Montella B. A multimodal approach to bus frequency design. *WIT Transactions on the Built Environment*. 2011. № 116. P. 193–204.
95. Lee K. K. T., Kuo S. H. F., Schonfeld P. M. Optimal mixed bus fleet for urban operations. *Transportation Research Record*. 1995. Vol. 1503. P. 39–48.
96. Rietveld P., Dekkers J., Van Woudenberg S. Choice of frequency and vehicle size in rail transport. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*. 2002. Vol. 2. № 2/3. P. 95–111.
97. 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.
98. Ruisanchez F., dell'Olio L., Ibeas A. Design of a tabu search algorithm for assigning optimal bus sizes and frequencies in urban transport services. *Journal of Advanced Transportation*. 2012. Vol. 46. № 4. P. 366–377.
99. Börjesson M., Fung C. M., Proost S. Optimal prices and frequencies for buses in Stockholm. *Economics of Transportation*. 2017. Vol. 9. P. 20–36.
100. Herbon A., Hadas Y. Determining optimal frequency and vehicle capacity for public transit routes: A generalized newsvendor model. *Transportation research part B: methodological*. 2015. Vol. 71. P. 85–99.
101. Nikolić M., Teodorović D. A simultaneous transit network design and frequency setting: Computing with bees. *Expert Systems with Applications*. 2014. Vol. 41. № 16. P. 7200–7209.
102. Buba A. T., Lee L. S. A differential evolution for simultaneous transit network design and frequency setting problem. *Expert Systems with Applications*. 2018. Vol. 106. P. 277–289.

103. Ceder A. Bus frequency determination using passenger count data. *Transportation Research Part A: General*. 1984. Vol. 18. № 5–6. P. 439–453.
104. Gholami A., Tian Z. The comparison of optimum frequency and demand based frequency for designing transit networks. *Case Studies on Transport Policy*. 2019. Vol. 7. № 4. P. 698–707.
105. Maureira G., Codina E. A model for the simultaneous selection of bus lines and frequency setting problems in the expansion of public transit systems. *Transportation Research Procedia*. 2020. Vol. 47. P. 497–504.
106. Спирин И. В. Научные основы комплексной реструктуризации городского автобусного транспорта: автореф. дис. на соискание уч. степени д-ра техн. наук: 05.22.10. М., 2007. 38 с.
107. Jiang X., Mo J., Li Y. The gradation relationship model and application of urban multimodal transit networks. *International Conference on Green Intelligent Transportation System and Safety*. Singapore, 2016. P. 367–383.
108. Федюнин Ю. П. Оценка основных факторов сфер использования различных видов транспорта / Ю. П. Федюнин, К. А. Грдличко // Научные труды академии коммунального хозяйства имени К. Д. Памфилова «Организация городского движения и перевозок пассажиров». – 1977. – Вып. 140. – С. 63-71.
109. Омаров Д. М., Прокудин Г. С., Прокудин 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.
110. Jara-Díaz S. R., Gschwender A. The effect of financial constraints on the optimal design of public transport services. *Transportation*. 2009. Vol. 36. № 1. P. 65–75.
111. Jara-Díaz S., Gschwender A. Towards a general microeconomic model for the operation of public transport. *Transport Reviews*. 2003. Vol. 23. № 4. P. 453–469.

112. dell'Olio L., Ibeas A., Ruisánchez F. Optimizing bus-size and headway in transit networks. *Transportation*. 2012. Vol. 39. № 2. P. 449–464.
113. Shih M. C., Mahmassani H. S. Vehicle sizing model for bus transit networks. *Transportation Research Record*. 1994. № 1452. P. 35–41.
114. Kim M., Schonfeld P. Conventional, flexible, and variable-type bus services. *Journal of Transportation Engineering*. 2011. Vol. 138. № 3. P. 263–273.
115. Vijayakumar S., Jacobs G. Analysis of the effect of bus size on route performance. *Traffic Engineering and Control*. 1990. Vol. 31. № 12. P. 644–648.
116. Tirachini A., Hensher D. A., Jara-Díaz S. R. Restating modal investment priority with an improved model for public transport analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2010. Vol. 46. № 6. P. 1148–1168.
117. Ibarra-Rojas O. J., Delgado F., Giesen R., Mucoz J. C. Planning, operation, and control of bus transport systems: A literature review. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2015. Vol. 77. P. 38–75.
118. Jiang Y., Szeto W. Y. Reliability-based stochastic transit assignment: Formulations and capacity paradox. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2016. Vol. 93. P. 181–206.
119. Корягин М. Е. Поиск оптимального интервала движения автобусов по маршруту в условиях случайного потока пассажиров. *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. Кемерово, 2005. № 3. С. 113, 114.
120. Яценко С. А. Анализ методик расчета потребности автобусов для городских маршрутов. *Вестник Иркутского государственного технического университета*. Иркутск, 2016. № 5 (112). С. 193–202.
121. Lu K., Han B., Zhou X. Smart urban transit systems: from integrated framework to interdisciplinary perspective. *Urban Rail Transit*. 2018. Vol. 4. № 2. P. 49–67.

122. Hörcher D., Graham D. J. Demand imbalances and multi-period public transport supply. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2018. № 108. P. 106–126.

123. Zhang S.-J., Jia S.-P., Bai Y., Mao B.-H. et al. Optimal adjustment schemes on the long through-type bus lines considering the urban rail transit network. *Discrete dynamics in nature and society*. 2018. № 2018. P. 1–16.

124. Tirachini A. The economics and engineering of bus stops: Spacing, design and congestion. *Transportation research part A: policy and practice*. 2014. Vol. 59. P. 37–57.

125. Нагорный Е. В., Наумов В. С., Токарев К. А. Определение оптимальных моделей автобусов при городских пассажирских перевозках. *Автомоб. тр-т: Сб. науч. тр. Харьков, 2006. Вып. 20. С. 75–78.*

126. Fernandez R. Experimental study of bus boarding and alighting times. *European Transport Conference*. Glasgow, 2011. P. 1–15.

127. Chien S. I. J., Spasovic L. N. Optimization of grid bus transit systems with elastic demand. *Journal of advanced transportation*. 2002. Vol. 36. № 1. P. 63–91.

128. Qin F. Investigating the in-vehicle crowding cost functions for public transit modes. *Mathematical Problems in Engineering*. 2014. Vol. 2014. P. 1–13.

129. Vovsha P., Oliveira M. G. S., Davidson W., Chu C. et al. Statistical analysis of transit user preferences including in-vehicle crowding and service reliability. *TRB 2014 annual meeting*. 2014. P. 1 – 20.

130. Batarce M., Muñoz J. C., Ortúzar J. D., Raveau S. Valuing crowding in public transport systems using mixed stated/revealed preferences data: the case of Santiago / *TRB 94th Annual Meeting Compendium of Papers*. Washington DC, 2015. P. 1–13.

131. Batarce M., Muñoz J. C., de Dios Ortúzar J. Valuing crowding in public transport: Implications for cost-benefit analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2016. Vol. 91. P. 358–378.

132. Haywood L., Koning M. The distribution of crowding costs in public transport: New evidence from Paris. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2015. Vol. 77. P. 182–201.
133. Haywood L., Koning M., Monchambert G. Crowding in public transport: Who cares and why? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2017. Vol. 100. P. 215–227.
134. Hörcher D., Graham D. J., Anderson R. J. Crowding cost estimation with large scale smart card and vehicle location data. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2017. Vol. 95. P. 105–125.
135. Tirachini A., Hurtubia R., Dekker T., Daziano R. A. Estimation of crowding discomfort in public transport: Results from Santiago de Chile. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2017. Vol. 103. P. 311–326.
136. Tirachini A., Hensher D. A., Rose J. M. Crowding in public transport systems: effects on users, operation and implications for the estimation of demand. *Transportation research part A: policy and practice*. 2013. Vol. 53. P. 36–52.
137. Björklund G., Swärdh J. E. Estimating policy values for in-vehicle comfort and crowding reduction in local public transport. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2017. Vol. 106. P. 453–472.
138. Pel A. J., Bel N. H., Pieters M. Including passengers' response to crowding in the Dutch national train passenger assignment model. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2014. Vol. 66. P. 111–126.
139. Drabicki A., Kucharski R., Cats O., Fonzone A. Simulating the effects of real-time crowding information in public transport networks. *5th IEEE International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS)*. 2017. P. 675–680.
140. Wardman M., Whelan G. Twenty years of rail crowding valuation studies: evidence and lessons from British experience. *Transport reviews*. 2011. Vol. 31. № 3. P. 379–398.



141. Björklund G., Swardh J.-E. Valuing in-vehicle comfort and crowding reduction in public transport. Centre for Transport Studies Stockholm. 2015. URL: <http://www.transportportal.se/swopec/CTS2015-12.pdf>
142. Li Z., Hensher D. A. Crowding and public transport: A review of willingness to pay evidence and its relevance in project appraisal. *Transport Policy*. 2011. Vol. 18. № 6. P. 880–887.
143. Douglas N., Karpouzis G. Estimating the passenger cost of train overcrowding. *29th Australian Transport Research Forum*. 2006. P. 1–18.
144. Yap M., Cats O., van Arem B. Crowding valuation in urban tram and bus transportation based on smart card data. *Transportmetrica A: Transport Science*. 2020. Vol. 16. № 1. P. 23–42.
145. Kim K. M., Hong S.-P., Ko S.-J., Kim D. Does crowding affect the path choice of metro passengers? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2015. Vol. 77. P. 292–304.
146. Márquez L., Alfonso J. V., Poveda J. C. In-vehicle crowding: Integrating tangible attributes, attitudes, and perceptions in a choice context between BRT and metro. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2019. Vol. 130. P. 452–465.
147. Raveau S., Guo Z., Muñoz J. C., Wilson N. H. A behavioural comparison of route choice on metro networks: Time, transfers, crowding, topology and socio-demographics. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2014. Vol. 66. P. 185–195.
148. Tirachini A., Hensher D. A., Rose J. M. Multimodal pricing and optimal design of urban public transport: The interplay between traffic congestion and bus crowding. *Transportation research part b: methodological*. 2014. Vol 61. P 33–54.
149. Mahudin N. D. M., Cox T., Griffiths A. Measuring rail passenger crowding: Scale development and psychometric properties. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*. 2012. Vol. 15. № 1. P. 38–51.

150. Kraus M. Discomfort externalities and marginal cost transit fares. *Journal of urban Economics*. 1991. Vol. 29. № 2. P. 249–259.
151. Shen X., Feng S., Li Z., Hu B. Analysis of bus passenger comfort perception based on passenger load factor and in-vehicle time. *SpringerPlus*. 2016. Vol. 5. № 1. P. 1–10.
152. Guerra G., Bocarejo J. Congestion cost in mass transit systems; pricing and 1 investment policy implications – case study: Bogotá’s BRT system. *13th World Conference on Transportation Research*. Rio de Janeiro, 2013. P. 1–19.
153. Perk V. A., Thompson B., Foreman C. Evaluation of first-year Florida MPO transit capacity and quality of service reports. National Center for Transit Research, Center for Urban Transportation Research. 2001.  
URL: <https://www.nctr.usf.edu/wp-content/uploads/2012/07/473-02.pdf>
154. Tirachini A., Sun L., Erath A., Chakirov A. Valuation of sitting and standing in metro trains using revealed preferences. *Transport Policy*. 2016. Vol. 47. P. 94–104.
155. Jenelius E. Public transport experienced service reliability: Integrating travel time and travel conditions. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2018. Vol. 117. P. 275–291.
156. Кузькін О. Ф. Нормативно-правові аспекти оцінки якості послуг міського маршрутного пасажирського транспорту загального користування. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*. Житомир, 2010. № 2 (53). С. 79–85.
157. Miristice L. M. B., Menichetti D., Gentile G. Simulation of congestion phenomena and strategic passenger behaviour on transit networks. *Transport and Telecommunication Journal*. 2018. Vol. 19. № 2. P. 77–92.
158. Gentile G., Noekel K., Schmocker J. D., Trozzi V., Chandakass E. Ch. 7. The theory of transit assignment: demand and supply phenomena. *Modelling Public Transport Passenger Flows in the Era of Intelligent Transport System*. Cham: Springer, 2016. P. 387–439.

159. Назаренко Я. Я. Теоретичні аспекти управління якістю перевезень пасажирів автомобільним транспортом. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. Технічна серія. 2013. № 12. С. 313–318.

160. Dell’Olio L., Ibeas A., Cecin P. The quality of service desired by public transport users. *Transport Policy*. 2011. Vol. 18. № 1. P. 217–227.

161. Nuzzolo A., Comi A. Advanced public transport and intelligent transport systems: new modelling challenges. *Transportmetrica A: Transport Science*. 2016. Vol. 12. № 8. P. 674–699.

161. Wardman M., Murphy P. Passengers’ valuations of train seating layout, position and occupancy. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2015. Vol. 74. P. 222–238.

162. Меленчук Т., Кирилюк Є. До питання формування системи оцінки якості перевезення пасажирів в містах. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2020. – Т. 2. – № 15. С. 72–78.

163. Li Z., Hensher D. A. Crowding in public transport: a review of objective and subjective measures. *Journal of Public Transportation*. 2013. Vol. 16. № 2. P. 107–134.

164. Nuzzolo A., Comi A. Individual utility-based path suggestions in transit trip planners. *IET Intelligent Transport Systems*. 2016. Vol. 10. № 4. P. 219–226.

165. Доля В. К. Теоретические основы и методы организации маршрутных автобусных перевозок пассажиров в крупнейших городах: автореф. дис. на соискание уч. степени д-ра техн. наук: 05.22.10. М., 1993. 42 с.

166. De Palma A., Kilani M., Proost S. Discomfort in mass transit and its implication for scheduling and pricing. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2015. № 71. P. 1–18.

167. Vuchic V. R. Urban transit: operations, planning, and economics. – John Wiley & Sons, 2017. 607 p.

168. Про затвердження Порядку організації перевезень пасажирів та багажу автомобільним транспортом: наказ

Міністерства інфраструктури України від 15.07.2013 р. № 480 (редакція від 4.10.2016 р.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1282-13#Text>

169. Мороз М. М. Удосконалення транспортної системи пасажирських перевезень м. Кременчук. *Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка*. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. Полтава, 2014. № 2. С. 156–164.

170. Oldfield R. H., Bly P. H. An analytic investigation of optimal bus size. *Transportation Research Part B: Methodological*. 1988. Vol. 22. № 5. P. 319–337.

171. Sun D. J., Xu Y., Peng Z. R. Timetable optimization for single bus line based on hybrid vehicle size model. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*. 2015. Vol. 2. № 3. P. 179–186.

172. Jansson J. O., Holmgren J., Ljungberg A. Pricing public transport services. *Handbook of Research Methods and Applications in Transport Economics and Policy*. 2015. P. 260–308.

173. Ceder A., Israeli Y. User and operator perspectives in transit network design. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 1998. № 1623. P. 3–7.

174. Скачков А. И. Задача оптимального обслуживания пассажиров общественного транспорта на привокзальных площадях / А. И. Скачков, К. А. Грдличко // Научные труды академии коммунального хозяйства имени К. Д. Памфилова «Организация городского движения и перевозок пассажиров». – 1977. – Вып. 140. – С. 37-44.

175. Xu X., Li H., Liu J., Ran B., Qin L. Passenger flow control with multi-station coordination in subway networks: algorithm development and real-world case study. *Transportmetrica B: Transport Dynamics*. 2019. Vol. 7. № 1. P. 446–472.

176. Ембулаев В. Н. Модели, методы и алгоритмы расчета маршрутных корреспонденции пассажиропотоков по данным входа – выхода. *Автоматика и телемеханика*. 1995. № 10. С. 78–85.

177. Горбачев П. Ф., А. В. Россолов Моделирование спроса на услуги пассажирского маршрутного транспорта в крупных городах: монография. Харьков: ХНАДУ, 2012. 152 с.

178. Ibarra-Rojas O. J., Delgado F., Giesen R., Muñoz J. C. Planning, operation, and control of bus transport systems: A literature review. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2015. Vol. 77. P. 38–75.

179. Горбачов П. Ф., Любий Є. В. Моделювання попиту на перевезення населення малих міст маршрутним пасажирським транспортом: монографія. Харків: ХНАДУ, 2014. 134 с.

180. Грановский Б. И. Моделирование пассажирских потоков в транспортных системах. *Итоги науки и техники. Серия «Автомобильный и городской транспорт»*. М., 1986. Т. 11 С. 67–107.

181. Макаров И. П., Яворский В. В., Тузовский А. Ф. Прогноз распределения пассажиропотоков при изменении сети маршрутов пассажирского транспорта. *Моделирование процессов управления транспортными системами*. Владивосток, 1977. С. 39–41.

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

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

184. Форнальчик Є. Ю., Білоус А. Б., Демчук І. А. Застосування нечіткої логіки та генетичних алгоритмів у моделях пасажирських пересувань. *Автомобильный транспорт*. Харків, 2014. № 35. С. 122–127.

185. Заблоцкий Г. А. Методы расчета потоков пассажиров и транспорта в городах. М.: ЦНТИ по гражд. стр-ву и архитектуре, 1968. 92 с.

186. Lam W. H. K., Bell M. G. H., *Advanced modeling for transit operations and service planning*. Oxford: Pergamon, 2003. 345 p.

187. Nuzzolo A., Crisalli U., Rosati L. A schedule-based assignment model with explicit capacity constraints for congested transit networks. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2012. Vol. 20. № 1. P. 16–33.

188. De Cea J., Fernández E. Transit assignment for congested public transport systems: an equilibrium model. *Transportation science*. 1993. Vol. 27. № 2. P. 133–147.
189. Cepeda M., Cominetti R., Florian M. A frequency-based assignment model for congested transit networks with strict capacity constraints: characterization and computation of equilibria. *Transportation research part B: Methodological*. 2006. Vol. 40. № 6. P. 437–459.
190. Lam W. H. K., Gao Z. Y., Chan K. S., Yang H. A stochastic user equilibrium assignment model for congested transit networks. *Transportation Research Part B: Methodological*. 1999. Vol. 33. № 5. P. 351–368.
191. Wu J. H., Florian M., Marcotte P. Transit equilibrium assignment: a model and solution algorithms. *Transportation Science*. 1994. Vol. 28. № 3. P. 193–203.
192. Wardrop J. G. Road paper. Some theoretical aspects of road traffic research. *Proceedings of the institution of civil engineers*. 1952. Vol. 1. № 3. P. 325–362.
193. Drabicki A., Kucharski R., Szarata A. Modelling the public transport capacity constraints' impact on passenger path choices in transit assignment models. *Archives of Transport*. 2017. Vol. 43. № 3. P. 7–28.
194. Hamdouch Y., Lawphongpanich S. Schedule-based transit assignment model with travel strategies and capacity constraints. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2008. Vol. 42. № 7–8. P. 663–684.
195. Leurent F. Transport capacity constraints on the mass transit system: a systemic analysis / F. Leurent // *European Transport Research Review*. – 2011. – Vol. 3. – № 1. – P. 11–21.
196. Szeto W. Y., Solayappan M., Jiang Y. Reliability-based transit assignment for congested stochastic transit networks. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*. 2011. Vol. 26. № 4. P. 311–326.
197. Szeto W. Y., Jiang Y., Wong K. I., Solayappan M. Reliability-based stochastic transit assignment with capacity constraints: Formulation and solution

method. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2013. Vol. 35. P. 286–304.

198. Verbas Ö., Mahmassani H. S., Hyland M. F. Gap-based transit assignment algorithm with vehicle capacity constraints: Simulation-based implementation and large-scale application. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2016. Vol. 93. P. 1–16.

199. Si B., Zhong M., Yang X., Gao Z. Urban transit assignment model based on augmented network with in-vehicle congestion and transfer congestion. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*. 2011. Vol. 20. № 2. P. 155–172.

200. Cats O., West J. Learning and adaptation in dynamic transit assignment models for congested networks. *Transportation Research Record*. 2020. Vol. 2674. № 1. P. 113–124.

201. Trozzi V., Kaparias I., Bell M. G., Gentile G. A dynamic route choice model for public transport networks with boarding queues. *Transportation Planning and Technology*. 2013. Vol. 36. № 1. P. 44–61.

202. Schmöcker J. D., Bell M. G. H., Kurauchi F. A quasi-dynamic capacity constrained frequency-based transit assignment model. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2008. Vol. 42. № 10. P. 925–945.

203. Tong C. O., Wong S. C. A stochastic transit assignment model using a dynamic schedule-based network. *Transportation Research Part B: Methodological*. 1999. Vol. 33. № 2. P. 107–121.

204. Sumalee A., Tan Z., Lam W. H. K. Dynamic stochastic transit assignment with explicit seat allocation model. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2009. Vol. 43. № 8–9. P. 895–912.

205. Nuzzolo A., Russo F., Crisalli U. A doubly dynamic schedule-based assignment model for transit networks. *Transportation Science*. 2001. Vol. 35. № 3. P. 268–285.

206. Lam W. H. K., Zhou J., Sheng Z. A capacity restraint transit assignment with elastic line frequency. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2002. Vol. 36. № 10. P. 919–938.
207. Schmöcker J.-D., Fonzone A., Shimamoto H., Kurauchi F. et al. Frequency-based transit assignment considering seat capacities. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2011. Vol. 45. № 2. P. 392–408.
208. Oliker N., Bekhor S. A frequency based transit assignment model that considers online information. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2018. Vol. 88. P. 17–30.
209. Nökel K., Wekeck S. Boarding and alighting in frequency-based transit assignment. *Transportation Research Record*. 2009. Vol. 2111. № 1. P. 60–67.
210. Di Gangi M., Cantarella G. E., Vitetta A. Solving stochastic frequency-based assignment to transit networks with pre-trip/en-route path choice. *EURO Journal on Transportation and Logistics*. 2019. Vol. 8. № 5. P. 661–681.
211. Eltved M., Nielsen O. A., Rasmussen T. K., Frederiksen R. D. Joint modeling of schedule-and frequency-based services in public transport assignment models. *Proceedings from the Annual Transport Conference at Aalborg University*. 2017. P. 1–17.
212. Teklu F. A stochastic process approach for frequency-based transit assignment with strict capacity constraints. *Networks and Spatial Economics*. 2008. Vol. 8. № 2. P. 225–240.
213. Tong C. O., Wong S. C., Poon M. H., Tan M. C. A schedule-based dynamic transit network model – recent advances and prospective future research. *Journal of Advanced Transportation*. 2001. Vol. 35. № 2. P. 175–195.
214. Cascetta E., Coppola P. Assessment of schedule-based and frequency-based assignment models for strategic and operational planning of high-speed rail services. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2016. Vol. 84. P. 93–108.
215. Cats O., Hartl M. Modelling public transport on-board congestion: comparing schedule-based and agent-based assignment approaches and their



implications. *Journal of Advanced Transportation*. 2016. Vol. 50. № 6. P. 1209–1224.

216. Hickman M. D., Bernstein D. H. Transit service and path choice models in stochastic and time-dependent networks. *Transportation Science*. 1997. Vol. 31. № 2. P. 129–146.

217. Горбачев П. Ф., Тропина А. А., Макаричев А. В., Свичинская О. В. Подход к оценке адекватности моделей выбора пассажиром пути передвижения. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету: сб. наук. пр. Харків, 2013. Вип. 60. С. 27–33.*

218. Горбачев П. Ф., Макаричев А. В., Свичинская О. В. Обоснование продолжительности наблюдений за поведением пассажиров при выборе пути передвижения. *Автомобильный транспорт. Харьков, 2013. Вып. 32. С. 72–76.*

219. Кристопчук М. Є. Дослідження факторів впливу на розподіл пасажирських кореспонденцій по маршрутній мережі. *Міжвузівський збірник «Наукові нотатки»*. Луцьк, 2014. Вип. 45. С. 317–322.

220. Гюлев Н. У., Фалецкая Г. И. О влиянии транспортной утомляемости на выбор пути следования. *Коммунальное хозяйство городов. Харьков, 2009. Вып. 88. С. 272–275.*

221. Xu X., Xie L., Li H., Qin L. Learning the route choice behavior of subway passengers from AFC data. *Expert Systems with Applications*. 2018. Vol. 95. P. 324–332.

222. Anderson M. K. Behavioural models for route choice of passengers in multimodal public transport networks. PhD Thesis. 2013. 280 p.

223. Nassir N., Hickman M., Malekzadeh A., Irannezhad E. A utility-based travel impedance measure for public transit network accessibility. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2016. Vol. 88. P. 26–39.

224. Han A. F., Wilson N. H. M. The allocation of buses in heavily utilized networks with overlapping routes. *Transportation Research Part B: Methodological*. 1982. Vol. 16. № 3. P. 221–232.

225. Chriqui C., Robillard P. Common bus lines. *Transportation science*. 1975. Vol. 9. № 2. P. 115–121.
226. Gentile G., Florian M., Hamdouch Y., Cats O., Nuzzolo A. Ch. 6. The theory of transit assignment: basic modelling frameworks. *Modelling Public Transport Passenger Flows in the Era of Intelligent Transport System*. Cham: Springer, 2016. P. 287–386.
227. de Grange L., Raveau S., González F. A fixed point route choice model for transit networks that addresses route correlation. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2012. Vol. 54. P. 1197–1204.
228. Bovy P. H. L., Bekhor S., Prato C. G. The factor of revisited path size: Alternative derivation. *Transportation Research Record*. 2008. Vol. 2076. № 1. C. 132–140.
229. Li Z. C., Lam W. H. K., Wong S. C. On the allocation of new lines in a competitive transit network with uncertain demand and scale economies. *Journal of advanced transportation*. 2011. Vol. 45. № 4. P. 233–251.
230. Cats O., Koutsopoulos H. N., Burghout W., Toledo T. Effect of real-time transit information on dynamic path choice of passengers. *Transportation Research Record*. 2011. Vol. 2217. № 1. P. 46–54.
231. Nassir N., Hickman M., Malekzadeh A., Irannezhad E. Modeling transit passenger choices of access stop. *Transportation Research Record*. 2015. Vol. 2493. № 1. P. 70–77.
232. Горбачев П. Ф. Методика определения вида функции привлекательности пути следования в городе. *Автомобильный транспорт*. Харьков, 2007. № 20. С. 122–124.
233. Рогова Г. Л. Моделирование выбора путей передвижения пассажиров в транспортных системах городов: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.02. М., 1987. 19 с.
234. Свичинская О. В. Усовершенствование моделей выбора пути передвижения пассажиров в маршрутных системах городов: дис. ...канд. техн. наук: 05.22.01. Харьков, 2015. 198 с.

235. Вдовиченко В. О. Ефективність функціонування міської пасажирської транспортної системи: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.22.01. Київ, 2004. 20 с.

236. Frappier A., Morency C., Trépanier M. Measuring the quality and diversity of transit alternatives. *Transport Policy*. 2018. Vol. 61. P. 51–59.

237. Spiess H., Florian M. Optimal strategies: a new assignment model for transit networks. *Transportation Research Part B: Methodological*. 1989. Vol. 23. № 2. P. 83–102.

238. Cominetti R., Correa J. Common-lines and passenger assignment in congested transit networks. *Transportation science*. 2001. Vol. 35. № 3. P. 250–267.

239. Шпильовий І. Ф. Методичні основи управління системами міських пасажирських перевезень. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. Харьков, 2010. № 6 (45). С. 33–38.

240. Очеретенко С. В., Заболотная В. Э. Определение критерия выбора маршрута пассажирами городского транспорта. *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета*. Сборник научных трудов. Харьков, 2009. № 47. С. 131–134.

241. Ben-Akiva M., Bierlaire M. Discrete choice methods and their applications to short term travel decisions. *Handbook of transportation science*. Boston: Springer, 1999. P. 5–33.

242. Gwilliam K. M. The value of time in economic evaluation of transport projects. URL:  
<http://documents1.worldbank.org/curated/en/759371468153286766/pdf/816020BR10Infr00Box379840B00PUBLIC0.pdf>.

243. Тарский И. Фактор времени в транспортном процессе. М.: Транспорт, 1979. 308 с.

244. Пчелинцев О. С. Экономическая оценка свободного времени населения и ее использование в задачах проектирования отраслей обслуживания. *Экономическая оценка свободного времени населения в*

проектных расчетах отраслей обслуживания: сб. трудов. М., 1978. Вып. 3. С. 5–19.

245. Блинкин М. Я. Экономическая оценка свободного времени в системе транспортного обслуживания городского населения. *Достижения и перспективы*. М., 1985. №52. С. 90–100.

246. Currie G. The demand performance of bus rapid transit. *Journal of Public Transportation*. – 2005. Vol. 8. № 1. P. 41–55.

247. Uges R. J. A., Hoogendoorn-Lanser S., Bovy P. H. L. Modeling route choice behavior in multimodal transport networks. *10th International Conference on Travel Behaviour Research*. 2003. P. 1–27.

248. Garcia-Martinez A., Cascajo R., Jara-Diaz S. R., Chowdhury S. et al. Transfer penalties in multimodal public transport networks. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2018. Vol. 114. P. 52–66.

249. Frei C., Hyland M., Mahmassani H. S. Flexing service schedules: Assessing the potential for demand-adaptive hybrid transit via a stated preference approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2017. Vol. 76. P. 71–89.

250. Yan X., Levine J., Zhao X. Integrating ridesourcing services with public transit: An evaluation of traveler responses combining revealed and stated preference data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2019. Vol. 105. P. 683–696.

251. Van Oort N., Brands T., de Romph E. Short-term prediction of ridership on public transport with smart card data. *Transportation research record*. 2015. Vol. 2535. № 1. 105–111.

252. Cascajo R., Lopez E., Herrero F., Monzon A. User perception of transfers in multimodal urban trips: A qualitative study. *International Journal of Sustainable Transportation*. 2019. №13 (6). P. 393–406.

253. İmre Ş., Çelebi D. Measuring comfort in public transport: A case study for İstanbul. *Transportation Research Procedia*. 2017. Vol. 25. P. 2445–2453.

254. Цибулка Я. Качество пассажирских перевозок в городах. М.: Транспорт, 1987. 239 с.
255. Большаков А. М., Кравченко Е. А., Черникова С. Л. Повышение качества обслуживания пассажиров и эффективности работы автобусов. М.: Транспорт, 1981. 206 с.
256. Basu D., Hunt J. D. Valuing of attributes influencing the attractiveness of suburban train service in Mumbai city: A stated preference approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2012. Vol. 46. № 9. P. 1465–1476.
257. Fu Q., Liu R., Hess S. A review on transit assignment modelling approaches to congested networks: a new perspective. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2012. Vol. 54. P. 1145–1155.
258. Song C., Guan W., Ma J. Potential travel cost saving in urban public-transport networks using smartphone guidance. *PloS one*. 2018. Vol. 13. № 5. P. 1–22.
259. Goodwin P. B. Human effort and the value of travel time. *Journal of Transport Economics and Policy*. 1976. Vol. 10. № 1. P. 3–15.
260. Fonzone A., Schmöcker J. D. Effects of transit real-time information usage strategies. *Transportation Research Record*. 2014. Vol. 2417. № 1. P. 121–129.
261. Teodorović D., Janić M. Ch. 7 – Public transportation systems. *Transportation engineering: theory, practice and modeling*. Belgrado: Elsevier, 2017. P. 387–493.
262. Cats O. An agent-based approach for modeling real-time travel information in Transit Systems. *Procedia Computer Science*. 2014. Vol. 32. P. 744–749.
263. Nielsen O. A. A stochastic transit assignment model considering differences in passengers utility functions. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2000. Vol. 34. № 5. P. 377–402.

264. Wardman M. Public transport values of time. *Transport policy*. 2004. Vol. 11. № 4. P. 363–377.
265. Горбачов П. Ф., Макарічев О. В., Свічинська О. В., Свічинський С. В. Аналіз сучасних моделей дискретного вибору пасажирями шляху пересування. *Автомобильный транспорт*. Харків, 2011. Вып. 28. С. 97–103.
266. Tavassoli A., Mesbah M., Hickman M. Calibrating a transit assignment model using smart card data in a large-scale multi-modal transit network. *Transportation*. 2020. Vol. 47. № 5. P. 2133–2156.
267. Вдовиченко В. О. Методологічні основи формування системної ефективності міського громадського пасажирського транспорту в умовах сталого розвитку. Харків: ХНАДУ, 2017. 212 с
268. Вдовиченко В. О. Формування сервісноресурсних умов сталості міського громадського пасажирського транспорту. *Технологический аудит и резервы производства*. Харків, 2016. № 6/2(32). С. 64–69.
269. Вдовиченко В. О. Аналіз дестабілізуючих чинників внутрішньої сталості міського громадського пасажирського транспорту. *Технологический аудит и резервы производства*. Харків, 2017. № 1/2(33). С. 23–30.
270. Воліков В. В., Вдовиченко В. О. Транспортна інфраструктура Харкова (аналіз стану та основні тенденції). *Бизнес Информ*. Харків, 2017. № 12(479). С. 292–299.
271. Яценко С. А. Классификация автобусных транспортных средств в системе городского пассажирского транспорта. *Вестник Иркутского государственного технического университета*. Иркутск, 2011. № 10 (57). С. 138–143.
272. Guihaire V., Hao J. K. Transit network design and scheduling: A global review. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. – 2008. – Vol. 42. № 10. P. 1251–1273.

273. Baaj M. H., Mahmassani H. S. Hybrid route generation heuristic algorithm for the design of transit networks. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 1995. Vol. 3. № 1. P. 31–50.
274. Owais M. Issues related to transit network design problem. *International Journal of Computer Applications*. 2015. Vol. 120. № 8. P. 40–45.
275. Мун Э. Е., Рубец А. Д. Организация перевозок пассажиров маршрутными такси. М.: Транспорт, 1986. 136 с.
276. Геронимус Б. Л. Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте. М.: Транспорт, 1982. 192 с.
277. Гюлев Н. У. Выбор рационального количества автобусов на маршрутах города с учетом влияния человеческого фактора: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01. Харьков, 1993. 174 с.
278. Фалецкая Г. И. Затраты времени пассажиров на пешеходную составляющую транспортного передвижения. *Проблеми транспорту*. Київ, 2009. Вип. 6. С. 197–201.
279. Luethi M., Weidmann U., Nash A. Passenger arrival rates at public transport stations. *86th Transportation Research Board Annual Meeting (TRB 2007)*. Zurich, 2007. P. 1–12.
280. Luethi M., Weidmann U., Nash A. Passenger arrival rates at public transport stations. *TRB 86th Annual Meeting Compendium of Papers. Transportation Research Board*. 2007. – P. 1–13.
281. Casello J. M. Impacts of express bus service on passenger demand. *Journal of Public Transportation*. 2008. № 11 (4). P. 1–15.
282. Moccia L., Laporte G. Improved models for technology choice in a transit corridor with fixed demand. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2016. Vol. 83. P. 245–270.
283. Moccia L., Giallombardo G., Laporte G. Models for technology choice in a transit corridor with elastic demand. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2017. Vol. 104. P. 733–756.

284. Давидич Ю. А. Разработка мероприятий по сокращению времени ожидания пассажирами городских маршрутных автобусов: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01. Харьков, 1993. 180 с.
285. Hauer E., Greenough J. C. A direct method for value of time estimation. *Transportation Research*. 1982. Vol. 16. № 3. P. 163–172.
286. Horowitz A. The subjective value of time spent in travel. *Transportation Research*. 1978. Vol. 12. P. 385–393.
287. Banister D., Berechman J. Transport investment and economic development. London: UCL Press, 2003. 370 p.
288. Litman T. Valuing transit service quality improvements. *Journal of Public transportation*. 2008. Vol. 11. № 2. P. 43–63.
289. Аппак А. Развитие и эффективность пассажирских перевозок / А. Аппак. – Таллин: ЭЭСТИ Раамат, 1984. – 215 с.
290. Про затвердження методики розрахунку тарифів на послуги пасажирського автомобільного транспорту: наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 17.11.2009 р. №1175 (редакція від 25.01.2013 р.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1146-09#Text>
291. Про затвердження Норм витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті: наказ Міністерства транспорту України від 10.02.1998 р. №43 (редакція від 1.03.2012 р.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0043361-98#Text>
292. Про затвердження Експлуатаційних норм середнього ресурсу акумуляторних свинцевих стартерних батарей колісних транспортних засобів і спеціальних машин, виконаних на колісних шасі: наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 20.05.2006 р. №489 (редакція від 3.07.2018 р.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0695-06#Text>
293. Про затвердження Експлуатаційних норм середнього ресурсу пневматичних шин колісних транспортних засобів і спеціальних машин, виконаних на колісних шасі: наказ Міністерства транспорту та зв'язку



України від 20.05.2006 р. №488 (редакція від 3.07.2018 р.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0712-06#Text>

294. Галузева угода між Державним агентством автомобільних доріг України і Профспілкою працівників автомобільного транспорту та шляхового господарства України на 2017-2019 роки. URL: <https://www.msp.gov.ua/files/ugody/24-3.pdf>

295. Садыхова О. С. Выбор пассажиром пути следования. *Городской транспорт и инженерная подготовка городской территории*. Сб. науч. трудов ЛИСИ. № 91. Ленинград, 1974, С. 33–41.

296. Антошвили М. Е., Варелопуло Г. А., Хрущев М. В. Организация городских автобусных перевозок с применением математических методов и ЭВМ. М.: Транспорт, 1974. 104 с.

297. Cascetta, E., A. Nuzzolo, F. Russo, and A. Vitetta. A modified logit route choice model overcoming path overlapping problems: specification and some calibration results for interurban networks. *Procedia 13th International Symposium on Transportation and Traffic Theory*. Lyon, 1996, P. 697–711.

298. Нефедов Н. А., Очеретенко С. В., Авуа А. К определению функции привлекательности путей передвижения пассажира. *Комунальне господарство міст*. Харьков, 2011. № 101. С. 246–251.

299. Горев А. Э., Шевцова В. Л. Руководство по применению транспортных моделей в транспортном планировании и оценке проектов. СПб.: ООО «Издательско-полиграфическая компания «КОСТА», 2016. 128 с.

300. Яценко С. А. Анализ классификаций автобусных транспортных средств в системе городского пассажирского транспорта в современных условиях. *Вестник Иркутского государственного технического университета*, Иркутск, 2011. № 6 (53). С. 79–83.

301. Ngoc A. M., Hung K. V., Tuan V. A. Towards the development of quality standards for public transport service in developing countries: analysis of public transport users' behavior. *Transportation Research Procedia*. 2017. Vol. 25. P. 4564–4583.

302. Yan X., Levine J., Zhao X. Integrating ridesourcing services with public transit: An evaluation of traveler responses combining revealed and stated preference data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2019. Vol. 105. P. 683–696.

303. Kroes E., Kouwenhoven M., Debrincat L., Pauget N. Value of crowding on public transport in île-de-France. *Transportation Research Record*. 2014. Vol. 2417. № 1. P. 37–45.

## ДОДАТКИ

### Додаток А

#### Список опублікованих праць за темою дисертації

##### Наукові праці, у яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

###### *Монографія*

1. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Вибір пасажирями шляху пересування у містах: монографія. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 164 с.

###### *Колективні монографії:*

2. Понкратов Д. П., Доля В. К. Модель формування пасажиропотоків у маршрутній системі міста. *Застосування моделей і методів ергономіки і логістики в транспортних системах*: монографія. Харків: Лідер, 2016. С. 199–207.

3. Понкратов Д. П., Доля В. К. Закономірності формування пасажиропотоків у маршрутній системі міста. *Фактор людини у розвитку транспортних систем*: монографія. Харків: Лідер, 2017. С. 134–141.

4. Понкратов Д. П., Ільченко Б. С. Аналіз методів моделювання транспортних процесів на маршрутах міського пасажирського транспорту. *Сучасна проблематика функціонування транспортних та логістичних систем*: монографія. Харків: Лідер, 2018. С. 155–166.

*Статті у виданнях іноземних держав та у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:*

5. Понкратов Д. П., Вакуленко К. Є. Щодо оцінки конкурентноздатності автотранспортних маршрутів міського пасажирського транспорту. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2010. № 2. С. 20–23.

6. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Оцінка значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування у містах. *Наукові нотатки. Міжвузівський збірник*. Луцьк, 2014. Вип. 46. С. 452–459.
7. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Закономірності розподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування у містах. *Зб. наук. пр. Української державної академії залізничного транспорту*. Харків, 2014. Вип. 148, ч. 1. С. 197–205.
8. Ponkratov D., Dolya V., Lobashov O., Ivanov I. et al. Traffic streams and anti-congestions activities in city networks. *International journal of automation, control and intelligent systems*. 2015. Vol. 1, № 2. P. 21–26.
9. Понкратов Д. П. Особливості моделювання пасажиропотоків у містах. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. Северодонецьк, 2016. № 1(225). С. 175–179.
10. Понкратов Д. П. Формування попиту на транспортні послуги з перевезення пасажирів на міських маршрутах. *Наукові нотатки. Міжвузівський збірник*. Луцьк, 2016. Вип. 55. С. 305–309.
11. Понкратов Д. П., Доля В. К. Цільова функція вибору пасажиромісткості транспортних засобів на міських маршрутах. *Зб. наук. пр. Української державної університету залізничного транспорту*. Харків, 2016. № 161. С. 44–52.
12. Понкратов Д. П., Давідіч Н. В. Раціональні сфери використання автобусів різного класу пасажиромісткості. *Автомобильный транспорт*. Харків, 2018. Вип. 43. С. 71–77.
13. Понкратов Д. П., Давідіч Н. В., Куш Є. І., Рославцев Д. М. та ін. Порівняльний аналіз показників рівня заповнення міських пасажирських транспортних засобів. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2019. Т. 6. № 152. С. 196–203.
14. Понкратов Д. П. Формалізація взаємозв'язку між показниками рівня заповнення міських пасажирських транспортних засобів. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2020. Т. 6. № 152. С. 196–203.

*Статті у фахових виданнях:*

15. Понкратов Д. П., Давидич Ю. А. Определение маршрута подачи таксомотора заказчику в условиях функционирования автоматизированной системы управления. *Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта*. Днепропетровск, 2008. № 25. С. 142–145.

16. Понкратов Д. П., Давидич Ю. А., Шпачук В. П. К вопросу выбора населением способа передвижения между индивидуальным и городским массовым пассажирским транспортом. *Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту*. Донецьк, 2009. № 1. С. 82–86.

17. Понкратов Д. П., Давидич Ю. А., Куш Е. И., Вакуленко Е. Е. и др. Определение факторов, влияющих на выбор пассажирами вида городского транспорта. *Коммунальное хозяйство городов*. Харьков, 2009. Вып. 86. С. 344–349.

18. Давидич Ю. О., Понкратов Д. П., Куш Е. И., Калюжний М. В. Оцінка тривалості простою транспортних засобів на проміжних зупинках. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2012. № 105. С. 390–394.

19. Давидич Ю. О., Назаренко Л. А., Понкратов Д. П., Куш Е. И. Ергономічні напрямки підвищення безпеки руху на маршрутах міського пасажирського транспорту. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2013. № 107. С. 439–444.

20. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І., Піпія А. Т. Вибір пасажиромісткості транспортних засобів для роботи на міських маршрутах. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2014. Вип. 116. С. 93–96.

21. Понкратов Д. П., Доля В. К. Методика розрахунку імовірності відмови пасажиру в посадці у мережній постановці. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2016. № 130. С. 81–85.

22. Понкратов Д. П., Давидич Ю. О., Фалецька Г. І., Несміян Я. Ю. Оцінка регулярності руху транспортних засобів на маршрутах міського пасажирського транспорту. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2017.

№ 134. С. 84–89.

23. Понкратов Д. П., Доля К. В. Система обмежень на параметри перевезень пасажирів громадським транспортом. *Вісник національного університету «Львівська політехніка»*: зб. наук. пр. Серія: Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. Львів, 2017. № 866. С. 216–220.

24. Понкратов Д. П. Діапазони пасажиропотоку виняткового та альтернативного застосування автобусів різного класу пасажиромісткості. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2018. № 144. С. 24–31.

25. Понкратов Д. П. Діапазони пасажиропотоку раціонального використання автобусів певного класу пасажиромісткості на міських маршрутах різної протяжності. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2018. Вип. 7 (146). С. 46–54.

26. Понкратов Д. П., Давідіч Н. В. Диференційовані рекомендації щодо нормування рівня заповнення салону автобусів при здійсненні міських пасажирських перевезень. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2019. № 1 (147). С. 46–53.

**Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

27. Понкратов Д. П., Куш Є. І. Щодо питання підвищення ефективності функціонування міської транспортної системи. *Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов*: тезиси докладов 35-й науч.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНАГХ (г. Харьков, 21–23 апреля 2010 г.). Харьков, 2010. Ч. 2. С. 51–52. (очна)

28. Понкратов Д. П., Курдюмов В. С. К вопросу выбора пассажирами способа передвижения в городах. *Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов*: тезиси докладов 35-й науч.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНАГХ (г. Харьков, 21–23 апреля 2010 г.) Харьков, 2010. Ч. 2. С. 52–53. (очна)

29. Понкратов Д. П. Распределение корреспонденций между индивидуальным транспортом и общественным пассажирским транспортом в

городах. *Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов*: сб. науч. тр. ежегодн. междунар. науч.-практ. конф. (г. Минск, 27–29 октября 2010 г.). Минск, 2011. С. 168–169. (заочна)

30. Понкратов Д. П. Напрямки підвищення ефективності функціонування міської транспортної системи. *Транспортные проблемы крупнейших городов*: материалы междунар. науч.-практ. конф. (г. Харьков, 12–16 марта 2012 г.). Харьков, 2012. С. 85, 86. (очна)

31. Понкратов Д. П. Взаємозв'язок між рівнем автомобілізації населення та параметрами транспортних потоків. *Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов*: тезисы докладов 36-й науч.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНАГХ (г. Харьков, 24–26 апреля 2012 г.). Харьков, 2012. Ч. 2. С. 79. (очна)

32. Понкратов Д. П. До питання формування системи міського маршрутного пасажирського транспорту. *Регіональний розвиток – основа розбудови української держави*: матеріали II міжнар. наук.-практ. конф. Секція 5. Проблеми соціально-економічного розвитку регіонів, інфраструктурне забезпечення їх комплексного розвитку на державному та регіональному рівнях (м. Донецьк, 9–10 квітня 2013 р.). Донецьк, 2013. С. 109, 110. (очна)

33. Понкратов Д. П. К вопросу распределения пассажиропотоков в маршрутной системе городского пассажирского транспорта. *Логистика – Евразийский мост*: материалы VIII междунар. науч.-практ. конф. (г. Красноярск, 16–18 мая 2013 г.). Красноярск, 2013. С. 367–372. (заочна)

34. Понкратов Д. П. До питання формування пасажирських потоків на маршрутній мережі міського пасажирського транспорту. *Городское строительство, электроснабжение городов, транспорт*: материалы 37-й науч.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНУГХ (г. Харьков, 23–25 апреля 2014 г.). Харьков, 2014. С. 112–114. (очна)

35. Понкратов Д. П. Распределение пассажирских корреспонденций между альтернативными вариантами пути передвижения в городах.

*Иновационное лидерство строительной и транспортной отрасли глазами молодых ученых*: сб. науч. тр. молодых ученых по материалам междунар. науч.-практ. конф. (г. Омск, 3–6 февраля 2014 г.). Омск, 2014. С. 152–156. (заочна)

36. Понкратов Д. П. Характеристики альтернативных вариантов пути передвижения пассажиров в городах. *Иновационные системы планирования и управления на транспорте и в машиностроении*: сб. тр. II междунар. науч.-практ. конф. (г. Санкт-Петербург, 16–17 апреля 2014 г.). Санкт-Петербург, 2014. Т. 1. С. 105–109. (заочна)

37. Понкратов Д. П., Г. І. Фалецька. До питання розподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними шляхами пересування. *Нові технології, обладнання, матеріали в будівництві і на транспорті*: матеріали міжнар. наук.-техн. конф. (м. Харків, 26–28 листопада 2014 р.). Харків, 2014. С. 80–82. (очна)

38. Понкратов Д. П. Проблемні аспекти моделювання пасажиропотоків у містах. *Міські і регіональні транспортні проблеми*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 17–19 листопада 2015 р.). Харків, 2015. С. 15. (очна)

39. Понкратов Д. П. До питання взаємозв'язку між характеристиками альтернативних варіантів і величиною попиту на їх використання. *Іновації інфраструктури транспортно-логістичних систем. Проблеми, досвід, перспективи*: зб. тез між нар. наук.-практ. конф. (м. Трускавець, 11–17 квітня 2016 р.). Трускавець – Сєвєродонецьк, 2016. С. 146–148. (очна)

40. Понкратов Д. П. До питання аналізу зміни продуктивності транспортних засобів на маршрутах міського пасажирського транспорту. *Сучасні інформаційні та іновацийні технології на транспорті (MINTT–2016)*: зб. матеріалів VIII міжнар. наук.-практ. конф. (м. Херсон, 24–26 травня 2016 р.). Херсон, 2016. С. 31–33. (очна)

41. Понкратов Д., Доля К. До питання формування системи обмежень на параметри перевезень пасажирів громадським транспортом. *Проблеми з*



*транспортними потоками і напрямки їх розв'язання: тези доповідей II Всеукр. наук.-теоретич. конф. (м. Львів, 16–18 березня 2017 р.). Львів, 2017. С. 19, 20. (заочна)*

42. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Підвищення рівня обслуговування населення міським маршрутним пасажирським транспортом як засіб стримування рівня автомобілізації. *Сталий розвиток міст (містобудівний аспект): матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (Харків, 23–24 листопада 2017 р.). Харків, 2017. С. 200–202. (очна)*

43. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. До питання вибору транспортних засобів для міських пасажирських перевезень. *Технології та інфраструктура транспорту: тези доповідей міжнар. наук.-техн. конф. (м. Харків, 14 – 16 травня 2018 р.). Харків, 2018. Ч 1. С. 218–220. (очна)*

44. Понкратов Д. П. До питання визначення раціональних сфер застосування автобусів різного класу пасажиромісткості. *Перспективні напрями розвитку регіональних транспортних та логістичних систем: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 22–23 травня 2018 р.). Харків, 2018. С. 84–88. (очна)*

45. Понкратов Д. П., Давідич Н. В. Фактори вибору пасажиромісткості автобусу на міських маршрутах. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: матеріали VI міжнар. наук.-техн. інтернет-конф. (м. Харків, 19–20 листопада 2018 р.). Харків, 2018. С. 84–86. (дистанційна)*

46. Понкратов Д. Особливості організації перевезень пасажирів за змінних параметрів пасажиропотоків. *Проблеми з транспортними потоками і напрямки їх розв'язання: тези доповідей III Всеукр. наук.-теоретич. конф. (м. Львів, 28–30 березня 2019 р.). Львів, 2019. С. 24. (заочна)*

**Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:**

47. Понкратов Д. П., Давидич Ю. А., Куш Е. И., Матренина Д. С. Формирование целевой функции определения рациональной длины перегона маршрута городского пассажирского транспорта. *Коммунальное хозяйство городов. Харьков, 2009. № 86. С. 368–372.*

48. Понкратов Д. П., Давідіч Ю. О., Ольхова М. В., Соломатіна К. В. Дослідження розподілу видів вантажів між автомобільним і залізничним видами транспорту. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: *Нові рішення у сучасних технологіях*. Харків, 2011. Т. 1. № 2. С. 75–79.

49. Понкратов Д. П., Давідіч Ю. О., Куш Є. І. Ергономічне забезпечення транспортних процесів: навч. посібник. Харків: ХНАМГ, 2011. 392 с.

50. Понкратов Д. П. Фактори, що впливають на формування пасажиропотоків у маршрутній системі міста. *Ергономічне і логістичне забезпечення транспортних систем*: монографія. Харків: Лідер, 2014. С. 100–110.

51. Понкратов Д. П. Методи моделювання процесу формування пасажиропотоків у маршрутній системі міста. *Ергономічні і логістичні аспекти в транспортних системах*: монографія. Харків: Лідер, 2015. С. 120–129.

52. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Модель вибору пасажирями шляху пересування. *Застосування моделей і методів ергономіки і логістики в транспортних системах*: монографія. Харків: Лідер, 2016. С. 208–219.

53. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Закономірності вибору пасажирями шляху пересування. *Фактор людини у розвитку транспортних систем*: монографія. Харків: Лідер, 2017. С. 142–147.

## Додаток Б

**Коефіцієнти «штрафу» залежно від рівня заповнення маршрутного  
пасажирського транспортного засобу**

Таблиця Б.1 – Визначення коефіцієнт штрафу залежно від інформації щодо ступеня заповнення салону транспортного засобу, що надається пасажиром у режимі реального часу [126]

Рівень заповнення салону транспортного засобу	Коефіцієнт використання місткості ( $Vol_s(\tau)/Cap_s$ )	Коефіцієнт штрафу ( $\beta_{s,\tau}^{CL}(\tau)$ )
1	<0,30	0,9
2	0,30 - 0,60	1,1
3	0,60 - 0,80	1,7
4	>0,80	2,2

Таблиця Б.2 – Значення коефіцієнтів заповнення [137]

Умови поїздки	Значення коефіцієнту [довірчий інтервал]
Поїздка сидячі, щільність заповнення 0-1 пас./м <sup>2</sup>	1 (еталонне значення)
Поїздка сидячі, щільність заповнення 4 пас./м <sup>2</sup>	1,13 [1,06 – 1,21]
Поїздка сидячі, щільність заповнення 8 пас./ м <sup>2</sup>	1,48 [1,38 – 1,58]
Поїздка стоячі, щільність заповнення 0-1 пас./м <sup>2</sup>	1,98 [1,82 – 2,13]
Поїздка стоячі, щільність заповнення 4 пас./м <sup>2</sup>	2,15 [1,96 – 2,33]
Поїздка стоячі, щільність заповнення 8 пас./ м <sup>2</sup>	2,94 [2,60 – 3,28]

Таблиця Б.3 - Коефіцієнти зростання часу, як функція від ступеня заповнення транспортного засобу для різних видів транспорту в Іль-де-Франс [165]

Коефіцієнт використання місткості (відношення до кількості місць для проїзду сидячі), %	Усі види транспорту		Метрополітен		Залізничний транспорт + RER*		Автобус + Трамвай	
	сидячі	стоячі	сидячі	стоячі	сидячі	стоячі	сидячі	стоячі
25	1,000	-	1,000	-	1,000	-	1,000	-
50	1,000	-	1,000	-	1,000	-	1,000	-
75	1,000	-	1,000	-	1,000	-	1,000	-
100	1,083	-	1,077	-	1,073	-	1,102	-
125	1,165	1,289	1,155	1,270	1,145	1,261	1,204	1,342
150	1,248	1,394	1,232	1,362	1,218	1,358	1,307	1,467
200	1,330	1,499	1,309	1,453	1,290	1,456	1,409	1,593
250	1,413	1,604	1,386	1,545	1,363	1,553	1,511	1,718

Примітка: RER\* – система швидкісного громадського транспорту, що обслуговує Париж та передмістя; являє собою об'єднання приміських наземних залізничних ліній.

Таблиця Б.4 - Значення коефіцієнтів впливу щільності заповнення на витрати часу [132]

Щільність заповнення, пас./м <sup>2</sup>	Середні значення коефіцієнтів	Значення коефіцієнтів для ранкового часу «пік»	Значення коефіцієнтів для вечірнього часу «пік»
1	2	3	4
0	1,00 (0,91 – 1,08)	1,02 (0,93 – 1,12)	0,93 (0,78 – 1,08)
1	1,00	1,00	1,00
2	1,05 (0,97 – 1,13)	1,06 (0,96 – 1,15)	1,06 (0,91 - 1,21)

Продовження табл. Б.4

1	2	3	4
2,5	1,18 (1,07 – 1,28)	1,19 (1,07 – 1,31)	1,18 (0,99 – 1,36)
3	1,26 (1,13 – 1,39)	1,24 (1,10 – 1,38)	1,29 (1,05 – 1,53)
4	1,40 (1,25 – 1,56)	1,52 (1,33 – 1,71)	1,31 (1,06 – 1,56)
6	1,57 (1,35 – 1,80)	1,46 (1,20 – 1,73)	1,67 (1,27 – 2,06)

Примітка: в дужках зазначено довірчі інтервали.

Таблиця Б.5 – Коефіцієнти заповнення (*crowding multiplier*) [283]

Коефіцієнт заповнення ( <i>load factor</i> )	Коефіцієнт для пасажирів, що здійснюють поїздку сидячі, $\alpha^{seat}$ ( <i>seated in-vehicle time multiplier</i> )	Коефіцієнт для пасажирів, що здійснюють поїздку стоячі, $\alpha^{stand}$ ( <i>Standing in-vehicle time multiplier</i> )
50%	0,95	-
75%	1,05	-
100%	1,16	1,78
125%	1,28	1,97
150%	1,40	2,19
175%	1,55	2,42
200%	1,71	2,69

Таблиця Б.6 – Значення коефіцієнтів впливу рівня заповнення [191]

Відсоток зайнятих місць для проїзду пасажирів сидячі, %	Щільність пасажирів у салоні транспортного засобу, пас./м <sup>2</sup>	Коефіцієнти впливу рівня заповнення		
		Модель без сегментації пасажирів	Модель із сегментацією пасажирів	
			пасажирів, які часто пересуваються за напрямком	пасажирів, які не часто (рідко) пересуваються за напрямком
0	0	1,00	1,00	1,00
100	0	1,16	1,31	1,00
100	1	1,22	1,45	1,00
100	2	1,28	1,60	1,00
100	3	1,34	1,75	1,00

Таблиця Б.7 - Коефіцієнти впливу рівня заповнення транспортного засобу [147]

Щільність заповнення, пас./м <sup>2</sup>	Коефіцієнти впливу рівня заповнення							
	Проїзд сидячі				Проїзд стоячі			
	MNL	ML	LC		MNL	ML	LC	
			клас 1	клас 2			клас 1	клас 2
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	1,10	1,11	1,33	1,02	1,17	1,16	1,56	1,07
2	1,20	1,22	1,65	1,04	1,33	1,33	2,11	1,13
3	1,30	1,33	1,98	1,06	1,50	1,49	2,67	1,20
4	1,40	1,45	2,30	1,08	1,67	1,65	3,22	1,26
5	1,50	1,56	2,63	1,10	1,84	1,81	3,78	1,33
6	1,60	1,67	2,95	1,13	2,00	1,98	4,33	1,39

Примітка: LC - модель латентних класів; MNL – мультиноміальна логіт модель; ML – змішана логіт модель; клас 1 – чутливі до умов заповнення; клас 2 – не чутливі до умов заповнення.

Таблиця Б.8 – Вартість транспортного часу залежно від щільності заповнення салону транспортного засобу [140]

Щільність пасажирів, $d$ , пас./м <sup>2</sup>	Вартісна оцінка транспортного часу без урахування ступеня заповнення транспортного засобу, \$ США/год	Вартісна оцінка транспортного часу з урахуванням ступеня заповнення транспортного засобу, \$ США/год	Відношення вартісної оцінки транспортного часу з рівнем заповнення $d$ у порівнянні з умовами, коли доступні місця для сидіння ( $d=0$ пас./м <sup>2</sup> )
0	2,4	3,15	1,00
1	2,4	3,94	1,25
2	2,4	4,74	1,50
3	2,4	5,53	1,76
4	2,4	6,33	2,01
5	2,4	7,13	2,26
6	2,4	7,92	2,51

Таблиця Б.9 – Значення коефіцієнтів збільшення часу залежно від рівня заповнення салону транспортного засобу з урахуванням мети пересування та відстані поїздки [236]

Щільність пасажирів, пас./м <sup>2</sup>	Мета пересування				Відстань поїздки			
	культурно-побутові		трудові		міські		приміські	
	поїздка сидячі	поїздка стоячі	поїздка сидячі	поїздка стоячі	поїздка сидячі	поїздка стоячі	поїздка сидячі	поїздка стоячі
0	1,00	1,48	1,00	1,91	1,00	1,43	1,00	1,34
1	1,10	1,58	1,13	1,95	1,09	1,56	1,24	1,61
2	1,21	1,68	1,27	1,99	1,18	1,69	1,48	1,88
3	1,31	1,77	1,40	2,03	1,27	1,82	1,72	2,16
4	1,41	1,87	1,54	2,08	1,36	1,95	1,96	2,43

Продовження табл. Б.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	1,52	1,97	1,67	2,12	1,45	2,08	2,20	2,70
6	1,62	2,06	1,81	2,16	1,54	2,21	2,44	2,97

Таблиця Б.10 – Значення коефіцієнтів збільшення часу залежно від рівня заповнення салону транспортного засобу [236]

Коефіцієнт використання місткості (відношення кількості пасажирів у салоні до кількості місць для сидіння), %;	Коефіцієнт часу		Щільність заповнення пасажирів у салоні транспортного засобу, пас./м <sup>2</sup>	Коефіцієнт часу	
	пасажирів здійснюють поїздку сидячі	пасажирів здійснюють поїздку стоячі		пасажирів здійснюють поїздку сидячі	пасажирів здійснюють поїздку стоячі
80	1,0	1,50	0	1,0	1,53
100	1,08	1,50	1,0	1,11	1,62
120	1,23	1,67	2,0	1,21	1,70
140	1,38	1,85	3,0	1,32	1,79
160	1,53	2,02	4,0	1,42	1,87
180	1,68	2,20	5,0	1,53	1,96
200	1,83	2,37	6,0	1,63	2,04

Примітка: оскільки значення коефіцієнту використання місткості та щільності заповнення для різних типів рухомого складу є різними, то строки у табл. 1.1 не співпадають (мають відмінність) за цими показниками.



Таблиця Б.11 – Коефіцієнти впливу рівня заповнення салону транспортного засобу [297]

Щільність заповнення, пас./м <sup>2</sup>	Коефіцієнти збільшення часу поїздки через вплив заповнення салону транспортного засобу ( <i>crowding multipliers</i> )			
	поїздка сидячі	довірчий інтервал	поїздка стоячі	довірчий інтервал
0	1,01	0,99 – 1,04	–	–
1	1,23	1,15 – 1,31	1,69	1,61 – 1,78
4	1,50	1,43 – 1,57	1,79	1,70 – 1,87
8	1,54	1,47 – 1,62	2,13	2,00 – 2,25

Таблиця Б.12 – Вартісна оцінка впливу рівня заповнення транспортних засобів при здійсненні поїздки сидячи та стоячи [188]

Рівень заповнення	Додаткові витрати		Загальні витрати	
	центів/хв.	доларів/год	центів/хв.	доларів/год
Поїздка сидячи у не переповненому транспортному засобі	-	-	14,1	8,45
Поїздка сидячи у переповненому транспортному засобі	2,4	1,47	16,5	9,92
Поїздка стоячи до 10 хв.	4,7	2,83	18,8	11,28
Поїздка стоячи до 15 хв.	8,1	4,85	22,2	13,30
Поїздка стоячи 20 хв. та більше	11,5	6,88	25,5	15,33
Поїздка стоячи у переповненому транспортному засобі	10,0	5,98	24,1	14,43

## Додаток В

### Характеристика моделей вибору пасажирями шляху пересування

Таблиця В.1 – Функція корисності (узагальнена вартість пересування)

№ п/п	Автор, рік, посилання	Функція корисності / узагальнена вартість пересування	Позначення
1	E. Cascetta, A. Nuzzolo, F. Russo, A. Vitetta, 1996 р. [297]	$U_k^n = V_k^n + \varepsilon_k^n, \forall k \in I_{rs},$ $V_k^n = \sum_j \beta_j \cdot X_{jk}^n$ $\tilde{V}_k^n = V_k^n - CF_k,$	$V_k^n, \varepsilon_k^n$ - відповідно детермінований та стохастичний складники функції корисності при пересуванні користувача $n$ шляхом пересування $k$ ; $I_{rs}$ - множина альтернативних шляхів пересування між районами $r$ та $s$ ; $\beta_j$ - коефіцієнти вагомості $j$ -го параметру шляху пересування; $X_{jk}^n$ - значення $j$ -го параметру шляху пересування $k$ для користувача $n$ ; $CF_k$ - фактор суміщення шляху пересування $k$ ( <i>commonality factor</i> ).
2	G. Currie, 2005 р. [246]	$TGC = ((Walk_t \cdot Walk_w) + (Wait_t \cdot Wait_w) + (IVT_t \cdot IVT_w) + (NT \cdot TP) + MSC_m) \cdot VOT + Fare,$	$Walk_t, Wait_t, IVT_t$ - витрати часу відповідно на пішохідний рух до та від зупинок маршрутного пасажирського транспорту, очікування транспорту та здійснення поїздки, хв.; $Walk_w, Wait_w, IVT_w$ - вагові коефіцієнти, що характеризують оцінку витрат часу відповідно на пішохідний рух до та від зупинок маршрутного пасажирського транспорту, очікування транспорту та здійснення поїздки; $NT$ - кількість пересаджень, од.; $TP$ - «штраф» за пересадження, хв.; $MSC_m$ - постійний показник, що характеризує привабливість виду транспорту $m$ у часовому вимірі, хв.; $VOT$ - грошова оцінка витрат часу, г.о./хв.; $Fare$ - палата за проїзд, г.о.

Продовження табл. В.1

1	2	3	4
3	<p>M. Batarce, J. C. Muñoz, J. de Dios Ortúzar, 2016 p. [131]</p>	$V_{im} = \alpha_m + \beta c_m + [\gamma_0 + \gamma_1 d_m] t_m + \delta w_m + \varepsilon r_m$	<p><math>\alpha_m</math> - специфічний коефіцієнт виду транспорту <math>m</math>; <math>\beta</math>, <math>\delta</math>, <math>\varepsilon</math> - коефіцієнти вагомості відповідно витрат часу, часу очікування та коефіцієнту його варіації; <math>t_m</math> - час здійснення поїздки; <math>w_m</math> - час очікування; <math>c_m</math> - грошові витрати, що пов'язані з користуванням транспортом виду <math>m</math>; <math>r_m</math> - коефіцієнт варіації часу очікування; <math>\gamma_0</math> - коефіцієнт вагомості витрат часу на здійснення поїздки; <math>\gamma_1</math> - коефіцієнт вагомості заповнення салону транспортного засобу; <math>d_m</math> - щільність пасажирів, що здійснюють поїздку стоячи.</p>
2	<p>A. Drabicki, R. Kucharski, O. Cats, A. Fonzone, 2017 p. [139]</p>	$v_i = \sum_{s \in i} \beta_{s,\tau}^{CL}(\tau) \cdot IVT_s + \sum_{s \in i} \beta_s^{WT} \cdot WT_s + \sum_{s \in i} \beta_s^{WKT} \cdot WKT_s + \sum_{s \in i} \beta_s^{NTR} \cdot NTR_s + \varepsilon_i$	<p><math>IVT_s</math>, <math>WT_s</math>, <math>WKT_s</math>, <math>NTR_s</math> - відповідно час здійснення поїздки, очікування, пішохідного руху, кількість пересаджень; <math>\beta_s^{WT}</math>, <math>\beta_s^{WKT}</math>, <math>\beta_s^{NTR}</math> - вагові коефіцієнти при відповідних складниках здійснення пересадження (очікування, пішого руху, пересаджень); <math>\beta_{s,\tau}^{CL}(\tau)</math> - коефіцієнт штрафу, що залежить від інформації щодо ступеня заповнення салону транспортного засобу, яка надається пасажиром у режимі реального часу; <math>s</math> - етап здійснення поїздки; <math>\varepsilon_i</math> - випадкова складова функції корисності з середнім значенням, що дорівнює 0.</p>
3	<p>X. Xu, H. Li, J. Liu, B. Ran, L. Qin, 2018 p. [175]</p>	$U_{od}^r(k) = \theta_1 \cdot IT_{od}^r(k) + \theta_2 \cdot WT_{od}^r(k) + \theta_3 \cdot WTT_{od}^r(k) + \varepsilon_{od}^r, r \in R_{od}, k = 1, 2, \dots, K$	<p><math>IT_{od}^r(k)</math> - час здійснення поїздки пасажирів, що здійснюють пересування за шляхом <math>r</math> у часовий інтервал <math>k</math>; <math>WT_{od}^r(k)</math> - загальний час очікування пасажирів прибуття транспортного засобу при пересуванні шляхом <math>r</math> у часовий інтервал <math>k</math>; <math>WTT_{od}^r(k)</math> - час пішохідного руху при пересуванні шляхом <math>r</math> у часовий інтервал <math>k</math>; <math>\varepsilon_{od}^r</math> - випадковий складник функції корисності; <math>\theta_1</math>, <math>\theta_2</math>, <math>\theta_3</math> - відповідні вагові коефіцієнти.</p>

Таблиця В.2 – Характеристика моделей дискретного вибору пасажирями шляху пересування

№ п/п	Автор, рік, посилання	Модель вибору шляху пересування	Характеристика	Позначення
1	2	3	4	5
1	E. Cascetta, A. Nuzzolo, F. Russo, A. Vitetta, 1996 р. [297]	$p(k/n) = \frac{\exp(V_k^n - CF_k)}{\sum_{h \in I_{rs}} \exp(V_h^n - CF_h)}$ $CF_k = \beta_0 \cdot \ln \sum_{h \in I_{rs}} \left( \frac{L_{hk}}{\sqrt{L_h L_k}} \right)^\gamma$	MNL, Динамічність -, заповнення салону ТЗ-, взаємозумовленість альтернатив +	$p(k/n)$ - імовірність вибору шляху пересування $k$ користувачем $n$ ; $V_k^n$ - корисність шляху пересування $k$ для користувача $n$ ; $CF_k$ - фактор суміщення шляху пересування ( <i>commonality factor</i> ); $I_{rs}$ - множина альтернативних шляхів пересування між районами $r$ та $s$ ; $\beta_0$ , $\gamma$ - коефіцієнти моделі; $L_{hk}$ - протяжність суміщеної ділянки для шляхів $h$ та $k$ ; $L_h$ , $L_k$ - відповідно загальна протяжність шляхів $h$ та $k$ .
2	A. Drabicki, R. Kucharski, O. Cats, A. Fonzone, 2017 р. [139]	$P_c = \frac{\exp(\mu \cdot v_c)}{\sum_{c^* \in C} \exp(\mu \cdot v_{c^*})}$ $v_c = \ln \sum_{i \in A^c} e^{v_i}$	MNL, Динамічність +, заповнення салону ТЗ+, взаємозумовленість альтернатив -	$P_c$ - імовірність прийняття рішення $c$ (вибір зупинки, маршруту здійснення поїздки тощо); $\mu$ - коефіцієнт чутливості моделі вибору; $v_c$ - корисність дії (рішення); $v_i$ - корисність шляхів пересування, що розглядаються як альтернативні.

Продовження табл. В.2

1	2	3	4	5
3	<p>X. Xu, H. Li, J. Liu, B. Ran, L. Qin, 2018 p. [175]</p>	$p_{o,d,r}(k) = \frac{\exp(U_{od}^r(k) + \alpha \cdot CF_r(k))}{\sum_{r \in R_{od}} \exp(U_{od}^r(k) + \alpha \cdot CF_r(k))},$ $\forall (o, d) \in OD, r \in R_{od}, k = 1, 2, \dots, K$ $CF_r(k) = \ln \sum_{m \in r} \left( \frac{c_m(k)}{C_r(k)} \cdot \sum_{r^* \in R_{od}} \delta_m^{r^*} \right),$ $\forall (o, d) \in OD, r \in R_{od}, k = 1, 2, \dots, K$	<p>MNL, Динамічність +, заповнення салону ТЗ+, взаємозумовленість альтернатив +</p>	<p><math>p_{o,d,r}(k)</math> - імовірність вибору пасажиром шляху пересування <math>r</math> між транспортними районами <math>o</math> та <math>d</math>; <math>U_{od}^r(k)</math> - корисність шляху пересування <math>r</math> між транспортними районами <math>o</math> та <math>d</math> у інтервал часу <math>k</math>; <math>\alpha</math> - від'ємний параметр, що характеризує сприйняття пасажиром корельованих альтернатив; <math>CF_r(k)</math> - фактор суміщення шляху пересування <math>r</math>; <math>c_m(k)</math> - протяжність (або час руху) ділянки <math>m</math> для інтервалу часу <math>k</math>; <math>C_r(k)</math> - протяжність (або час руху) шляху пересування для інтервалу часу <math>k</math>; <math>\delta_m^{r^*}</math> - фіктивна змінна, що приймає значення, що дорівнює 1 у випадку, якщо шлях пересування <math>r</math> містить ділянку <math>m</math>, та приймає 0 в іншому випадку; <math>OD</math> - множина усіх пар районів відправлення <math>o</math> та призначення <math>d</math> пересування; <math>R_{od}</math> - множина шляхів пересування між районами відправлення <math>o</math> та призначення <math>d</math>; <math>K</math> - множина інтервалів часу <math>k</math>.</p>

## Додаток Г

**Оцінка питомої ваги кількості місць для проїзду пасажирів сидячі у загальній пасажиромісткості транспортного засобу**

Таблиця Г.1 – Відношення кількості місць для сидіння до номінальної пасажиромісткості

№ п/п	Марка автобусу	Клас пасажиромісткості	Довжина, мм	Кількість місць для проїзду сидячи, пас.	Номінальна пасажиромісткість, пас.	Відношення кількості місць для сидіння до номінальної пасажиромісткості	Середнє значення за класом
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ГАЗ-3221	Особливо малий	5500	13	13	1,000	1,000
2	Mazda-E2200		4915	14	14	1,000	
3	Ford-Transit		5368	14	14	1,000	
4	Iveco		5970	16	16	1,000	
5	Рута СПВ-15		5350	13	13	1,000	
1	Богдан А201.10	Малий	7880	24	48	0,500	0,59
2	ПАЗ-32054		6925	25	43	0,581	
3	Ikarus EAG E91		7868	19	34	0,559	
4	БАЗ "ПРОЛІСОК" А079.52-10		7170	24	38	0,632	
5	ЗАЗ-А07А «I-VAN»		7400	23	41	0,561	
6	Богдан А092		7420	22	46	0,478	
7	БАЗ «Еталон» А079		7150	22	38	0,579	
8	Богдан-А067.01		6500	18	32	0,563	
9	Богдан-А069.00		6690	19	32	0,594	
10	Богдан-А091		7205	21	45	0,467	
11	БАЗ-2215		5680	14	18	0,778	
12	Рута-25		7000	19	25	0,760	

Продовження табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8
1	Богдан А302.20	Середній	8780	26	65	0,4000	0,35
2	ЛАЗ-529260		10500	22	75	0,293	
3	МАЗ 206		8800	25	72	0,347	
4	КАВЗ-4270		10200	27	84	0,321	
5	ЛАЗ-429260 (10,5 м)		9500	23	79	0,291	
6	БАЗ «ЕТАЛОН»		9440	24	69	0,348	
1	Богдан А601	Великий	10630	25	99	0,253	0,27
2	ЛАЗ-5293		11400	24	104	0,231	
3	Богдан -		11960	30	106	0,283	
4	ЛАЗ-5256		11400	23	110	0,209	
5	Богдан -		11960	30	100	0,300	
6	ЛАЗ А152		10000	24	104	0,231	
7	МАЗ 103		11985	22	100	0,220	
8	МАЗ 203		12000	28	110	0,255	
9	ЛАЗ-529260 (12 м)		11990	28	114	0,246	
10	ЛАЗ-А183F0		12000	34	100	0,340	
11	Ikarus 415		11440	20	97	0,206	
12	БАЗ «РОМАШКА»		10720	27	98	0,276	
13	ЛАЗ А183		12000	24	100	0,240	
14	МАРЗ-52661		10920	28	117	0,239	
1	МАЗ 107	Особливо великий	14480	25	145	0,172	0,22
2	«Богдан» А		15000	38	146	0,260	
3	ЛАЗ-6213		18040	34	153	0,222	
4	МАЗ 215		18750	35	183	0,191	
5	Ikarus 435		17850	40	176	0,227	
6	Ikarus 417		17630	31	170	0,182	

**Додаток Д**  
**Визначення собівартості виконання 1 км пробігу для різних марок**  
**транспортних засобів**

Таблиця Д.1 – Результати розрахунку собівартості виконання 1 км пробігу для різних марок транспортних засобів

Марка ТЗ	Пасажиромісткість, пас.	Собівартість виконання 1 км пробігу, грн./км
1	2	3
ГАЗ-3221	13	11,45
Ford-Transit	14	11,57
Iveco-Turbodaily	16	13,08
Hyundai County (РЗГА)	18	15,71
БАЗ-2215 «Дельфін»	18	14,46
Рута-25	25	14,52
Hyundai Real	29	15,32
Богдан-А069.00	32	15,68
Ikarus EAG E91	34	14,75
БАЗ «ПРОЛІСОК»А079.52- 10	38	15,10
БАЗ «Еталон» А079	38	15,91
ЗАЗ-А07А "I-VAN"	41	16,98
ПАЗ-32054	43	16,94
Богдан-А091	45	16,02
Богдан А092	46	15,62
Богдан А201.10	48	18,03
Богдан А302.20	65	20,06
БАЗ "ЕТАЛОН" А08128	69	22,38
МАЗ 206	72	24,77
ЛПАЗ-429260 (10,5 м)	79	27,78
КАВЗ-4270	84	26,57



Продовження табл. Д.1

1	2	3
ЛАЗ А152	89	26,24
ЛІАЗ-529260	75	27,84
БАЗ «РОМАШКА» А111.10	98	30,21
Богдан А601	99	25,36
Богдан - А705.22	100	27,07
МАЗ 103	100	27,96
ЛІАЗ-5293	104	29,59
Богдан - А701.30	106	31,29
ЛАЗ-А183F0	100	29,52
ЛАЗ А183	100	25,94
ЛІАЗ-5256	110	34,31
МАЗ 203	110	31,32
МАЗ 104	110	28,92
ЛІАЗ-529260 (12 м)	114	29,50
НефАЗ-5299	114	34,49
НЕМАН-5201	119	28,13
МАЗ 107	145	40,05
ЛІАЗ-6213	153	33,51
Богдан А-231	160	36,45
МАЗ 215	183	40,98

## Додаток Е

**Результати натурних обстежень щодо вибору пасажирями шляху  
пересування**

Таблиця Е.1 - Результати дослідних даних щодо вибору пасажирями шляху пересування

Номер вибірки	Обсяг вибірки, од.	Номер шляху пересування	Кількість кореспонденцій, що реалізується за шляхом, од.	Відхилення узагальноної вартості пересування від найкоротшого, %	Частка кореспонденції, що реалізується за шляхом пересування
1	2	3	4	5	6
1	31	1	12	0,00	0,387
		2	11	7,30	0,355
		3	6	10,02	0,194
		4	2	23,02	0,065
2	27	1	12	0,00	0,444
		2	9	8,76	0,333
		3	5	18,60	0,185
		4	1	21,72	0,037
3	52	1	17	0,00	0,327
		2	16	3,74	0,308
		3	13	4,82	0,250
		4	5	21,90	0,096
		5	1	38,26	0,019
4	44	1	18	0,00	0,409
		2	16	7,46	0,364
		3	7	19,49	0,159

Продовження табл. Е.1

1	2	3	4	5	6
4	44	4	2	30,90	0,045
		5	1	34,06	0,023
5	37	1	14	0,00	0,378
		2	13	8,44	0,351
		3	6	17,88	0,162
		4	4	22,48	0,108
6	24	1	10	0,00	0,417
		2	8	5,64	0,333
		3	6	27,98	0,250
7	35	1	13	0,00	0,371
		2	11	7,30	0,314
		3	9	10,15	0,257
		4	2	23,95	0,057
8	48	1	19	0,00	0,396
		2	16	5,39	0,333
		3	9	14,92	0,188
		4	3	36,45	0,063
		5	1	45,85	0,021
9	52	1	24	0,00	0,462
		2	17	12,38	0,327
		3	9	18,50	0,173
		4	2	29,70	0,038
10	24	1	12	0,00	0,500
		2	8	14,33	0,333
		3	4	21,86	0,167

Продовження табл. Е.1

1	2	3	4	5	6
11	47	1	20	0,00	0,426
		2	18	1,56	0,383
		3	7	21,24	0,149
		4	2	31,11	0,043
12	60	1	35	0,00	0,583
		2	16	17,64	0,267
		3	7	22,42	0,117
		4	2	28,74	0,033
13	56	1	25	0,00	0,446
		2	26	2,13	0,464
		3	5	17,40	0,089
14	34	1	27	0,00	0,794
		2	6	20,68	0,176
		3	1	35,83	0,029
15	38	1	16	0,00	0,421
		2	17	0,13	0,447
		3	4	10,45	0,105
		4	1	27,54	0,026
16	33	1	21	0,00	0,636
		2	9	17,19	0,273
		3	3	23,14	0,091
17	29	1	13	0,00	0,448
		2	11	3,65	0,379
		3	5	9,24	0,172
18	22	1	18	0,00	0,818
		2	4	16,14	0,182

Продовження табл. Е.1

1	2	3	4	5	6
19	68	1	30	0,00	0,441
		2	25	3,71	0,368
		3	8	15,38	0,118
		4	4	27,62	0,059
		5	1	39,30	0,015
20	45	1	31	0,00	0,689
		2	12	11,91	0,267
		3	2	32,17	0,044
21	39	1	27	0,00	0,692
		2	9	14,27	0,231
		3	2	28,21	0,051
		4	1	38,66	0,026
22	33	1	14	0,00	0,424
		2	13	3,35	0,394
		3	5	17,05	0,152
		4	1	30,60	0,030
23	49	1	33	0,00	0,673
		2	12	13,27	0,245
		3	3	21,59	0,061
		4	1	35,34	0,020
24	55	1	20	0,00	0,364
		2	17	1,41	0,309
		3	10	8,61	0,182
		4	4	15,03	0,073
		5	4	19,11	0,073

Продовження табл. Е.1

1	2	3	4	5	6
25	36	1	18	0,00	0,500
		2	15	18,05	0,417
		3	2	22,84	0,056
		4	1	29,11	0,028
26	44	1	20	0,00	0,455
		2	14	7,28	0,318
		3	10	9,79	0,227
27	21	1	11	0,00	0,524
		2	10	1,33	0,476
28	29	1	18	0,00	0,621
		2	7	17,07	0,241
		3	4	25,20	0,138
29	24	1	13	0,00	0,542
		2	8	8,22	0,333
		3	3	17,37	0,125
30	61	1	41	0,00	0,672
		2	10	18,26	0,164
		3	5	24,20	0,082
		4	3	27,80	0,049
		5	2	33,17	0,033
31	36	1	17	0,00	0,472
		2	13	5,33	0,361
		3	4	18,07	0,111
		4	2	21,74	0,056
32	41	1	26	0,00	0,634
		2	14	11,78	0,341
		3	1	27,59	0,024

Продовження табл. Е.1

1	2	3	4	5	6
33	45	1	19	0,00	0,422
		2	20	1,51	0,444
		3	4	18,46	0,089
		4	2	21,63	0,044
34	35	1	12	0,00	0,343
		2	10	4,92	0,286
		3	7	10,58	0,200
		4	4	13,71	0,114
		5	2	25,06	0,057
35	28	1	21	0,00	0,750
		2	5	18,45	0,179
		3	2	21,23	0,071
36	54	1	30	0,00	0,556
		2	14	13,25	0,259
		3	7	17,96	0,130
		4	3	24,74	0,056

**Додаток Ж**  
**Оцінка адекватності моделі вибору пасажирями**  
**шляху пересування**

Таблиця Ж.1 - Результати розрахунку середньозваженої помилки моделі

Номер досліджу	Фактична частка кореспонденції	Розрахункова частка кореспонденції	Абсолютна похибка	Відносна похибка
1	2	3	4	5
1	0,387	0,4313	-0,044	0,114
2	0,355	0,2618	0,093	0,262
3	0,194	0,2174	-0,024	0,123
4	0,065	0,0894	-0,025	0,386
5	0,444	0,4862	-0,042	0,094
6	0,333	0,2672	0,066	0,198
7	0,185	0,1364	0,049	0,264
8	0,037	0,1102	-0,073	1,975
9	0,327	0,3583	-0,031	0,096
10	0,308	0,2775	0,030	0,098
11	0,250	0,2577	-0,008	0,031
12	0,096	0,0802	0,016	0,166
13	0,019	0,0262	-0,007	0,364
14	0,409	0,4801	-0,071	0,174
15	0,364	0,2883	0,075	0,207
16	0,159	0,1267	0,032	0,204
17	0,045	0,0581	-0,013	0,278
18	0,023	0,0468	-0,024	1,059
19	0,378	0,4828	-0,104	0,276
20	0,351	0,2711	0,080	0,228
21	0,162	0,1422	0,020	0,123
22	0,108	0,1038	0,004	0,039
23	0,417	0,5471	-0,130	0,313
24	0,333	0,3721	-0,039	0,116
25	0,250	0,0808	0,169	0,677
26	0,371	0,4345	-0,063	0,170



Продовження табл. Ж.1

1	2	3	4	5
27	0,314	0,2638	0,050	0,161
28	0,257	0,2171	0,040	0,156
29	0,057	0,0845	-0,027	0,479
30	0,396	0,4589	-0,063	0,159
31	0,333	0,3176	0,016	0,047
32	0,188	0,1655	0,022	0,117
33	0,063	0,0380	0,025	0,392
34	0,021	0,0200	0,001	0,040
35	0,462	0,5427	-0,081	0,176
36	0,327	0,2328	0,094	0,288
37	0,173	0,1532	0,020	0,115
38	0,038	0,0713	-0,033	0,853
39	0,500	0,6250	-0,125	0,250
40	0,333	0,2347	0,099	0,296
41	0,167	0,1403	0,026	0,158
42	0,426	0,4440	-0,018	0,043
43	0,383	0,3991	-0,016	0,042
44	0,149	0,1039	0,045	0,302
45	0,043	0,0530	-0,010	0,245
46	0,583	0,6040	-0,021	0,035
47	0,267	0,1808	0,086	0,322
48	0,117	0,1304	-0,014	0,118
49	0,033	0,0847	-0,051	1,542
50	0,446	0,4610	-0,015	0,033
51	0,464	0,3986	0,066	0,142
52	0,089	0,1404	-0,051	0,572
53	0,794	0,7521	0,042	0,053
54	0,176	0,1830	-0,006	0,037
55	0,029	0,0650	-0,036	1,209
56	0,421	0,3798	0,041	0,098
57	0,447	0,3764	0,071	0,159
58	0,105	0,1860	-0,081	0,767
59	0,026	0,0578	-0,032	1,197
60	0,636	0,6603	-0,024	0,038

Продовження табл. Ж.1

1	2	3	4	5
61	0,273	0,2039	0,069	0,252
62	0,091	0,1358	-0,045	0,494
63	0,448	0,4327	0,016	0,035
64	0,379	0,3372	0,042	0,111
65	0,172	0,2301	-0,058	0,335
66	0,818	0,7508	0,067	0,082
67	0,182	0,2492	-0,067	0,371
68	0,441	0,4264	0,015	0,033
69	0,368	0,3310	0,037	0,100
70	0,118	0,1490	-0,031	0,266
71	0,059	0,0646	-0,006	0,098
72	0,015	0,0291	-0,014	0,977
73	0,689	0,6435	0,045	0,066
74	0,267	0,2851	-0,018	0,069
75	0,044	0,0714	-0,027	0,607
76	0,692	0,6275	0,065	0,094
77	0,231	0,2366	-0,006	0,025
78	0,051	0,0913	-0,040	0,780
79	0,026	0,0447	-0,019	0,742
80	0,424	0,4483	-0,024	0,057
81	0,394	0,3565	0,037	0,095
82	0,152	0,1398	0,012	0,077
83	0,030	0,0554	-0,025	0,827
84	0,673	0,5808	0,093	0,138
85	0,245	0,2346	0,010	0,042
86	0,061	0,1327	-0,072	1,168
87	0,020	0,0519	-0,031	1,542
88	0,364	0,3234	0,040	0,111
89	0,309	0,2937	0,015	0,050
90	0,182	0,1796	0,002	0,012
91	0,073	0,1158	-0,043	0,592
92	0,073	0,0876	-0,015	0,205
93	0,500	0,6106	-0,111	0,221
94	0,417	0,1778	0,239	0,573

Продовження табл. Ж.1

1	2	3	4	5
95	0,056	0,1282	-0,073	1,307
96	0,028	0,0835	-0,056	2,006
97	0,455	0,4716	-0,017	0,038
98	0,318	0,2868	0,031	0,099
99	0,227	0,2416	-0,014	0,063
100	0,524	0,5227	0,001	0,002
101	0,476	0,4773	-0,001	0,002
102	0,621	0,6712	-0,050	0,081
103	0,241	0,2090	0,032	0,134
104	0,138	0,1199	0,018	0,131
105	0,542	0,5332	0,008	0,016
106	0,333	0,3041	0,029	0,088
107	0,125	0,1627	-0,038	0,302
108	0,672	0,5775	0,095	0,141
109	0,164	0,1658	-0,002	0,012
110	0,082	0,1104	-0,028	0,347
111	0,049	0,0864	-0,037	0,756
112	0,033	0,0599	-0,027	0,825
113	0,472	0,4521	0,020	0,043
114	0,361	0,3141	0,047	0,130
115	0,111	0,1314	-0,020	0,183
116	0,056	0,1023	-0,047	0,842
117	0,634	0,6255	0,009	0,014
118	0,341	0,2796	0,062	0,181
119	0,024	0,0949	-0,071	2,892
120	0,422	0,4145	0,008	0,018
121	0,444	0,3737	0,071	0,159
122	0,089	0,1173	-0,028	0,320
123	0,044	0,0945	-0,050	1,126
124	0,343	0,3608	-0,018	0,052
125	0,286	0,2578	0,028	0,098
126	0,200	0,1751	0,025	0,125
127	0,114	0,1413	-0,027	0,237
128	0,057	0,0650	-0,008	0,138

Продовження табл. Ж.1

1	2	3	4	5
129	0,750	0,6588	0,091	0,122
130	0,179	0,1867	-0,008	0,046
131	0,071	0,1544	-0,083	1,162
132	0,556	0,5314	0,024	0,043
133	0,259	0,2149	0,044	0,171
134	0,130	0,1557	-0,026	0,201
135	0,056	0,0980	-0,042	0,764
$\Sigma$	36	36	-	45,338

## Додаток К

## Лістинг програмного забезпечення моделювання пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту

```

//-----

#include <vcl.h>
#pragma hdrstop

#include "ViewTableSimpleDemoData.h"
#include "math.h"
#include "fact.h"
//-----

#pragma package(smart_init)
#pragma link "cxClasses"
#pragma link "cxGridTableView"
#pragma link "cxStyles"
#pragma resource "*.dfm"
#define DUGI_DATA 3

TViewTableSimpleDemoMainDM *ViewTableSimpleDemoMainDM;
//-----
__fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::TViewTableSimpleDemoMainDM(TComponent* Owner)
: TDataModule(Owner)

DEL_CPER_IN = 30;
DEL_TIME_IN = 30;
Ctime = 0.2;
DOXOD = 3000;

perE =6.32;
perF =33.956;
perG =1.99;
perB =-0.0683;

buttF1=true;
buttF2=false;
}
//-----
long double __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::ln(const long double& x) {
return logl(x)/logl(M_E);
}
//-----
void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::qreDugiAfterDelete(

```

```

        TDataSet *DataSet)
    {
        if (ViewTableSimpleDemoMainDM->qreDugi->UpdatesPending)
            qreDugi->ApplyUpdates();
    }
//-----
void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::qreDugiBeforeDelete(
    TDataSet *DataSet)
    {
        // qreDugi->Delete();
    }
//-----

void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::qreDugiAfterPost(
    TDataSet *DataSet)
    {
        qreDugi->ApplyUpdates();
/* if (FUpdating) {
    FUpdating = false;
    qreMaxFilmsID->Active = false;
    qreMaxFilmsID->Active = true;
    tblFilmsGenres->Insert();
    tblFilmsGenresFILMID->Value = qreMaxFilmsIDMAXOFID->Value;
    tblFilmsGenresGENREID->Value = tlbGENRESID->Value;
    tblFilmsGenres->Post();
}
*/
}

void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::qreDugiAfterInsert(
    TDataSet *DataSet)
    {
        FUpdating = true;
    }
//-----

void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::del_variants(int leftone, int rightone,
float minTime)
    {

        qVariantsDel2->Close();
        // qVariantsDel->SQL->Add("selecet * from variants where (VAR_I = :VAR_I AND
VAR_J=:VAR_J) ");
        // qVariantsDel->SQL->Add("AND ((VAR_TIME /:VAR_TIME)-1)*100 > 30 ");
        // qVariantsDel2->Prepare();
        qVariantsDel2->ParamByName("VAR_I")->AsInteger = leftone;
        qVariantsDel2->ParamByName("VAR_J")->AsInteger = rightone;
    }

```

```

        qVariantsDel2->ParamByName("VAR_TIME")->AsFloat = minTime;
        qVariantsDel2->ExecSQL();
    }
//-----
float __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::calcLengthPQ(AnsiString _way)
{
    AnsiString tmp;
    float summ;
    char *ptr;
    ptr = _way.c_str();
    for(int i=_way.Length()-1;i>0;i--){
        if(ptr[i]=='-'){
            tmp= _way.SubString(0,i+1);
            summ += calcTimePer(tmp);
        }
    }
    return summ;
}

//-----

float __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::calcTimePer(AnsiString _way)
{
    AnsiString tmp_p;
    float summ =0;
    int p1,p2;
    p1 =0;
    p2 =0;
    char *ptr;
    int cnt =0;
    ptr = _way.c_str();
    for(int i=0;i<_way.Length();i++){
        if((ptr[i]=='-')){
            tmp_p ="";
            for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
                tmp_p += ptr[i-j-1];
            }
            if(p1==0){
                p1=StrToInt(tmp_p);
            }else{
                p2=StrToInt(tmp_p);
            }
            if((p1 !=0)&&(p2 !=0)){
                for(int k=0;k<dugi_cnt;k++){
                    if((dugi[0][k]==p1)&&(dugi[1][k]==p2)){
                        summ +=dugi[2][k];
                        p1=p2;
                    }
                }
            }
        }
        cnt++;
    }
}

```

```

                p2=0;
                break;
            }
        }

        }

        cnt=-1;    //потому что сразу за этим плюсуется
    }
    cnt++;
}
return summ;
}

//-----
void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::loadDate()
{

    qty_pp = 0;
    qty_trp = 0;
    poten_q = 0;
    srednee_pesh1 = 0;
    srednee_pesh2 = 0;

// загружаю районы
    area_cnt = tblPoint->RecordCount;
    //массив кол-во вариантов между и , йот

/*  CntVariant_mas = new int*[area_cnt]; // area_cnt - кол-во районов
    for(int i=0;i<area_cnt;i++){
        CntVariant_mas[i] = new int[area_cnt];    // area_cnt - кол-во районов
        for(int k=0;k<area_cnt;k++){
            CntVariant_mas[i][k] = 0;
        }
    }
*/

// -----
    ppoint[0] = new float[area_cnt];
    ppoint[1] = new float[area_cnt];
    ppoint[2] = new float[area_cnt];
    ppoint[3] = new float[area_cnt];
    ppoint[4] = new float[area_cnt];
    try{

tblPoint->First();

```



```

int i= 0;
while (!tblPoint->Eof)
{
    ppoint[0][i] = tblPoint->FieldByName("POINT_NUMB")->AsInteger;
    ppoint[1][i] = tblPoint->FieldByName("POINT_HO")->AsInteger;
    ppoint[2][i] = tblPoint->FieldByName("POINT_HP")->AsInteger;
    ppoint[3][i] = tblPoint->FieldByName("AREA")->AsFloat;
    ppoint[4][i] = tblPoint->FieldByName("IsKrug")->AsInteger;
    i++;
    tblPoint->Next();
}
}
__finally
{
    tblPoint->EnableControls();
}

//загружаю дуги

// tblDugi->DisableControls();
tblDugi->Close();
tblDugi->Open();
dugi_cnt = tblDugi->RecordCount;

dugi[0] = new float[dugi_cnt];
dugi[1] = new float[dugi_cnt];
dugi[2] = new float[dugi_cnt];

try{
tblDugi->First();
int i=0;
while (!tblDugi->Eof)
{
    dugi[0][i] = tblDugi->FieldByName("POINT_I")->AsInteger;
    dugi[1][i] = tblDugi->FieldByName("POINT_J")->AsInteger;
    dugi[2][i] = tblDugi->FieldByName("LENGTH")->AsFloat;
    i++;
    tblDugi->Next();
}
}
__finally
{
    tblDugi->EnableControls();
}

//-----
route = new route_my[area_cnt];

```

```

try{
tblRoute->First();

    int k =0;
    AnsiString r_way;

    AnsiString tmp_p;
    char *ptr;
route_cnt = tblRoute->RecordCount;
while (!tblRoute->Eof)
{
    int cnt =0, cnt_way =0;;
    r_way =  tblRoute->FieldByName("ROUTE_WAY")->AsString;
    ptr = r_way.c_str();
    //узнаю кол-во райнов на маршруте
    for(int i=1;i<r_way.Length();i++){
        if((ptr[i]=='-')){
            cnt_way++;
        }
    }
    rroute[k].init(cnt_way);
    int ptr_way = 0;
    for(int i=1;i<r_way.Length();i++){
        if((ptr[i]=='-')){
            tmp_p ="";
            for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
                tmp_p += ptr[i-j-1];
            }
            rroute[k].way_tuda[ptr_way] = StrToInt(tmp_p);
            rroute[k].way_obратно[cnt_way-ptr_way-1] = StrToInt(tmp_p);
            ptr_way++;
            cnt=-1;    //потому что сразу за этим плюсуется
        }
        cnt++;
    }

    rroute[k].way = r_way;
    rroute[k].qty_a = tblRoute->FieldByName("ROUTE_QTY_A")->AsInteger;
    rroute[k].tob = tblRoute->FieldByName("ROUTE_TOB")->AsInteger;
    rroute[k].Q = tblRoute->FieldByName("ROUTE_Q")->AsInteger;
    rroute[k].QMAX = tblRoute->FieldByName("ROUTE_Q")->AsInteger;
    rroute[k].speed = tblRoute->FieldByName("ROUTE_SPEED")->AsFloat;
    rroute[k].numb = tblRoute->FieldByName("ROUTE_NUMB")->AsInteger;
    rroute[k].tariff = tblRoute->FieldByName("ROUTE_TARIFF")->AsFloat;
tblRoute->Next();

    k++;
}

```

```

    }
}
__finally
{
    tblRoute->EnableControls();
}

/// ----инициализирую массивы

    all_var = new AnsiString[20];
    o = new AnsiString[49];

}
//-----
float __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::Hij_way(int leftone, int rightone)
{
    int CntVariant = 0;
    int finded = 0;
    left_i = leftone;
    right_j = rightone;
    queryAreaLefted(leftone);
    queryAreaRighted(rightone);
    min_time = 99999;
    for(int i=0;i<left_cnt;i++){
        for(int j=0;j<right_cnt;j++){
            //if(
                queryRoute(i,j);//{
                //    finded = 1;
                //    CntVariant++;
                // }
        }
    }
    delete[] lefted;
    delete[] righted;

    //    CntVariant_mas[leftone-1][rightone-1] = CntVariant
    if(min_time!=99999)
        return min_time;
    else
        return 0;
}

//-----

void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::queryAreaLefted(int point_num)
{

```

```

// пределать на колво -

qreArea2->Close();
qreArea2->ParamByName("POINT_NUMB")->AsInteger = point_num;
qreArea2->Open();

left_cnt = qreArea2->RecordCount+1;
lefted = new float*[left_cnt];
int i=0;
lefted[i] = new float[2];
lefted[i][0] = point_num;
lefted[i][1] = 0.45*sqrt(ppoint[3][point_num-1]);
i++;
try{
qreArea2->First();

while (!qreArea2->Eof)
{

lefted[i] = new float[2];
lefted[i][0] = qreArea2->FieldByName("AREA_GO")->AsInteger;
lefted[i][1] = qreArea2->FieldByName("AREA_LENGTH")->AsFloat*1.2;
i++;
qreArea2->Next();
}
}
__finally
{
qreArea2->EnableControls();
}

}
//-----
void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::queryAreaRighted(int point_num)
{

// пределать на колво -

qreArea2->Close();
qreArea2->ParamByName("POINT_NUMB")->AsInteger = point_num;
qreArea2->Open();

right_cnt = qreArea2->RecordCount+1;
righted = new float*[right_cnt];
int i=0;
righted[i] = new float[2];

```

```

    righted[i][0] = point_num;
    righted[i][1] = 0.45*sqrt(ppoint[3][point_num-1]);
    i++;
    try{
    qreArea2->First();

    while (!qreArea2->Eof)
    {

        righted[i] = new float[2];
        righted[i][0] = qreArea2->FieldByName("AREA_GO")->AsInteger;
        righted[i][1] = qreArea2->FieldByName("AREA_LENGTH")->AsFloat*1.2;
        i++;
        qreArea2->Next();
    }
    }
__finally
{
    qreArea2->EnableControls();
}

}
//-----
int __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::queryRoute(int leftone, int rightone)
{

    TFloatFormat aaa;
    float Tp1,Tp2,Tp1_,Tp2_, Tog,Tper, Ipl,T;
    int Ax,TOBx;
    float route_speed;
    AnsiString numb;
    char *ptr;
    AnsiString timetmp; //timeall
    int pp1,pp2,pp3;
    pp1 = int(lefted[leftone][0]);
    pp2 = int(righted[rightone][0]);

    if((pp1==right_j)&&(pp2==right_j)){ // значит прямой пеший подход
//    if((pp1==left_i)&&(pp2==right_j)){ //

        Tp1_ = 60*lefted[leftone][1]/4;
        // Tp1 = 60*lefted[0][1]/4;
        // Tp2 = 60*righted[0][1]/4;
        //

```

```

T = Tp1_;
if(min_time> T){
    min_time = T;
}

timetmp = FloatToStrF(Tp1_,ffFixed,9,2) + "_";
qVariants->Close();
qVariants->ParamByName("VAR_WAY")->AsString = "_";
qVariants->ParamByName("VAR_TIMEALL")->AsString = timetmp;
qVariants->ParamByName("VAR_TIME")->AsFloat = T;
//    qVariants->ParamByName("VAR_COST")->AsFloat = 0;
qVariants->ParamByName("VAR_ROUTE")->AsString = 0;
//    qVariants->ParamByName("VAR_USE")->Value = 0;
qVariants->ParamByName("VAR_I")->Value = left_i;
qVariants->ParamByName("VAR_J")->Value = right_j;
qVariants->ParamByName("VAR_LEFT")->Value = 0; //проверить
qVariants->ParamByName("VAR_RIGHT")->Value = 0;

qVariants->ExecSQL();
//    return 1;    // пеший подход тока один
}

// }

if((pp1==pp2)){ //значит тройной пеший подход вида _1_5_2_
    /*    Tp1_ =60*lefted[leftone][1]/4;
        Tp2_ =60*righted[rightone][1]/4;
//    Tp1 =60*lefted[0][1]/4;
//    Tp2 = 60*righted[0][1]/4;

T = Tp1_+Tp2_;
if(min_time> T){
    min_time = T;
}

timetmp = FloatToStrF(Tp1_,ffFixed,9,2) + "_" +
FloatToStrF(Tp2_,ffFixed,9,2) + "_";
qVariants->Close();
qVariants->ParamByName("VAR_WAY")->AsString = "_";
qVariants->ParamByName("VAR_TIMEALL")->AsString = timetmp;
qVariants->ParamByName("VAR_TIME")->AsFloat = T;
//    qVariants->ParamByName("VAR_COST")->AsFloat = 0;
qVariants->ParamByName("VAR_ROUTE")->AsString = 0;
//    qVariants->ParamByName("VAR_USE")->Value = 0;
qVariants->ParamByName("VAR_I")->Value = left_i;
qVariants->ParamByName("VAR_J")->Value = right_j;

```

```

        qVariants->ParamByName("VAR_LEFT")->Value = pp1;
        qVariants->ParamByName("VAR_RIGHT")->Value = pp2;

        qVariants->ExecSQL();
        */
    return 1;
}

AnsiString tmp,route_str,route_str2,mirror,tmp_mir;
for(int k=0;k<route_cnt;k++)
{
    tmp = rroute[k].way;
    Ax = rroute[k].qty_a;
    TOBx = rroute[k].tob;
    route_speed = rroute[k].speed;
    numb = rroute[k].numb;
//----- разпознавание

    pp1 = tmp.Pos("-"+IntToStr(int(lefted[leftone][0]))+'-');
    pp2 = tmp.Pos("-"+IntToStr(int(righted[rightone][0]))+'-');
    if(( pp1 != 0 )&&(pp2 != 0)) {

        if(pp1<pp2){
            route_str2=tmp.SubString(pp2+1,tmp.Length()); //??
            pp3 = route_str2.Pos("-");
            route_str=tmp.SubString(pp1+1,pp2-pp1+pp3);

        }else{
            route_str2=tmp.SubString(pp1+1,tmp.Length());
            pp3 = route_str2.Pos("-");
            mirror=tmp.SubString(pp2+1,pp1-pp2+pp3); // развернуть
            ptr = mirror.c_str();

            route_str = "";

            int cnt =0;
            for(int i=mirror.Length()-1;i>-1;i--){
                if((ptr[i]=='-')&&(i != (mirror.Length()-1))){
                    for(int j= 0;j<cnt;j++){
                        route_str += ptr[i+j+1];
                    }

                    cnt=0;
                }
                cnt++;
            }
}

```

```

        for(int j= 0;j<cnt;j++){
            route_str += ptr[j];
        }
    }

    /// T = T пеш + Тож + Тпер + Тпеш
    Ipl =  TOBx/Аx;
    Tog = Ipl/2 + Ipl/18;
    Tper = 60*calcTimePer(route_str)/route_speed;/// route_str формат "2-3-"
    Tp1 =60*lefted[0][1]/4;
    Tp2 = 60*righted[0][1]/4;
    route_str = route_str.SubString(0,route_str.Length()-1);
    AnsiString route_exit;
    route_exit = route_str;
    pp1 = int(lefted[leftone][0]); // сдуру) без умысла)убил pp1
    pp2 = int(righted[rightone][0]);
    if(!((pp1==left_i)&&(pp2==right_j))){ //значит прямой пеший подход
        if( (route_exit.Pos("-"+IntToStr(left_i)+"-")||(route_exit.Pos("-"+IntToStr(right_j)+"-")) ){
            return 1;
        }
        if(((pp2==left_i)&&(pp1==right_j))){ //первортоный подход аля 1_2-1_2
            return 1;
        }
    }

    ///транскрипция написания пути _ пеший , - ездка, + пересадка
    AnsiString left_side, right_side,left_time, right_time;

    left_side = "_";
    int flag_rayon = 0; //нет внутрирайонных подходов

    // если есть подход между районами-----

    int var_left =0;
    int var_right =0;
    if(pp1 != left_i){
        // left_side += IntToStr(left_i)+ "_";
        var_left = pp1;
        // длину дуги смотрим
        Tp1_ =60*lefted[leftone][1]/4; //подход к пункту межрайонный
        left_time = FloatToStrF(Tp1_,ffFixed,9,2) + "_";
        Tp1 =0;
        flag_rayon = 1;
    }

```



```

}else{

    Tp1_ = 0;
    left_time = FloatToStrF(Tp1,ffFixed,9,2)+"_";
}

// если есть подход между районами-----
if(pp2 != right_j){
    //right_side = "_" + IntToStr(right_j) ;
    var_right =pp2;
    Tp2_ = 60*righted[rightone][1]/4;           //подход к пункту межрайонный
    right_time = FloatToStrF(Tp2_,ffFixed,9,2) + "_";
    Tp2 =0;
    flag_rayon = 1;
}else{

    Tp2_ = 0;
    right_time = FloatToStrF(Tp2,ffFixed,9,2)+'_';
}
// right_side += "_";

if(Tog !=0){
    timetmp = left_time + FloatToStrF(Tog,ffFixed,9,2) +"|" +
FloatToStrF(Tper,ffFixed,9,2) + "-" + right_time;
}else{
    timetmp = left_time + FloatToStrF(Tper,ffFixed,9,2)+ "-" + right_time;
//проверить
}
if( flag_rayon == 0)
    timetmp += "!";

// route_str = left_side + route_str + right_side;

//-----
T = Tp1+Tp1_+Tog+Tper+Tp2_+Tp2;
if(min_time> T){

    min_time = T;
}

qVariants->Close();
qVariants->ParamByName("VAR_WAY")->AsString = route_str;
qVariants->ParamByName("VAR_TIMEALL")->AsString = timetmp;
qVariants->ParamByName("VAR_TIME")->AsFloat = T;
// qVariants->ParamByName("VAR_COST")->AsFloat = 0;

```

```

    qVariants->ParamByName("VAR_ROUTE")->AsString = numb;
//    qVariants->ParamByName("VAR_USE")->Value = 0;
    qVariants->ParamByName("VAR_I")->Value = left_i;
    qVariants->ParamByName("VAR_J")->Value = right_j;
    qVariants->ParamByName("VAR_LEFT")->Value = var_left;
    qVariants->ParamByName("VAR_RIGHT")->Value = var_right;

    qVariants->ExecSQL();

}
}

return 1;
}

//-----
void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::Matr_Marsh(int iter){
    // по маршрутам

    float Interval;
    float qtyEdet1,qtyNeEdet1,snigKorr1,qtyEdet2,qtyNeEdet2,snigKorr2;

    float interDrob;
    int interCeloe;
    for(int i=0;i<route_cnt;i++){        //по маршрутам

        interDrob = rroute[i].qty_a*60./rroute[i].tob;
        interCeloe = int(interDrob);
        interDrob -= interCeloe;
        // сумма по марш корреспон
        for(int j=0; j<rroute[i].cnt_way;j++){
            for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way;k++){
                rroute[i].matr_nakop1[j][k] += rroute[i].matr1[j][k];
                rroute[i].matr_nakop2[j][k] += rroute[i].matr2[j][k];
            }
        }
    }

    for(int j=0; j<rroute[i].cnt_way;j++){
        rroute[i].matr_nakop1[j][rroute[i].cnt_way] =0;
        rroute[i].matr_nakop2[j][rroute[i].cnt_way] =0;
        for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way;k++){
            rroute[i].matr_nakop1[j][rroute[i].cnt_way] += rroute[i].matr_nakop1[j][k];
            rroute[i].matr_nakop2[j][rroute[i].cnt_way] += rroute[i].matr_nakop2[j][k];
            rroute[i].needet1[j][k] =0;    // обнуляем для след итерации
        }
    }
}

```

```

    rroute[i].needet2[j][k] =0;
    rroute[i].itogfact1[j][k] =0;
    rroute[i].itogfact2[j][k] =0;
}
}
// rroute[i].needet2[j][k]

// по рейсам
for(int dd=0; dd<interCeloe; dd++){

for(int j=0; j<rroute[i].cnt_way-1;j++){

    rroute[i].qtyOut1[j] = 0;
    rroute[i].qtyOut2[j] = 0;
//делим на 60 и записываем в едет
for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way+1;k++){

    rroute[i].edet1[j][k] = rroute[i].matr_nakop1[j][k]/60;
    rroute[i].edet2[j][k] = rroute[i].matr_nakop2[j][k]/60;
}
//уможаю на интрвал    Количество пас подошедших к остановочному пункту за
интервал движения
Interval = rroute[i].tob*1./(rroute[i].qty_a);
for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way;k++){
    rroute[i].edet1[j][k] = rroute[i].needet1[j][k] +
rroute[i].edet1[j][k]*Interval;
    rroute[i].edet2[j][k] = rroute[i].needet2[j][k] +
rroute[i].edet2[j][k]*Interval;
}
rroute[i].edet1[j][rroute[i].cnt_way] =0;
rroute[i].edet2[j][rroute[i].cnt_way] =0;

//    сумму считаем она изменилась изза неедет
for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way;k++){
    rroute[i].edet1[j][rroute[i].cnt_way] += rroute[i].edet1[j][k];
    rroute[i].edet2[j][rroute[i].cnt_way] += rroute[i].edet2[j][k];
}

//    сумму считаем по столбцам -нужна для расчета кол-ва вышедших
// qty.вышедших
for(int jj=0; jj<j;jj++){
    rroute[i].qtyOut1[j] += rroute[i].edet1[jj][j]*(1-rroute[i].Potk1[jj]);
    rroute[i].qtyOut2[j] += rroute[i].edet2[jj][j]*(1-rroute[i].Potk2[jj]);
}
}

```

```

// q реальное своужных мест
    if(j != 0){
        rroute[i].fact_q1[j] = rroute[i].QMAX - rroute[i].Fpotok1[j-1] +
rroute[i].qtyOut1[j] + 0.5;
        rroute[i].fact_q2[j] = rroute[i].QMAX - rroute[i].Fpotok2[j-1] +
rroute[i].qtyOut2[j]+ 0.5;
    }else{
        rroute[i].fact_q1[j] = rroute[i].QMAX;
        rroute[i].fact_q2[j] = rroute[i].QMAX;
    }
    rroute[i].lyambda1[j] = rroute[i].edet1[j][rroute[i].cnt_way]/Interval;
    rroute[i].lyambda2[j] = rroute[i].edet2[j][rroute[i].cnt_way]/Interval;
    //считаем Потказа по строке
/*    int celoe =0;
    float celoe_fl =0;
    celoe_fl = rroute[i].lyambda1[j]*1000000.;
    celoe = (int)celoe_fl;

    rroute[i].lyambda1[j] = celoe/1000000.;
    celoe =0;
    celoe_fl =0;
    celoe_fl = rroute[i].lyambda2[j]*1000000.;
    celoe = (int)celoe_fl;

    rroute[i].lyambda2[j] = celoe/1000000.;
*/
    if(rroute[i].lyambda1[j] == 0){rroute[i].lyambda1[j] = 0.000001;}
    if(rroute[i].lyambda2[j] == 0){rroute[i].lyambda2[j] = 0.000001;}
    if((rroute[i].lyambda1[j] < 0)&&(rroute[i].lyambda1[j] >= -
0.01)){rroute[i].lyambda1[j] *= -1;}
    if((rroute[i].lyambda2[j] < 0)&&(rroute[i].lyambda2[j] >= -
0.01)){rroute[i].lyambda2[j] *= -1;}
    if((rroute[i].lyambda1[j] < 0)|| (rroute[i].lyambda2[j] < 0))
{ShowMessage("Отрицательная Лямбда");}

    rroute[i].Potk1[j] = Cper_Potk(rroute[i].lyambda1[j], rroute[i].fact_q1[j],
rroute[i].qty_a, rroute[i].tob);
    rroute[i].Potk2[j] = Cper_Potk(rroute[i].lyambda2[j], rroute[i].fact_q2[j],
rroute[i].qty_a, rroute[i].tob);
    if((i==8)|| (i==4)){
        AnsiString pppp="";
        pppp = "Маршрут-" + IntToStr(i) + " Номер_рейса-" + IntToStr(dd) + " перегон-"
" + IntToStr(j) + " Лямбда-"+FloatToStr(rroute[i].lyambda2[j])+ " Потк-"
"+FloatToStr(rroute[i].Potk2[j]);
        MyPotk->Add(pppp);

```

```

    }
    qtyEdet1 = rroute[i].edet1[j][rroute[i].cnt_way] -
rroute[i].edet1[j][rroute[i].cnt_way]*rroute[i].Potk1[j];
    qtyNeEdet1 = rroute[i].edet1[j][rroute[i].cnt_way]*rroute[i].Potk1[j];
    if(rroute[i].edet1[j][rroute[i].cnt_way] == 0){
        snigKorr1 = 0;
    }else{
        snigKorr1 = qtyNeEdet1/rroute[i].edet1[j][rroute[i].cnt_way];
    }

    qtyEdet2 = rroute[i].edet2[j][rroute[i].cnt_way] -
rroute[i].edet2[j][rroute[i].cnt_way]*rroute[i].Potk2[j];
    qtyNeEdet2 = rroute[i].edet2[j][rroute[i].cnt_way]*rroute[i].Potk2[j];
    if(rroute[i].edet2[j][rroute[i].cnt_way] == 0){
        snigKorr2 = 0;
    }else{
        snigKorr2 = qtyNeEdet2/rroute[i].edet2[j][rroute[i].cnt_way];
    }

    // деление на ноль
    //считаем пассажиропоток
    if(j != 0){
        rroute[i].Fpotok1[j] = rroute[i].Fpotok1[j-1] - rroute[i].qtyOut1[j] +
qtyEdet1+ 0.5;
        rroute[i].Fpotok2[j] = rroute[i].Fpotok2[j-1] - rroute[i].qtyOut2[j] +
qtyEdet2+ 0.5;
    }else{
        rroute[i].Fpotok1[j] = qtyEdet1;
        rroute[i].Fpotok2[j] = qtyEdet2;
    }

    //фактически осуществленные
    for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way;k++){
        rroute[i].qtyEdet1[k] = (1 - snigKorr1)* rroute[i].edet1[j][k];
        rroute[i].qtyEdet2[k] = (1 - snigKorr2)* rroute[i].edet2[j][k];
    }
    for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way;k++){
        rroute[i].needet1[j][k] = rroute[i].edet1[j][k]-rroute[i].qtyEdet1[k];
        rroute[i].needet2[j][k] = rroute[i].edet2[j][k]-rroute[i].qtyEdet2[k];
        rroute[i].edet1[j][k]=rroute[i].qtyEdet1[k];
        rroute[i].edet2[j][k]=rroute[i].qtyEdet2[k];
    }
    //в итог сумму едущих
    for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way;k++){
        rroute[i].itogfact1[j][k] += rroute[i].edet1[j][k];
        rroute[i].itogfact2[j][k] += rroute[i].edet2[j][k];
    }

```

```

} //цикл по строкам
}
//////////-----
//////////-----
//////////-----
if(interDrob>0){

    for(int j=0; j<rroute[i].cnt_way-1;j++){

        rroute[i].qtyOut1[j] = 0;
        rroute[i].qtyOut2[j] = 0;
        //делим на 60 и записываем в едет
        for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way;k++){
            rroute[i].edet1[j][k] = rroute[i].matr_nakop1[j][k]/60;
            rroute[i].edet2[j][k] = rroute[i].matr_nakop2[j][k]/60;
        }
        //уможаю на интрвал    Количество пас подошедших к остановочному пункту за
интервал движения
        Interval = rroute[i].tob*1./(rroute[i].qty_a);
        for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way;k++){
            rroute[i].edet1[j][k] = rroute[i].needet1[j][k] +
rroute[i].edet1[j][k]*Interval;
            rroute[i].edet2[j][k] = rroute[i].needet2[j][k] +
rroute[i].edet2[j][k]*Interval;
        }

        rroute[i].edet1[j][rroute[i].cnt_way] =0;
        rroute[i].edet2[j][rroute[i].cnt_way] =0;
        //    сумму считаем она изменилась изза неедет
        for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way;k++){
            rroute[i].edet1[j][rroute[i].cnt_way] += rroute[i].edet1[j][k];
            rroute[i].edet2[j][rroute[i].cnt_way] += rroute[i].edet2[j][k];
        }

        //    сумму считаем по столбцам -нужна для расчета кол-ва вышедших
//    qty.вышедших
        for(int jj=0; jj<j;jj++){
            rroute[i].qtyOut1[j] += rroute[i].edet1[jj][j]*(1-rroute[i].Potk1[jj]);
            rroute[i].qtyOut2[j] += rroute[i].edet2[jj][j]*(1-rroute[i].Potk2[jj]);
        }
    }
// q реальное своюжных мест
    if(j != 0){
        rroute[i].fact_q1[j] = rroute[i].QMAX - rroute[i].Fpotok1[j-1] +
rroute[i].qtyOut1[j];

```

```

        rroute[i].fact_q2[j] = rroute[i].QMAX - rroute[i].Fpotok2[j-1] +
rroute[i].qtyOut2[j];
    }else{
        rroute[i].fact_q1[j] = rroute[i].QMAX;
        rroute[i].fact_q2[j] = rroute[i].QMAX;
    }
    rroute[i].lyambda1[j] = rroute[i].edet1[j][rroute[i].cnt_way]/Interval;
    rroute[i].lyambda2[j] = rroute[i].edet2[j][rroute[i].cnt_way]/Interval;
    //считаем Потказа по строке
/*      int celoe =0;
    float celoe_fl =0;
    celoe_fl = rroute[i].lyambda1[j]*1000000;
    celoe = (int)celoe_fl;

    rroute[i].lyambda1[j] = celoe/1000000.;
    celoe =0;
    celoe_fl =0;
    celoe_fl = rroute[i].lyambda2[j]*1000000;
    celoe = (int)celoe_fl;

    rroute[i].lyambda2[j] = celoe/1000000.;

*/
    if(rroute[i].lyambda1[j] == 0){rroute[i].lyambda1[j] = 0.000001;}
    if(rroute[i].lyambda2[j] == 0){rroute[i].lyambda2[j] = 0.000001;}
    if((rroute[i].lyambda1[j] < 0)&&(rroute[i].lyambda1[j] >= -
0.01)){rroute[i].lyambda1[j] *= -1;}
    if((rroute[i].lyambda2[j] < 0)&&(rroute[i].lyambda2[j] >= -
0.01)){rroute[i].lyambda2[j] *= -1;}

    rroute[i].Potk1[j] = Cper_Potk(rroute[i].lyambda1[j], rroute[i].fact_q1[j],
rroute[i].qty_a, rroute[i].tob);
    rroute[i].Potk2[j] = Cper_Potk(rroute[i].lyambda2[j], rroute[i].fact_q2[j],
rroute[i].qty_a, rroute[i].tob);
    if((i==8)|| (i==4)){
        AnsiString pppp="";
        pppp = "Маршрут-" + IntToStr(i) + " Номер_рейса-" + FloatToStr(interDrob) + "
перерогн-" + IntToStr(j) + " Лямбда-" + FloatToStr(rroute[i].lyambda2[j])+ " Потк-
"+FloatToStr(rroute[i].Potk2[j]);
        MyPotk->Add(pppp);
    }

    qtyEdet1 = rroute[i].edet1[j][rroute[i].cnt_way] -
rroute[i].edet1[j][rroute[i].cnt_way]*rroute[i].Potk1[j];
    qtyNeEdet1 = rroute[i].edet1[j][rroute[i].cnt_way]*rroute[i].Potk1[j];

```

```

if(rroute[i].edet1[j][rroute[i].cnt_way] == 0){
    snigKorr1 = 0;
}else{
    snigKorr1 = qtyNeEdet1/rroute[i].edet1[j][rroute[i].cnt_way];
}

    qtyEdet2 = rroute[i].edet2[j][rroute[i].cnt_way] -
rroute[i].edet2[j][rroute[i].cnt_way]*rroute[i].Potk2[j];
    qtyNeEdet2 = rroute[i].edet2[j][rroute[i].cnt_way]*rroute[i].Potk2[j];
    if(rroute[i].edet2[j][rroute[i].cnt_way] == 0){
        snigKorr2 = 0;
    }else{
        snigKorr2 = qtyNeEdet2/rroute[i].edet2[j][rroute[i].cnt_way];
    }

//считаем пассажиропоток
    if(j != 0){
        rroute[i].Fpotok1[j] = rroute[i].Fpotok1[j-1] - rroute[i].qtyOut1[j] +
qtyEdet1;
        rroute[i].Fpotok2[j] = rroute[i].Fpotok2[j-1] - rroute[i].qtyOut2[j] +
qtyEdet2;
    }else{
        rroute[i].Fpotok1[j] = qtyEdet1;
        rroute[i].Fpotok2[j] = qtyEdet2;
    }

//фактически осуществленные
for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way;k++){
    rroute[i].qtyEdet1[k] = (1 - snigKorr1)* rroute[i].edet1[j][k];
    rroute[i].qtyEdet2[k] = (1 - snigKorr2)* rroute[i].edet2[j][k];
}
for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way;k++){
    rroute[i].edet1[j][k]=rroute[i].qtyEdet1[k];
    rroute[i].edet2[j][k]=rroute[i].qtyEdet2[k];
}
//в итог сумму едущих
for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way;k++){
    rroute[i].needet1[j][k] = rroute[i].needet1[j][k] +
(rroute[i].matr_nakop1[j][k]*Interval/60-rroute[i].qtyEdet1[k])*interDrob;
    rroute[i].needet2[j][k] = rroute[i].needet2[j][k] +
(rroute[i].matr_nakop2[j][k]*Interval/60-rroute[i].qtyEdet2[k])*interDrob;
    rroute[i].itogfact1[j][k] += rroute[i].edet1[j][k]*interDrob;
    rroute[i].itogfact2[j][k] += rroute[i].edet2[j][k]*interDrob;
}

} //цикл по строкам

```



```

} //if

MyPotk->Add("Конец итерации");

//      сумму считаем для следующего цикла --- itogfact1 сумма это
поток
for(int j=0; j<rroute[i].cnt_way;j++){
    rroute[i].itogfact1[j][rroute[i].cnt_way] =0;
    rroute[i].itogfact2[j][rroute[i].cnt_way] =0;
    rroute[i].needet1[j][rroute[i].cnt_way] =0;
    rroute[i].needet2[j][rroute[i].cnt_way] =0;
    for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way;k++){
        rroute[i].itogfact1[j][rroute[i].cnt_way] += rroute[i].itogfact1[j][k];
        rroute[i].itogfact2[j][rroute[i].cnt_way] += rroute[i].itogfact2[j][k];
        rroute[i].needet1[j][rroute[i].cnt_way] += rroute[i].needet1[j][k];
        rroute[i].needet2[j][rroute[i].cnt_way] += rroute[i].needet2[j][k];
    }
}

for(int j=0; j<rroute[i].cnt_way;j++){

    rroute[i].qtyOut1[j] =0;
    rroute[i].qtyOut2[j] =0;
    for(int jj=0; jj<j;jj++){
        rroute[i].qtyOut1[j] += rroute[i].itogfact1[jj][j];
        rroute[i].qtyOut2[j] += rroute[i].itogfact2[jj][j];
    }

    //считаем пассажиропоток
    if(j != 0){
        rroute[i].Fpotok1[j] = rroute[i].Fpotok1[j-1] - rroute[i].qtyOut1[j] +
rroute[i].itogfact1[j][rroute[i].cnt_way];
        rroute[i].Fpotok2[j] = rroute[i].Fpotok2[j-1] - rroute[i].qtyOut2[j] +
rroute[i].itogfact2[j][rroute[i].cnt_way];
    }else{
        rroute[i].Fpotok1[j] =          rroute[i].itogfact1[j][rroute[i].cnt_way];
        rroute[i].Fpotok2[j] =          rroute[i].itogfact2[j][rroute[i].cnt_way];
    }

}

} // по маршрутам
// ВЫВОД

```

```

//-----out in file----
    TFloatFormat aaa;
    AnsiString tmp2;
    tmp2="";
    TStringList* MyList = new TStringList();
    for(int i=0;i<route_cnt;i++){
        tmp2="Матрица потенциальных маршрутных корреспонденций, пас./час (маршрут
"+IntToStr(rroute[i].numb)+"прямое направление; итерация "+IntToStr(iter);
        MyList->Add(tmp2);
        tmp2="";
        for(int j=0; j<rroute[i].cnt_way;j++){
            for(int k=j; k<rroute[i].cnt_way;k++){
                tmp2 +=  IntToStr(rroute[i].way_tuda[j])+ "-" + IntToStr(rroute[i].way_tuda[k])
+":"+ FloatToStrF(rroute[i].matr1[j][k],ffFixed,9,2)+" ";
            }
            MyList->Add(tmp2);
            tmp2="";
        }
        tmp2="Матрица потенциальных маршрутных корреспонденций, пас./час (маршрут
"+IntToStr(rroute[i].numb)+"обратное направление; итерация "+IntToStr(iter);
        MyList->Add(tmp2);
        tmp2="";
        for(int j=0; j<rroute[i].cnt_way;j++){
            for(int k=j; k<rroute[i].cnt_way;k++){
                tmp2 +=  IntToStr(rroute[i].way_obratno[j])+ "-" +
IntToStr(rroute[i].way_obratno[k]) +":"+
FloatToStrF(rroute[i].matr2[j][k],ffFixed,9,2)+" ";
            }
            MyList->Add(tmp2);
            tmp2="";
        }
    }
    MyList->SaveToFile("matr_poten"+IntToStr(iter)+".rou");
    delete MyList;

    tmp2="";
    TStringList* MyList2 = new TStringList();
    for(int i=0;i<route_cnt;i++){
        tmp2="Матрица реализованных маршрутных корреспонденций, пас./час (маршрут
"+IntToStr(rroute[i].numb)+"прямое направление; итерация "+IntToStr(iter);
        MyList2->Add(tmp2);
        tmp2="";
        for(int j=0; j<rroute[i].cnt_way;j++){
            for(int k=j; k<rroute[i].cnt_way;k++){
                tmp2 +=  IntToStr(rroute[i].way_tuda[j])+ "-" + IntToStr(rroute[i].way_tuda[k])
+":"+ FloatToStrF(rroute[i].itogfact1[j][k],ffFixed,9,2)+" ";
            }
        }
    }

```

```

MyList2->Add(tmp2);
tmp2="";
}
    tmp2="Матрица реализованных маршрутных корреспонденций, пас./час (маршрут
"+IntToStr(rroute[i].numb)+"обратное направление; итерация "+IntToStr(iter);
    MyList2->Add(tmp2);
    tmp2="";
    for(int j=0; j<rroute[i].cnt_way;j++){
        for(int k=j; k<rroute[i].cnt_way;k++){
            tmp2 += IntToStr(rroute[i].way_obratno[j])+"-"+
IntToStr(rroute[i].way_obratno[k]) +": "+
FloatToStrF(rroute[i].itogfact2[j][k],ffFixed,9,2)+" ";
        }
        MyList2->Add(tmp2);
        tmp2="";
    }
}
MyList2->SaveToFile("matr_edet"+IntToStr(iter)+".rou");
delete MyList2;

tmp2="";
TStringList* MyList3 = new TStringList();
for(int i=0;i<route_cnt;i++){
    tmp2="Матрица реализованных маршрутных корреспонденций, пас./час (маршрут
"+IntToStr(rroute[i].numb)+"прямое направление; итерация "+IntToStr(iter);
    MyList3->Add(tmp2);
    tmp2="";
    for(int j=0; j<rroute[i].cnt_way;j++){
        for(int k=j; k<rroute[i].cnt_way;k++){
            tmp2 += IntToStr(rroute[i].way_tuda[j])+"-"+ IntToStr(rroute[i].way_tuda[k])
+": "+ FloatToStrF(rroute[i].needet1[j][k],ffFixed,9,2)+" ";
        }
        MyList3->Add(tmp2);
        tmp2="";
    }
    tmp2="Матрица реализованных маршрутных корреспонденций, пас./час (маршрут
"+IntToStr(rroute[i].numb)+"обратное направление; итерация "+IntToStr(iter);
    MyList3->Add(tmp2);
    tmp2="";
    for(int j=0; j<rroute[i].cnt_way;j++){
        for(int k=j; k<rroute[i].cnt_way;k++){
            tmp2 += IntToStr(rroute[i].way_obratno[j])+"-"+
IntToStr(rroute[i].way_obratno[k]) +": "+
FloatToStrF(rroute[i].needet2[j][k],ffFixed,9,2)+" ";
        }
        MyList3->Add(tmp2);
        tmp2="";
    }
}

```

```

    }
}
MyList3->SaveToFile("matr_needet"+IntToStr(iter)+".rou");
delete MyList3;

// итог в matr
for(int i=0;i<route_cnt;i++){
    for(int j=0; j<rroute[i].cnt_way;j++){
        for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way+1;k++){
            rroute[i].matr_nakop1[j][k]=rroute[i].itogfact1[j][k];
            rroute[i].matr_nakop2[j][k]=rroute[i].itogfact2[j][k];
            rroute[i].matr1[j][k] =0;
            rroute[i].matr2[j][k] =0;
        }
    }
}

float edet,needet,potk;
MyList3 = new TStringList();
AnsiString tmp1;
for(int i=0;i<route_cnt;i++){
    tmp1="";
    tmp2="";
    for(int j=0; j<rroute[i].cnt_way-1;j++){
        edet = rroute[i].itogfact1[j][rroute[i].cnt_way];
        needet = rroute[i].needet1[j][rroute[i].cnt_way];
        if((edet + needet)==0){
            potk = 0;
        }else{
            potk = needet/(edet + needet);
        }

        rroute[i].Potk1[j] = potk;
        tmp1 += FloatToStr(rroute[i].Potk1[j]) + " ";
        edet = rroute[i].itogfact2[j][rroute[i].cnt_way];
        needet = rroute[i].needet2[j][rroute[i].cnt_way];
        if((edet + needet)==0){
            potk = 0;
        }else{
            potk = needet/(edet + needet);
        }
        rroute[i].Potk2[j] = potk;
        tmp2 += FloatToStr(rroute[i].Potk2[j]) + " ";
    }
    tmp1 = "Маршрут" + IntToStr(i+1) + "_прямое " + tmp1;
    tmp2 = "Маршрут" + IntToStr(i+1) + "_обратное " + tmp2;
}

```

```

        MyList3->Add(tmp1);
        MyList3->Add(tmp2);

    }
    MyList3->SaveToFile("potk_"+IntToStr(iter)+".rou");
    delete MyList3;
}
//-----
void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::HijNeedet() {

    HijOstat = new float*[area_cnt];
    for(int i=0;i<area_cnt;i++){
        HijOstat[i] = new float[area_cnt];
        for(int j=0;j<area_cnt;j++){
            HijOstat[i][j] = 0;
        }
    }

    for(int i=0;i<route_cnt;i++){ //по маршрутам
        for(int j=0; j<rroute[i].cnt_way;j++){
            for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way;k++){
                HijOstat[rroute[i].way_tuda[j]-1][rroute[i].way_tuda[k]-1] +=
rroute[i].needet1[j][k];
                HijOstat[rroute[i].way_obratno[j]-1][rroute[i].way_obratno[k]-1] +=
rroute[i].needet2[j][k];
            }
        }
    }
    for(int i=0;i<area_cnt;i++){
        for(int j=0;j<area_cnt;j++){
            if((i!=j)&&(HijOstat[i][j]!=0)){
                Cper_Calc_Ostatok(i+1,j+1,HijOstat[i][j]);
            }
        }
    }

}

//-----
// build the tables
void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::TablesCreate()
{

    CperMIN = 9999;
    // tbCalcul->;

```

```

tbCalcul->Active = false;
tbCalcul->IndexDefs->Clear();
// specify new indexes for the tables
tbCalcul->IndexDefs->Add("ID", "ID", TIndexOptions() << ixPrimary);
tbCalcul->CreateTable();

};
//-----
// build the tables
void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::TablesCreate_All_Var()
{

    tbAllVar->Active = false;
    tbAllVar->IndexDefs->Clear();
    // specify new indexes for the tables
    tbAllVar->IndexDefs->Add("ID", "ID", TIndexOptions() << ixPrimary);
    tbAllVar->CreateTable();

};
//-----

void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::Insert_Calc(){

    tbCalcul->DisableControls();
    try {
        tbCalcul->Active = true;

        tbCalcul->Append();
        tbCalcul->FieldByName("o1")->AsString =o[1];
        tbCalcul->FieldByName("o2")->AsString =o[2];
        tbCalcul->FieldByName("o3")->AsString =o[3];
        tbCalcul->FieldByName("o4")->AsString =o[4];
        tbCalcul->FieldByName("o5")->AsString =o[5];
        tbCalcul->FieldByName("o6")->AsString =o[6];
        tbCalcul->FieldByName("o7")->AsString =o[7];
        tbCalcul->FieldByName("o8")->AsString =o[8];
        tbCalcul->FieldByName("o9")->AsString =o[9];
        tbCalcul->FieldByName("o10")->AsString =o[10];
        tbCalcul->FieldByName("o11")->AsString =o[11];
        tbCalcul->FieldByName("o12")->AsString =o[12];
        tbCalcul->FieldByName("o13")->AsString =o[13];
        tbCalcul->FieldByName("o14")->AsString =o[14];
        tbCalcul->FieldByName("o15")->AsString =o[15];
        tbCalcul->FieldByName("o16")->AsString =o[16];
    }
};

```

```

tbCalcul->FieldByName ("o17")->AsString =o[17];
tbCalcul->FieldByName ("o18")->AsString =o[18];
tbCalcul->FieldByName ("o19")->AsString =o[19];
tbCalcul->FieldByName ("o20")->AsString =o[20];
tbCalcul->FieldByName ("o21")->AsString =o[21];
tbCalcul->FieldByName ("o22")->AsString =o[22];
tbCalcul->FieldByName ("o23")->AsString =o[23];
tbCalcul->FieldByName ("o24")->AsString =o[24];
tbCalcul->FieldByName ("o25")->AsString =o[25];
tbCalcul->FieldByName ("o26")->AsString =o[26];
tbCalcul->FieldByName ("o27")->AsString =o[27];
tbCalcul->FieldByName ("o28")->AsString =o[28];
tbCalcul->FieldByName ("o29")->AsString =o[29];
tbCalcul->FieldByName ("o30")->AsString =o[30];
tbCalcul->FieldByName ("o31")->AsString =o[31];
tbCalcul->FieldByName ("o32")->AsString =o[32];
tbCalcul->FieldByName ("o33")->AsString =o[33];
tbCalcul->FieldByName ("o34")->AsString =o[34];
tbCalcul->FieldByName ("o35")->AsString =o[35];
tbCalcul->FieldByName ("o36")->AsString =o[36];
tbCalcul->FieldByName ("o37")->AsString =o[37];
tbCalcul->FieldByName ("o38")->AsString =o[38];
tbCalcul->FieldByName ("o39")->AsString =o[39];
tbCalcul->FieldByName ("o40")->AsFloat =StrToFloat (o[40]);
tbCalcul->FieldByName ("o41")->AsString =o[41];
tbCalcul->FieldByName ("o42")->AsString =o[42];
tbCalcul->FieldByName ("o43")->AsString =o[43];
tbCalcul->FieldByName ("o44")->AsString =o[44];

tbCalcul->FieldByName ("o45")->AsString =o[45];
tbCalcul->FieldByName ("o46")->AsString =o[46];
tbCalcul->FieldByName ("o47")->AsString =o[47];
tbCalcul->FieldByName ("o48")->AsString =o[48];

tbCalcul->Post ();

}
__finally
{
tbCalcul->EnableControls ();
Screen->Cursor = crDefault;
};

if (CperMIN >StrToFloat (o[40])) {

CperMIN =StrToFloat (o[40]);
}

```

```

}
///-----
float __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::Cper_Calc_Var(int leftone, int rightone,
float HIJ, float min_time)
{
    //
    TFloatFormat aaa;

float delmin;
delmin = min_time*2;

qAllVarSel->Close();
qAllVarSel->ParamByName("VAR_I")->AsString = IntToStr(leftone);
qAllVarSel->ParamByName("VAR_J")->AsString = IntToStr(rightone);
qAllVarSel->Open();
qAllVarSel->First();

int k,k1,k2,k3,k4; //номер маршрута
float Potk,Tog,Ipl, sigma;
float P1,P2,Plast,ptmp;
float dynKoeff,Intensiv,F,K;
float ttime1,ttime2,ttime3,ttime4;
AnsiString tmp,_way, pp1,pp2;
while (!qAllVarSel->Eof){
    ttime1=0;
    ttime2=0;
    ttime3=0;
    ttime4=0;
    for(int j=0;j<49 ;j++){
        o[j] = "0";
    }
    Tog=0;
    o[1] = IntToStr(leftone);
    o[2] = IntToStr(rightone);
    o[3] = FloatToStrF(HIJ,ffFixed,9,2);
    o[4] = qAllVarSel->FieldByName("all3")->AsString;
    o[5] = qAllVarSel->FieldByName("all4")->AsString;
    o[6] = qAllVarSel->FieldByName("all5")->AsString; //пешеходный подход
    tmp = qAllVarSel->FieldByName("TIMEALL1")->AsString;
    //decompiler
    Decompiler(tmp);
    k1= -1;

```



```

// Подход состояние пасс
    P1 = 2;
    ptmp = 12.69393819*(gl_decomp.Tp1/60)+1;
    P2 = 0.10732*P1*(sqrt(ptmp)+8.317569921);
    o[7] = FloatToStrF(P2,ffFixed,9,2);
    o[8] = qAllVarSel->FieldByName("all6")->AsString;
// первая ездка
    if(gl_decomp.Tper1!= 0){

        char *ptr;
        _way = qAllVarSel->FieldByName("all7")->AsString; //путь
        float L,Lpq;
        L = calcTimePer(_way+"-");
        o[9] = _way;
        o[10] = FloatToStrF(L,ffFixed,9,2);    ///Расстояние
//---определение крайних точек ездки-----
        AnsiString tmp_p = "";
        int cnt=0;
        ptr = _way.c_str();
        for(int i=0;i<_way.Length();i++){
            if(ptr[i]=='-'){
                for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
                    tmp_p += ptr[i-j-1];
                }
                break;
            }
            cnt++;
        }
        pp1 = tmp_p;
        //-----
        tmp_p = "";
        cnt=0;
        ptr = _way.c_str();
        for(int i=_way.Length()-1;i>0;i--){
            if(ptr[i]=='-'){
                for(int j= 0;j<cnt;j++){
                    tmp_p += ptr[i+j+1];
                }
                break;
            }
            cnt++;
        }
        pp2 = tmp_p;
        o[6] = IntToStr(leftone) +"_" + pp1;
//-----Маршруты-----
-
        k = StrToInt(o[8]); //!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

```

```

for(int i =0;i<route_cnt;i++){
    if( k == rroute[i].numb){
        k =i;
        k1=k;
        break;
    }
}

// -----P otказа -----
//сумма F_Lpg
float F_Lpg = 0;
float L1;
Potk = 0; /// -----
????????????
//ищу на маршруте начальный район и направление по паре нач точка конец точка
for(int ii =0;ii<rroute[k].cnt_way;ii++){
    if( rroute[k].way_tuda[ii] == StrToInt(pp1)){
        for(int j =ii;j<rroute[k].cnt_way;j++){
            if( rroute[k].way_tuda[j] == StrToInt(pp2)){
                Potk = rroute[k].Potk1[ii];
                AnsiString litle_way;
                for(int kk = ii;kk<j;kk++){
                    litle_way = IntToStr(rroute[k].way_tuda[kk]) + "-"
+ IntToStr(rroute[k].way_tuda[kk+1]) + "-";
                    L1 = calcTimePer(litle_way);
                    F_Lpg += rroute[k].Fpotok1[kk]*L1;
                }
                break;
            }
        }
    }
    if( rroute[k].way_obratno[ii] == StrToInt(pp1)){
        for(int j =ii;j<rroute[k].cnt_way;j++){
            if( rroute[k].way_obratno[j] == StrToInt(pp2)){
                Potk = rroute[k].Potk2[ii];
                AnsiString litle_way;
                for(int kk = ii;kk<j;kk++){
                    litle_way =
IntToStr(rroute[k].way_obratno[kk]) + "-" + IntToStr(rroute[k].way_obratno[kk+1]) + "-"
";
                    L1 = calcTimePer(litle_way);
                    F_Lpg += rroute[k].Fpotok2[kk]*L1;
                }
                break;
            }
        }
    }
} // FOR

```

```

// Potk = Cper_Potk(rroute[k].lyambda, rroute[k].fact_q1[0], rroute[k].qty_a,
rroute[k].tob);
// if(Potk==1) Potk=0.99; ///!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
        Ipl = rroute[k].tob*1./rroute[k].qty_a;
        sigma =Ipl/3;
        Tog = Ipl/2 + sigma*sigma/(2*Ipl) + Ipl*Potk/(1-Potk);

        o[45] = FloatToStrF(Tog,ffFixed,9,2);
// o11 Potk
        o[11] = FloatToStrF(Potk,ffFixed,9,2);
// состояние пассажира при ожидании
        P1 = P2;
        ptmp = ln(Tog+1);
        P2 = 0.33 + 0.915*(P1*(1-0.28*ptmp)+1.12*ptmp)+0.00107*Tog;
// o12 P2
        o[12] = FloatToStrF(P2,ffFixed,9,2);

        Intensiv = 60*rroute[k].qty_a*1./rroute[k].tob;// 60
        dynKoeff = F_Lpq/(rroute[k].Q*L*Intensiv); //3.16
        if(dynKoeff<=0.215){
                K=1;
                dynKoeff = 0.215;
        }else{
                K = 1+(0.215/dynKoeff)*(0.215/dynKoeff) -
(0.215/dynKoeff);//3.15
        }
        P1 = P2;
        ptmp = 60*L/rroute[k].speed;
        P2 = -0.21+1.045*(P1*(1-0.14*(K*dynKoeff+0.6)*ln(ptmp)) +
K*dynKoeff*(K*dynKoeff+0.6)*ln(ptmp));
//o13 dynKoeff
        o[13] = FloatToStrF(dynKoeff,ffFixed,9,2);
        o[14] = FloatToStrF(P2,ffFixed,9,2);
    }
    ttime1 = gl_decomp.Tper1 + gl_decomp.Tp1+Tog; //исключение
//-----ПЕРСАДКА 1 -----
    k2=-1;
    o[15] = qAllVarSel->FieldByName("all8")->AsString;
    if(o[15] !="0"){
        tmp = qAllVarSel->FieldByName("TIMEALL2")->AsString;
        //decompiler
        Decompiler(tmp);
        // Подход состояние пасс
        //P1 - предыдущее
        P1 = P2;
        ptmp = 12.69393819*(10/60)+1;

```

```

P2 = 0.10732*P1*(sqrt(ptmp)+8.317569921);
    // первая ездка
Tog =0;

char *ptr;
_way = qAllVarSel->FieldByName("all9")->AsString;
float L,Lpq;
L = calcTimePer(_way+"-");
o[16]= _way;
o[17] = FloatToStrF(L,ffFixed,9,2);    ///Расстояние
//---определение крайних точек ездки-----
AnsiString tmp_p ="";
int cnt=0;
ptr = _way.c_str();
for(int i=0;i<_way.Length();i++){
    if(ptr[i]=='-'){
        for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
            tmp_p += ptr[i-j-1];
        }
        break;
    }
    cnt++;
}
pp1 = tmp_p;
//-----
tmp_p ="";
cnt=0;
ptr = _way.c_str();
for(int i=_way.Length()-1;i>0;i--){
    if(ptr[i]=='-'){
        for(int j= 0;j<cnt;j++){
            tmp_p += ptr[i+j+1];
        }
        break;
    }
    cnt++;
}
pp2 = tmp_p;
//-----Маршруты-----
-----

k = StrToInt(o[15]); //!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
for(int i =0;i<route_cnt;i++){
    if( k == rroute[i].numb){
        k =i;
        k2=k; //запоминаю
        break;
    }
}

```

```

    }
    // -----P otказа -----
    //сумма F_Lpg
    float F_Lpq = 0;
    float Ll;
    Potk = 0; /// -----
    ?????????????
    //ищу на маршруте начальный район и направление по паре нач точка конец точка
    for(int ii =0;ii<rroute[k].cnt_way;ii++){
        if( rroute[k].way_tuda[ii] == StrToInt(pp1)){
            for(int j =ii;j<rroute[k].cnt_way;j++){
                if( rroute[k].way_tuda[j] == StrToInt(pp2)){
                    Potk = rroute[k].Potk1[ii];
                    AnsiString litle_way;
                    for(int kk = ii;kk<j;kk++){
                        litle_way = IntToStr(rroute[k].way_tuda[kk])
+ "-" + IntToStr(rroute[k].way_tuda[kk+1]) + "-";
                        Ll = calcTimePer(litle_way);
                        F_Lpq += rroute[k].Fpotok1[kk]*Ll;
                    }
                    break;
                }
            }
        }
        if( rroute[k].way_obratno[ii] == StrToInt(pp1)){
            for(int j =ii;j<rroute[k].cnt_way;j++){
                if( rroute[k].way_obratno[j] == StrToInt(pp2)){
                    Potk = rroute[k].Potk2[ii];
                    AnsiString litle_way;
                    for(int kk = ii;kk<j;kk++){
                        litle_way =
IntToStr(rroute[k].way_obratno[kk]) + "-" + IntToStr(rroute[k].way_obratno[kk+1]) + "-
";
                        Ll = calcTimePer(litle_way);
                        F_Lpq += rroute[k].Fpotok2[kk]*Ll;
                    }
                    break;
                }
            }
        }
    } // FOR

    // Potk = Cper_Potk(rroute[k].lyambda, rroute[k].fact_q1[0], rroute[k].qty_a,
rroute[k].tob);
    // if(Potk==1) Potk=0.99;
    Ipl = rroute[k].tob*1./rroute[k].qty_a;

```

```

        sigma =Ipl/3;
        Tog = Ipl/2 + sigma*sigma/(2*Ipl) + Ipl*Potk/(1-Potk);
        o[46] = FloatToStrF(Tog,ffFixed,9,2);
// o11 Potk
        o[18] = FloatToStrF(Potk,ffFixed,9,2);
// состояние пассажира при ожидании
        P1 = P2;
        ptmp = ln(Tog+1);
        P2 = 0.33 + 0.915*(P1*(1-0.28*ptmp)+1.12*ptmp)+0.00107*Tog;
// o12 P2
        o[19] = FloatToStrF(P2,ffFixed,9,2);

        Intensiv = 60*rroute[k].qty_a*1./rroute[k].tob;// 60
        dynKoeff = F_Lpq/(rroute[k].Q*L*Intensiv); //3.16
        if(dynKoeff<=0.215){
            K=1;
            dynKoeff = 0.215;
        }else{
            K = 1+(0.215/dynKoeff)*(0.215/dynKoeff) -
(0.215/dynKoeff); //3.15
        }
        P1 = P2;
        ptmp = 60*L/rroute[k].speed;
        P2 = -0.21+1.045*(P1*(1-0.14*(K*dynKoeff+0.6)*ln(ptmp)))+
K*dynKoeff*(K*dynKoeff+0.6)*ln(ptmp));
//o13 dynKoeff
        o[20] = FloatToStrF(dynKoeff,ffFixed,9,2);
        o[21] = FloatToStrF(P2,ffFixed,9,2);
        ttime2 = gl_decomp.Tper1 + 10 + Tog;
    } // если есть второй маршрут

///Пересадка 2 -----
k3=-1;
    o[22] = qAllVarSel->FieldByName("all10")->AsString;
    // Подход состояние пасс
    if(o[22]!="0"){
        tmp = qAllVarSel->FieldByName("TIMEALL3")->AsString;
        //decompiler
        Decompiler(tmp);
        //P1 - предыдущее
        P1 = P2;
        ptmp = 12.69393819*(10/60)+1;
        P2 = 0.10732*P1*(sqrt(ptmp)+8.317569921);
        // первая ездка
        Tog =0;
        char *ptr;

```

```

_way = qAllVarSel->FieldByName("all111")->AsString;
float L,Lpq;
L = calcTimePer(_way+"-");
o[23]= _way;
o[24] = FloatToStrF(L,ffFixed,9,2);    ///Расстояние
//---определение крайних точек ездки-----
-----

AnsiString tmp_p = "";
int cnt=0;
ptr = _way.c_str();
for(int i=0;i<_way.Length();i++){
    if(ptr[i]=='-'){
        for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
            tmp_p += ptr[i-j-1];
        }
        break;
    }
    cnt++;
}
pp1 = tmp_p;
//-----
tmp_p = "";
cnt=0;
ptr = _way.c_str();
for(int i=_way.Length()-1;i>0;i--){
    if(ptr[i]=='-'){
        for(int j= 0;j<cnt;j++){
            tmp_p += ptr[i+j+1];
        }
        break;
    }
    cnt++;
}
pp2 = tmp_p;
//-----Маршруты-----
-----

k = StrToInt(o[22]);
for(int i =0;i<route_cnt;i++){
    if( k == rroute[i].numb){
        k =i;
        k3=k;
        break;
    }
}

// -----P otказа -----
//сумма F_Lpq
float F_Lpq = 0;

```

```

float L1;
Potk = 0; /// -----
??????????????
//ищу на маршруте начальный район и направление по паре нач точка конеч точка
for(int ii =0;ii<rroute[k].cnt_way;ii++){
    if( rroute[k].way_tuda[ii] == StrToInt(pp1)){
        for(int j =ii;j<rroute[k].cnt_way;j++){
            if( rroute[k].way_tuda[j] == StrToInt(pp2)){
                Potk = rroute[k].Potk1[ii];
                AnsiString litle_way;
                for(int kk = ii;kk<j;kk++){
                    litle_way = IntToStr(rroute[k].way_tuda[kk])
+""- + IntToStr(rroute[k].way_tuda[kk+1]) +""-";
                    L1 = calcTimePer(litle_way);
                    F_Lpq += rroute[k].Fpotok1[kk]*L1;
                }
                break;
            }
        }
    }
    if( rroute[k].way_obratno[ii] == StrToInt(pp1)){
        for(int j =ii;j<rroute[k].cnt_way;j++){
            if( rroute[k].way_obratno[j] == StrToInt(pp2)){
                Potk = rroute[k].Potk2[ii];
                AnsiString litle_way;
                for(int kk = ii;kk<j;kk++){
                    litle_way =
IntToStr(rroute[k].way_obratno[kk]) +""- + IntToStr(rroute[k].way_obratno[kk+1]) +""-
";
                    L1 = calcTimePer(litle_way);
                    F_Lpq += rroute[k].Fpotok2[kk]*L1;
                }
                break;
            }
        }
    }
} // FOR

// Potk = Cper_Potk(rroute[k].lyambda, rroute[k].fact_q1[0], rroute[k].qty_a,
rroute[k].tob);
// if(Potk==1) Potk=0.99; ///!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
Ipl = rroute[k].tob*1./rroute[k].qty_a;
sigma =Ipl/3;
Tog = Ipl/2 + sigma*sigma/(2*Ipl) + Ipl*Potk/(1-Potk);
o[47] = FloatToStrF(Tog,ffFixed,9,2);

// o11 Potk

```



```

        o[25] = FloatToStrF(Potk, ffFixed, 9, 2);
// состояние пассажира при ожидании
        P1 = P2;
        ptmp = ln(Tog+1);
        P2 = 0.33 + 0.915*(P1*(1-0.28*ptmp)+1.12*ptmp)+0.00107*Tog;
//      o12 P2
        o[26] = FloatToStrF(P2, ffFixed, 9, 2);

        Intensiv = 60*rroute[k].qty_a*1./rroute[k].tob;// 60
        dynKoeff = F_Lpq/(rroute[k].Q*L*Intensiv); //3.16
        if(dynKoeff<=0.215){
            K=1;
            dynKoeff = 0.215;
        }else{
            K = 1+(0.215/dynKoeff)*(0.215/dynKoeff) -
(0.215/dynKoeff); //3.15
        }
        P1 = P2;
        ptmp = 60*L/rroute[k].speed;
        P2 = -0.21+1.045*(P1*(1-0.14*(K*dynKoeff+0.6)*ln(ptmp)))+
K*dynKoeff*(K*dynKoeff+0.6)*ln(ptmp));
//o13 dynKoeff
        o[27] = FloatToStrF(dynKoeff, ffFixed, 9, 2);
        o[28] = FloatToStrF(P2, ffFixed, 9, 2);
        ttime3 = gl_decomp.Tper1 + 10+Tog;
    } // Маршрут если есть

// ПЕРЕСАДКА -----3-----
        k4=-1;
        o[29] = qAllVarSel->FieldByName("all12")->AsString;
        if(o[29]!="0"){

            tmp = qAllVarSel->FieldByName("TIMEALL4")->AsString;
            //decompiler
            Decompiler(tmp);

            // Подход состояние пасс
            //P1 - предыдущее
            P1 = P2;
            ptmp = 12.69393819*(10/60)+1;
            P2 = 0.10732*P1*(sqrt(ptmp)+8.317569921);
            // первая ездка
            if(gl_decomp.Tper1!= 0){
                char *ptr;
                _way = qAllVarSel->FieldByName("all13")->AsString;

```

```

float L, Lpq;
L = calcTimePer(_way+"-");
o[30]= _way;
o[31] = FloatToStrF(L, ffFixed, 9, 2);    ///Расстояние
//---определение крайних точек ездки-----

-----

AnsiString tmp_p = "";
int cnt=0;
ptr = _way.c_str();
for(int i=0; i<_way.Length(); i++){
    if(ptr[i]=='-'){
        for(int j= cnt-1; j>-1; j--){
            tmp_p += ptr[i-j-1];
        }
        break;
    }
    cnt++;
}
pp1 = tmp_p;
//-----
tmp_p = "";
cnt=0;
ptr = _way.c_str();
for(int i=_way.Length()-1; i>0; i--){
    if(ptr[i]=='-'){
        for(int j= 0; j<cnt; j++){
            tmp_p += ptr[i+j+1];
        }
        break;
    }
    cnt++;
}
pp2 = tmp_p;
//-----Маршруты-----

-----

k = StrToInt(o[29]); //!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
for(int i =0; i<route_cnt; i++){
    if( k == rroute[i].numb){
        k =i;
        k4=k;
        break;
    }
}

// -----P otказа -----
//сумма F_Lpq

float F_Lpq = 0;
float L1;

```

```

Potk = 0; /// -----
????????????????
//ищу на маршруте начальный район и направление по паре нач точка конец точка
for(int ii =0;ii<rroute[k].cnt_way;ii++){
    if( rroute[k].way_tuda[ii] == StrToInt(pp1)){
        for(int j =ii;j<rroute[k].cnt_way;j++){
            if( rroute[k].way_tuda[j] == StrToInt(pp2)){
                Potk = rroute[k].Potk1[ii];
                AnsiString litle_way;
                for(int kk = ii;kk<j;kk++){
                    litle_way = IntToStr(rroute[k].way_tuda[kk])
+ "-" + IntToStr(rroute[k].way_tuda[kk+1]) + "-";
                    L1 = calcTimePer(litle_way);
                    F_Lpq += rroute[k].Fpotok1[kk]*L1;
                }
                break;
            }
        }
    }
    if( rroute[k].way_obratno[ii] == StrToInt(pp1)){
        for(int j =ii;j<rroute[k].cnt_way;j++){
            if( rroute[k].way_obratno[j] == StrToInt(pp2)){
                Potk = rroute[k].Potk2[ii];
                AnsiString litle_way;
                for(int kk = ii;kk<j;kk++){
                    litle_way =
IntToStr(rroute[k].way_obratno[kk]) + "-" + IntToStr(rroute[k].way_obratno[kk+1]) + "-"
";
                    L1 = calcTimePer(litle_way);
                    F_Lpq += rroute[k].Fpotok2[kk]*L1;
                }
                break;
            }
        }
    }
} // FOR

Ipl = rroute[k].tob*1./rroute[k].qty_a;
sigma =Ipl/3;
Tog = Ipl/2 + sigma*sigma/(2*Ipl) + Ipl*Potk/(1-Potk);
o[48] = FloatToStrF(Tog,ffFixed,9,2);
// o11 Potk
o[32] = FloatToStrF(Potk,ffFixed,9,2);

// состояние пассажира при ожидании
P1 = P2;
ptmp = ln(Tog+1);

```

```

P2 = 0.33 + 0.915*(P1*(1-0.28*ptmp)+1.12*ptmp)+0.00107*Tog;
// o12 P2
o[33] = FloatToStrF(P2,ffFixed,9,2);

Intensiv = 60*rroute[k].qty_a*1./rroute[k].tob;// 60
dynKoeff = F_Lpq/(rroute[k].Q*L*Intensiv); //3.16
if(dynKoeff<=0.215){
    K=1;
    dynKoeff = 0.215;
}else{
    K = 1+(0.215/dynKoeff)*(0.215/dynKoeff) -
(0.215/dynKoeff); //3.15
}
P1 = P2;
ptmp = 60*L/rroute[k].speed;
P2 = -0.21+1.045*(P1*(1-0.14*(K*dynKoeff+0.6)*ln(ptmp)) +
K*dynKoeff*(K*dynKoeff+0.6)*ln(ptmp));
//o13 dynKoeff
o[34] = FloatToStrF(dynKoeff,ffFixed,9,2);
o[35] = FloatToStrF(P2,ffFixed,9,2);

ttime4 = gl_decomp.Tp2 +gl_decomp.Tper1 + 10 + Tog;
} // Tper
}///НЕТ МАРШРУТА

//В конце пеший подход определяем откуда брать данный исходя из количества пересадок
// -----
switch (StrToInt(o[5])){
    case 1:
        tmp = qAllVarSel->FieldByName("TIMEALL1")->AsString;
        break;
    case 2:
        tmp = qAllVarSel->FieldByName("TIMEALL2")->AsString;
        break;
    case 3:
        tmp = qAllVarSel->FieldByName("TIMEALL3")->AsString;
        break;
    case 4:
        tmp = qAllVarSel->FieldByName("TIMEALL4")->AsString;
        break;
}
Decompiler(tmp);
P1 = P2;
ptmp = 12.69393819*(gl_decomp.Tp2/60)+1;
P2 = 0.10732*P1*(sqrt(ptmp)+8.317569921);
o[36] = pp2 + "_" + FloatToStr(rightone);

```

```

o[37] = FloatToStrF(P2, ffFixed, 9, 2);

//сумма времен
o[38] = FloatToStrF(( ttime1+ttime2+
ttime3+ttime4), ffFixed, 9, 2);
///Стоимость
ptmp = (ttime1+ttime2+ ttime3+ttime4)*Ctime;
float tarr1 =0,tarr2 =0,tarr3 =0,tarr4=0;// прямой подход
if(k1!=-1)
    tarr1 = rroute[k1].tariff;
if(k2!=-1)
    tarr2 = rroute[k3].tariff;
if(k3!=-1)
    tarr3 = rroute[k3].tariff;
if(k4!=-1)
    tarr4 = rroute[k4].tariff;

ptmp += DOXOD*(-0.0709+0.545*(P2-3)*(P2-3))/(24*100) + tarr1 +
tarr2+tarr3 +tarr4;

float tmp2;
tmp2 =(-0.0709+0.545*(P2-3)*(P2-3));
o[39] = FloatToStrF(tmp2, ffFixed, 9, 2);
o[40] = FloatToStrF(ptmp, ffFixed, 9, 2);

Insert_Calc(); //сохраняю малую партию
qAllVarSel->Next();
} //while

} // конец функции

//-----
void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::Calc_All_Var(int leftone, int rightone,
float HIJ){

TFloatFormat aaa;
    tbCalcul->Active = true;
    float delCper;
    float summCper =0;
    int II;
    II = tbCalcul->RecordCount;

    float *Cper = new float[II];

```

```

float *Pij = new float[II];
float *hij = new float[II];
tbCalcul->First();
int i=0;
float summHij =0;
AnsiString tmp="";
tmp = "Сумма Hij" + FloatToStr(summHij) + " Всего Hij "+ FloatToStr(HIJ) ;
MyListOut1->Add(tmp);

int K_number[4];
AnsiString K_way[4];
//МАТРИЦЫ МАРШРУТНЫЕ СТРОИМ ПО ВСЕМ МАРШРУТАМ
AnsiString pp1,pp2,_way;
int flag = 0;
int k;

variantij2 = new AnsiString*[tbCalcul->RecordCount+1];
// CperMIN = StrToFloat(qCalcul->FieldByName("O40")->AsString);
while (!tbCalcul->Eof){
    Cper[i] = StrToFloat(tbCalcul->FieldByName("o40")->AsString);
    delCper = 100*(Cper[i] - CperMIN)/CperMIN;

    if(delCper>=DEL_CPER_IN){
        Cper[i] = -1;
    }else{
        //расчет суммарного
        if(buttF1 == true){
            summCper += exp(perB*delCper);
        }else{
            summCper += pow((1+ pow((delCper/perF),perG)), -1*perE/perG);
        }
    }

    }
    //-----
    variantij2[i] = new AnsiString[49];

    AnsiString str11 = tbCalcul->FieldByName("o"+IntToStr(9))->AsString ;
    variantij2[i][9] =str11;
    for(int kk=1;kk<40;kk++){
        variantij2[i][kk] = tbCalcul->FieldByName("o"+IntToStr(kk))-
>AsString ;
    }
}

```

```

        variantij2[i][40] = FloatToStrF(tbCalcul->FieldByName("o40")-
>AsFloat,ffFixed,9,2);
        for(int kk=41;kk<49;kk++){
            variantij2[i][kk] = tbCalcul->FieldByName("o"+IntToStr(kk))-
>AsString ;
        }

        tbCalcul->Next();
        i++;
    }
    i=0;
    for(int i=0;i<II;i++){
        if(Cper[i]!=-1){
            delCper = 100*(Cper[i] - CperMIN)/CperMIN;           // CperMIN
            if(buttF1 == true){
                Pij[i] = exp(perB*delCper)/summCper;

            }else{
                Pij[i] = pow((1+ pow((delCper/perF),perG)), -
1*perE/perG)/summCper;
            }

            hij[i] =Pij[i]*HIJ;
            summHij += hij[i];
        }else{
            Pij[i] =0;
            hij[i] =0;
        }
    }

    //-----

    tmp="";
    if(Cper[i]!=-1){
        for(int j=1;j<40;j++){
            tmp += variantij2[i][j] + " ";
        }
        tmp += variantij2[i][40]+" ";
        delCper = 100*(Cper[i] - CperMIN)/CperMIN;
        tmp += FloatToStrF(delCper,aaa,6,4)+" ";
        tmp += FloatToStrF((Pij[i]*summCper),aaa,6,4)+" ";
        tmp += FloatToStrF(Pij[i],aaa,6,4)+" ";
        tmp += FloatToStrF(hij[i],aaa,6,4)+" ";
        if(StrToFloat(variantij2[i][5]) ==0){
            qty_pp += hij[i];
        }
    }
}

```

```

}else{
    qty_trp += hij[i];
    poten_q += hij[i]*StrToFloat(variantij2[i][5]);
    float G5,AK5,N5;
    G5 = StrToFloat(variantij2[i][7]);
    AK5 = StrToFloat(variantij2[i][37]);
    if(StrToFloat(variantij2[i][35]) == 0){
        if(StrToFloat(variantij2[i][28]) == 0){
            if(StrToFloat(variantij2[i][21]) == 0){
                N5 = StrToFloat(variantij2[i][14]);
            }else{
                N5 = StrToFloat(variantij2[i][21]);
            }
        }else{
            N5 = StrToFloat(variantij2[i][28]);
        }
    }else{
        N5 = StrToFloat(variantij2[i][35]);
    }
    srednee_pesh1 += hij[i]*((6.85*(G5/2)*(G5/2))-
12.21*(G5/2)+5.372);
    srednee_pesh2 += hij[i]*((6.85*(AK5/N5)*(AK5/N5))-
12.21*(AK5/N5)+5.372);
}
tmp += variantij2[i][45] + " ";
tmp += variantij2[i][46] + " ";
tmp += variantij2[i][47] + " ";
tmp += variantij2[i][48] + " ";
MyListOut1->Add(tmp);
}

//-----
K_number[0] = StrToInt(variantij2[i][8]); // 8 15 22 29
K_number[1] = StrToInt(variantij2[i][15]);
K_number[2] = StrToInt(variantij2[i][22]);
K_number[3] = StrToInt(variantij2[i][29]);

K_way[0] = variantij2[i][9]; // 8 15 22 29
K_way[1] = variantij2[i][16];
K_way[2] = variantij2[i][23];
K_way[3] = variantij2[i][30];

if(Pij[i]!=0){

```



```

// 8 15 22 29
flag = 0;

for(int _i=0;_i<4;_i++){
k = K_number[_i];
if(k!=0){

    _way = K_way[_i];
    //---определение крайних точек ездки-----
-----

    char* ptr;
    AnsiString tmp_p = "";
    int cnt=0;
    ptr = _way.c_str();
    for(int i=0;i<_way.Length();i++){
        if(ptr[i]=='-'){
            for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
                tmp_p += ptr[i-j-1];
            }
            break;
        }
        cnt++;
    }
    pp1 = tmp_p;
    //-----
    tmp_p = "";
    cnt=0;
    ptr = _way.c_str();
    for(int i=_way.Length()-1;i>0;i--){
        if(ptr[i]=='-'){
            for(int j= 0;j<cnt;j++){
                tmp_p += ptr[i+j+1];
            }
            break;
        }
        cnt++;
    }
    pp2 = tmp_p;

for(int j=0;j<route_cnt;j++){ //по маршрутам
    if( k == rroute[j].numb){
        for(int ii=0;ii<rroute[j].cnt_way;ii++){
            if(flag ==1 ) break;
            if(rroute[j].way_tuda[ii] == StrToInt(pp1)){ //если
нашли первый пункт ищем второй

                for(int jj=ii;jj<rroute[j].cnt_way;jj++){

```

```

StrToInt(pp2)) {
    if(rroute[j].way_tuda[jj] ==
        //
        rroute[j].matr1[ii][jj] += hij[i];
        flag =1;
        break;
    }
}
if(rroute[j].way_obratno[ii] == StrToInt(pp1)){
//если нашли первый пункт ищем второй
for(int jj=ii;jj<rroute[j].cnt_way;jj++){
    if(rroute[j].way_obratno[jj] ==
        //
        rroute[j].matr2[ii][jj] += hij[i];
        flag =1;
        break;
    }
}
}
break;
} //if
} //for
} // if k!=0
} //for 4

} // if (Pij[i]!=0)

if((flag==0)&&(k!=0)&&(Pij[i]!=0)) { ShowMessage("П ай йот не
распределилось"); }

flag =0;

//          tbCalcul->Next();
}

// delete [] variantij;
delete Cper;
delete Pij;
delete hij;

```

```

//delete [] K_number;
//delete [] K_way;
}

//-----

float __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::Cper_Potk(float Lymbda, int Wi, int qtyA,
int Tob)
{

//математическое ожидание интервала движения
float Icr;
///- количество свободных мест в транспортном средстве, пас.

//максимально возможное количество пассажиров, int Wi;
//подошедших к остановочному пункту, пас.;
int M;
//среднее квадратическое отклонение интервала движения
float sigma;
// величина шага
float T ;
//количество пассажиров поступающих на остановочный пункт;
int K;
int kolSH;
char *ptr;

if(Wi <=0)
    Wi =1;

int ii =0;

    sigma = 2;
float Ipl = Tob*1./qtyA;
    sigma = Ipl/3.;
    kolSH = 10;
    M = 1000;
    Icr = Tob*1./qtyA;
    T= 2*Icr/kolSH;

//закон Пуассона

    int i;
    long double tmp,tmp2,tmp_K,summ_all, all;

```

```

float Iz;
float Icr_delIz;
float deltaIz;
T = Icr*2./kolSH;
long double mass[11];
all =0;

for(int z = 0;z<kolSH+1;z++){
    Iz = z*Icr*2./kolSH;
    // Icr_delIz = Iz;
    deltaIz = Iz -Icr;
    summ_all =0;
    //Закон Пуассона
    for(K = Wi+1;K<M+1;K++){
        tmp_K = 1;
        if(Iz!=0){
            /*    for( i = 1;i<K+1;i++){
                    tmp=powl(double(i),double(1./K));
                    tmp_K *=tmp;
                }
            */
            tmp_K = facty[K];
            tmp = expl(K*ln((Lymbda*(Iz)/tmp_K) - Lymbda*(Iz)));
            tmp = tmp*(K-Wi)/K;
        }else{
            tmp = 0;
        }
        summ_all += tmp;
    } //for K

    //Нормальный закон

    tmp=powl(2*3.14,double(1/2.));
    tmp = 1./(tmp*sigma);
    tmp2 = (-1)*deltaIz*deltaIz/(2.*sigma*sigma);

    tmp2 = expl(tmp2);
    mass[z] = summ_all*tmp*tmp2*T;
    all +=mass[z];
} //for z
/*
int celoe =0;
float celoe_fl =0;
    celoe_fl = all*1000000;
    celoe = (int)celoe_fl;
    all = 0;
    all = celoe/1000000.;

```

```

    */
    return all;

}
//-----
void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::Decompiler(AnsiString _time)
{
    gl_decomp.init(); //clear global
    AnsiString tmp_p;
    int p1,p2;
    p1 =0;
    p2 =0;
    char *ptr;
    int cnt =0; float summ=0;
    ptr = _time.c_str();
    for(int i=0;i<_time.Length();i++){

        switch (ptr[i]){
            case '-':
                tmp_p ="";
                for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
                    tmp_p += ptr[i-j-1];
                }
                switch (gl_decomp.qty){
                    case 0:
                        gl_decomp.Tper1 = StrToFloat(tmp_p);
                        break;
                    case 1:
                        gl_decomp.Tper2 = StrToFloat(tmp_p);
                        break;
                    case 2:
                        gl_decomp.Tper3 = StrToFloat(tmp_p);
                        break;
                }
                gl_decomp.qty++;
                cnt= 0;
                break;
            case '_':
                tmp_p ="";
                for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
                    tmp_p += ptr[i-j-1];
                }
                //if(gl_decomp.Tper1 ==0){ //значит левая часть выражения
                if(gl_decomp.Tp1 == 0){
                    gl_decomp.Tp1 = StrToFloat(tmp_p);
                }else{
                    gl_decomp.Tp2 = StrToFloat(tmp_p);
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        }
//      gl_decomp.cntTp2++;
//      }else{ //значит right часть выражения
//          if(gl_decomp.Tp2_ == 0){
//              gl_decomp.Tp2_ = StrToFloat(tmp_p);
//              gl_decomp.Tp2 = StrToFloat(tmp_p);
//          }else{
//              gl_decomp.Tp2 = StrToFloat(tmp_p);
//          }
//
//      }
//
//      cnt= 0;
//      break;
case '|':
    tmp_p ="";
    for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
        tmp_p += ptr[i-j-1];
    }
    switch (gl_decomp.qty){
        case 0:
            gl_decomp.Tog1 = StrToFloat(tmp_p);
            break;
        case 1:
            gl_decomp.Tog2 = StrToFloat(tmp_p);
            break;
        case 2:
            gl_decomp.Tog3 = StrToFloat(tmp_p);
            break;
    }
    cnt= 0;
    break;
case '+': //absent
    break;
case '!':
    gl_decomp.cntTp2 =1 ;// нет внутрирайнных подходов
    break;

default:      cnt++;
              break;
    }
} //for

//проverka если Tp2 только одно
// if( gl_decomp.cntTp2 ==1){

```

```

//      gl_decomp.Tp2_ = 0;
//  }

}

//-----
void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::DataModuleDestroy(
    TObject *Sender)
{
    delete[] rroute;
    //delete[] CntVariant_mas;
    // delete[] variantij;
    delete[] all_var;
    delete[] o;

}
//-----

//-----
float __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::Cper_Calc_Ostatok(int leftone, int
rightone, float HIJ)
{
    //
    qVariantsSel->Close();

    qVariantsSel->SQL->Clear();
    qVariantsSel->SQL->Add("select * from variants where (VAR_I = :VAR_I AND
VAR_J=:VAR_J)");
    qVariantsSel->ParamByName("VAR_I")->AsInteger = leftone;
    qVariantsSel->ParamByName("VAR_J")->AsInteger = rightone;
    qVariantsSel->Open();

    variantij = new AnsiString*[qVariantsSel->RecordCount+1];
    int i=0;
    float CperMIN;
    int k;          //номер маршрута
    try{
        qVariantsSel->First();

        CperMIN =1000;
        float Potk,Tog,Ipl, sigma;
        float P1,P2,Plast,ptmp;
        float dynKoeff,Intensiv,F,K;

```

```

AnsiString tmp,_way;

while (!qVariantsSel->Eof)
{

variantij[i] = new AnsiString[6];
variantij[i][0] = qVariantsSel->FieldByName("VAR_WAY")->AsString;
variantij[i][1] = qVariantsSel->FieldByName("VAR_TIMEALL")->AsString;
variantij[i][2] = qVariantsSel->FieldByName("VAR_ROUTE")->AsString;
variantij[i][3] = 0; //стоимость
variantij[i][4] = 0; // ездка начальный пункт
variantij[i][5] = 0; // ездка конечный пункт
////////////////////////////////////

// tmp = variantij[i][1];
//decompiler
Decompiler(variantij[i][1]);

if(gl_decomp.cntTp2 == 1){ // нет подходов в варианте //&&(HIJ>0.001)

//измениться лямбда и кю
//Лямбда
// КЮ старое

// анализатор времен ездки

P1 = 2;
ptmp = 12.69393819*(gl_decomp.Tp1/60)+1;
P2 = 0.10732*P1*(sqrt(ptmp)+8.317569921);

char *ptr;

// if((gl_decomp.Tog1!= 0)&&(gl_decomp.Tper1!= 0)){
/*
tmp = variantij[i][0];
//вырезаю путь ездки на первом маршруте-----
-

int ptr1=0,ptr2=0;
ptr = tmp.c_str();

```



```

for(int i=0;i<tmp.Length();i++){ ///!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
    if((ptr[i]=='_')&&(ptr2==0)){// первая часть выражения
        ptr1 = i;
    }
    if(ptr[i]=='-'){
        ptr2 = i;
    }
    if(((ptr[i]=='_')|| (ptr[i]=='+'))&&(ptr2 !=0)){ //вторая часть выражения
        ptr2 = i;
        break;
    }
}
_way = "";
for(int i=ptr1+1;i<ptr2;i++){
    _way += ptr[i];
}
*/
_way = variantij[i][0];
float L,Lpq;
L = calcTimePer(_way+"-");
// Lpq = calcLengthPQ(_way+"-");

//-----
//-----определение крайних точек ездки-----
--

AnsiString tmp_p = "";
int cnt=0;
ptr = _way.c_str();
for(int i=0;i<_way.Length();i++){
    if(ptr[i]=='-'){
        for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
            tmp_p += ptr[i-j-1];
        }
        break;
    }
    cnt++;
}
variantij[i][4] = tmp_p;

//-----

tmp_p = "";
cnt=0;
ptr = _way.c_str();
for(int i=_way.Length()-1;i>0;i--){
    if(ptr[i]=='-'){
        for(int j= 0;j<cnt;j++){
            tmp_p += ptr[i+j+1];
        }
    }
}

```

```

    }
    break;
}
cnt++;
}
variantij[i][5] = tmp_p;

//-----
//-----
// -----P otказа -----
//-----

k = StrToInt(variantij[i][2]); //!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
for(int i =0;i<route_cnt;i++){
    if( k == rroute[i].numb){
        k =i;
        break;
    }
}
//Potk =0;
//сумма F_Lpq
float F_Lpq = 0;
float L1;
//ищу на маршруте начальный район и направление по паре нач точка  конец точка
for(int ii =0;ii<rroute[k].cnt_way;ii++){
    if( rroute[k].way_tuda[ii] == StrToInt(variantij[i][4])){
        for(int j =ii;j<rroute[k].cnt_way;j++){
            if( rroute[k].way_tuda[j] == StrToInt(variantij[i][5])){
                Potk = rroute[k].Potk1[i];
                AnsiString litle_way;
                for(int kk = ii;kk<j;kk++){
                    litle_way = IntToStr(rroute[k].way_tuda[kk]) + "-" +
IntToStr(rroute[k].way_tuda[kk+1])  + "-";
                    L1 = calcTimePer(litle_way);
                    F_Lpq += rroute[k].Fpotok1[kk]*L1;
                }

                break;
            }
        }
    }
}
}
}

```

```

if( rroute[k].way_obratno[ii] == StrToInt(variantij[i][4])){
    for(int j =ii;j<rroute[k].cnt_way;j++){
        if( rroute[k].way_obratno[j] == StrToInt(variantij[i][5])){
            Potk = rroute[k].Potk2[ii];
            AnsiString litle_way;
            for(int kk = ii;kk<j;kk++){
                litle_way = IntToStr(rroute[k].way_obratno[kk]) + "-" +
IntToStr(rroute[k].way_obratno[kk+1])  + "-";
                Ll = calcTimePer(litle_way);
                F_Lpq += rroute[k].Fpotok2[kk]*Ll;
            }

            break;
        }
    }
}

}

// Potk = Cper_Potk(rroute[k].lyambda, rroute[k].fact_q1[0], rroute[k].qty_a,
rroute[k].tob);
// if(Potk==1) Potk=0.99; ///!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
Ipl = rroute[k].tob*1./rroute[k].qty_a;
sigma =Ipl/3;
Tog = Ipl/2 + sigma*sigma/(2*Ipl) + Ipl*Potk/(1-Potk);

// ожидание состояние пассажира
P1 = P2;
ptmp = ln(Tog+1);
P2 = 0.33 + 0.915*(P1*(1-0.28*ptmp)+1.12*ptmp)+0.00107*Tog;

////Ошибка тут

Intensiv = 60*rroute[k].qty_a*1./rroute[k].tob;
dynKoeff = F_Lpq/(rroute[k].Q*L*Intensiv); //3.16
if(dynKoeff<=0.215){
    K=1;
    dynKoeff = 0.215;
}else{
    K = 1+(0.215/dynKoeff)*(0.215/dynKoeff) - (0.215/dynKoeff); //3.15
}
P1 = P2;
ptmp = 60*L/rroute[k].speed;

```

```

        P2 = -0.21+1.045*(P1*(1-0.14*(K*dynKoeff+0.6)*ln(ptmp))+
K*dynKoeff*(K*dynKoeff+0.6)*ln(ptmp));
// }

////////////////////////////////////

        P1 = P2;
        ptmp = 12.69393819*(gl_decomp.Tp2/60)+1;
        P2 = 0.10732*P1*(sqrt(ptmp)+8.317569921);

///Стоимость
        ptmp = (gl_decomp.Tp2 + gl_decomp.Tp1 + gl_decomp.Tper1 + Tog)*Ctime;
        ptmp += DOXOD*(-0.0709+0.545*(P2-3)*(P2-3))/(24*100) + rroute[k].tariff ;
        if(CperMIN>ptmp){
                CperMIN = ptmp;
        }
        variantij[i][3] = FloatToStr(ptmp);

} ////   if((gl_decomp.Tp1_ == 0)&& (gl_decomp.Tp2_ == 0)){ // нет подходов в
варианте
else{ variantij[i][3] = 99999.9; }
        i++;
        qVariantsSel->Next();
}
}
__finally
{
        qVariantsSel->EnableControls();
}

int II=0;
II = i;
float *Cper = new float[II];
float *Pij = new float[II];
float *hij = new float[II];
float delCper;
float summCper =0;
for(i=0;i<II;i++){
        Cper[i] = StrToFloat(variantij[i][3]);
        delCper = 100*(Cper[i] - CperMIN)/CperMIN;
        if(delCper>=50){
                Cper[i] = -1;

```

```

}else{
//расчет суммарного
    if(buttF1 == true){
        summCper += exp(perB*delCper);
    }else{
        summCper += pow((1+ pow((delCper/perF),perG)), -1*perE/perG);
    }
}

}

for(i=0;i<II;i++){

    if(Cper[i]!=-1){
        delCper = 100*(Cper[i] - CperMIN)/CperMIN;
        if(buttF1 == true){
            Pij[i] = exp(perB*delCper)/summCper;

        }else{
            Pij[i] = pow((1+ pow((delCper/perF),perG)), -1*perE/perG)/summCper;
        }
        hij[i] =Pij[i]*HIJ;
    }else{
        Pij[i] =0;
        hij[i] =0;
    }
}

//МАТРИЦЫ МАРШРУТНЫЕ СТРОИМ ПО ВСЕМ МАРШРУТАМ
int flag = 0;
for(i=0;i<II;i++){ //по количеству вариантов
    k = StrToInt(variantij[i][2]);
    flag = 0;
    if(Pij[i]!=0){
        for(int j=0;j<route_cnt;j++){ //по маршрутам
            if( k == rroute[j].numb){
                for(int ii=0;ii<rroute[j].cnt_way;ii++){
                    if(flag ==1 ) break;
                    if(rroute[j].way_tuda[ii] == StrToInt(variantij[i][4])){ //если нашли
первый пункт ищем второй
                        for(int jj=ii;jj<rroute[j].cnt_way;jj++){
                            if(rroute[j].way_tuda[jj] == StrToInt(variantij[i][5])){
                                //
                                rroute[j].matr1[ii][jj] += hij[i];
                                flag =1;
                                break;
                            }
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        }
    }
}
    if(rroute[j].way_obratno[ii] == StrToInt(variantij[i][4])){ //если
нашли первый пункт ищем второй
        for(int jj=ii;jj<rroute[j].cnt_way;jj++){
            if(rroute[j].way_obratno[jj] ==
StrToInt(variantij[i][5])){
                //
                rroute[j].matr2[ii][jj] += hij[i];
                flag =1;
                break;
            }
        }
    }

    }
    break;
} //if
} //for
} // if(Pij[i]!=0)

if((flag==0)&&(k!=0)&&(Pij[i]!=0)) {SendMessage("П ай йот не распределилось");}
flag =0;

} //for маршруты
delete [] variantij;
delete Cper;
delete Pij;
delete hij;
}

//-----
///
//
//
//
//
//
//
//
//
//
//-----

void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::Insert_All_Var(){

    AnsiString _way, all_way, tmp_p, pp1,pp2;

```

```

/* if(cnt_all_var ==159){

    _way = "";
}*/

int cnt;
//---определение крайних точек ездки-----
char*ptr;
cnt=0;
tmp_p = "";
_way = all_var[7];
if(_way !="0"){
    ptr = _way.c_str();
    for(int i=0;i<_way.Length();i++){
        if(ptr[i]=='-'){
            for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
                tmp_p += ptr[i-j-1];
            }
            break;
        }
        cnt++;
    }
    pp1 = tmp_p;
    //-----
    tmp_p = "";
    cnt=0;
    ptr = _way.c_str();
    for(int i=_way.Length()-1;i>0;i--){
        if(ptr[i]=='-'){
            for(int j= 0;j<cnt;j++){
                tmp_p += ptr[i+j+1];
            }
            break;
        }
        cnt++;
    }
    pp2 = tmp_p;

///-----

if(all_var[1]==pp1){

```

```

        all_way = all_var[7];
    }else{
        all_way = all_var[1] + "-" + all_var[7];
    }
}else{ //если нет первого маршрута

    all_way = all_var[1];
} ///

///-----

    _way = all_var[9];
if(_way != "0"){
    cnt=0;
    tmp_p = "";
    ptr = _way.c_str();
    for(int i=0;i<_way.Length();i++){
        if(ptr[i]=='-'){
            for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
                tmp_p += ptr[i-j-1];
            }
            break;
        }
        cnt++;
    }
    pp1 = tmp_p;
    _way=_way.SubString(cnt+1,_way.Length());
    all_way = all_way+ _way;
}//-----

    tmp_p = "";
    cnt=0;
    ptr = _way.c_str();
    for(int i=_way.Length()-1;i>0;i--){
        if(ptr[i]=='-'){
            for(int j= 0;j<cnt;j++){
                tmp_p += ptr[i+j+1];
            }
            break;
        }
        cnt++;
    }
    pp2 = tmp_p;

}

///-----

    _way = all_var[11];
if(_way != "0"){
    cnt=0;
    tmp_p = "";

```



```

ptr = _way.c_str();
for(int i=0;i<_way.Length();i++){
    if(ptr[i]=='-'){
        for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
            tmp_p += ptr[i-j-1];
        }
        break;
    }
    cnt++;
}
pp1 = tmp_p;

_way=_way.SubString(cnt+1,_way.Length());
all_way = all_way+ _way;

//-----
tmp_p = "";
cnt=0;
ptr = _way.c_str();
for(int i=_way.Length()-1;i>0;i--){
    if(ptr[i]=='-'){
        for(int j= 0;j<cnt;j++){
            tmp_p += ptr[i+j+1];
        }
        break;
    }
    cnt++;
}
pp2 = tmp_p;

}

///-----

_way = all_var[13];
if(_way !="0"){
    cnt=0;
    tmp_p = "";
    ptr = _way.c_str();
    for(int i=0;i<_way.Length();i++){
        if(ptr[i]=='-'){
            for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
                tmp_p += ptr[i-j-1];
            }
            break;
        }
        cnt++;
    }
    pp1 = tmp_p;
}

```

```

        _way=_way.SubString(cnt+1,_way.Length());
        all_way = all_way+ _way;
        //-----

//-----
        _way = all_var[13];
        tmp_p = "";
        cnt=0;
        ptr = _way.c_str();
        for(int i=_way.Length()-1;i>0;i--){
            if(ptr[i]=='-'){
                for(int j= 0;j<cnt;j++){
                    tmp_p += ptr[i+j+1];
                }
                break;
            }
            cnt++;
        }
        pp2 = tmp_p;
    }
}

if(pp2!=all_var[2]){
    all_way =all_way + "-" +all_var[2];
}

//-----
all_way =all_way + "-";
_way = all_way;

int pp[40];

cnt =0;
int k=0;
ptr = _way.c_str();
for(int i=0;i<_way.Length();i++){
    if((ptr[i]=='-')){
        tmp_p = "";
        for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
            tmp_p += ptr[i-j-1];
        }
        pp[k]=StrToInt(tmp_p);
        k++;
        cnt=-1; //потому что сразу за этим плюсуется
    }
}

```

```

        }
        cnt++;
    }

    all_way = "-" + all_way;
    int p1, p2;
    p1 = 0;
    for(int i=0; i<k; i++){
        p1 = all_way.Pos("-" + IntToStr(pp[i]) + "-");
        _way = all_way.SubString(p1+2, all_way.Length());
        p2 = _way.Pos("-" + IntToStr(pp[i]) + "-");
        if(p2!=0){
            return;
        }
    }
}

tbAllVar->DisableControls();
try {
    tbAllVar->Active = true;

    tbAllVar->Append();
    tbAllVar->Edit();
    tbAllVar->FieldByName("All1")->AsString = all_var[1];
    tbAllVar->FieldByName("All2")->AsString = all_var[2];
    tbAllVar->FieldByName("All3")->AsString = cnt_all_var++;
    tbAllVar->FieldByName("All4")->AsString = all_var[4];
    tbAllVar->FieldByName("All5")->AsString = all_var[5];
    tbAllVar->FieldByName("All6")->AsString = all_var[6];
    tbAllVar->FieldByName("All7")->AsString = all_var[7];
    tbAllVar->FieldByName("All8")->AsString = all_var[8];
    tbAllVar->FieldByName("All9")->AsString = all_var[9];
    tbAllVar->FieldByName("All10")->AsString = all_var[10];
    tbAllVar->FieldByName("All11")->AsString = all_var[11];
    tbAllVar->FieldByName("All12")->AsString = all_var[12];
    tbAllVar->FieldByName("All13")->AsString = all_var[13];
    tbAllVar->FieldByName("All14")->AsString = all_var[14];
    tbAllVar->FieldByName("All15")->AsString = all_var[15];
    tbAllVar->FieldByName("TIMEALL1")->AsString = all_var[16];
    tbAllVar->FieldByName("TIMEALL2")->AsString = all_var[17];
    tbAllVar->FieldByName("TIMEALL3")->AsString = all_var[18];
    tbAllVar->FieldByName("TIMEALL4")->AsString = all_var[19];
}

```

```

tbAllVar->Post();

}
__finally
{
    tbAllVar->EnableControls();
    Screen->Cursor = crDefault;
};
}
//-----
void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::All_Var4(int leftone, int rightone, float
mTime)
{
    //
    TFloatFormat aaa;

    for(int i1=0;i1<area_cnt;i1++){
        if (ppoint[4][i1] == 1) { // если круг

            qVariantsSel->Close();
            qVariantsSel->SQL->Clear();
            qVariantsSel->SQL->Add("select * from variants where (VAR_I = :VAR_I AND
VAR_J=:VAR_J) ");
            qVariantsSel->SQL->Add("AND (VAR_RIGHT = 0) AND (VAR_ROUTE <> '0') ");
            qVariantsSel->ParamByName("VAR_I")->AsInteger = leftone;
            qVariantsSel->ParamByName("VAR_J")->AsInteger = ppoint[0][i1];

            qVariantsSel->Open();
            int k,k1,k2,k3,k4;           //номер маршрута
            qVariantsSel->First();
            float Ipl,sigma, Tog;
            float ttime1,ttime2,ttime3,ttime4;
            AnsiString tmp,_way, pp1,pp2;
            while (!qVariantsSel->Eof){
                for(int j=0;j<20 ;j++){
                    all_var[j] = "0";
                }
                k1=-1;
                Tog =0;
                tmp = qVariantsSel->FieldByName("VAR_TIMEALL")->AsString;
                //decompiler
                Decompiler(tmp);
                all_var[16] = tmp;
                all_var[1] = IntToStr(leftone);
                all_var[2] = IntToStr(rightone);

```

```

all_var[6] = qVariantsSel->FieldByName("VAR_ROUTE")->AsString;
    // первая ездка
if(gl_decomp.Tper1!= 0){

    _way = qVariantsSel->FieldByName("VAR_WAY")->AsString;
    all_var[7]= _way;
    //---определение крайних точек ездки-----
-----

    char *ptr;
    AnsiString tmp_p = "";
    int cnt=0;
    ptr = _way.c_str();
    for(int i=0;i<_way.Length();i++){
        if(ptr[i]=='-'){
            for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
                tmp_p += ptr[i-j-1];
            }
            break;
        }
        cnt++;
    }
    pp1 = tmp_p;
    //-----
    tmp_p = "";
    cnt=0;
    ptr = _way.c_str();
    for(int i=_way.Length()-1;i>0;i--){
        if(ptr[i]=='-'){
            for(int j= 0;j<cnt;j++){
                tmp_p += ptr[i+j+1];
            }
            break;
        }
        cnt++;
    }
    pp2 = tmp_p;
    all_var[5] = IntToStr(leftone) + "_" + pp1;
    //-----Маршруты-----
-----

    k = StrToInt(all_var[6]);
    //!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
    for(int i =0;i<route_cnt;i++){
        if( k == rroute[i].numb){
            k =i;

```

```

        k1=k; //запоминаю
        break;
    }
}

Ipl = rroute[k].tob*1./rroute[k].qty_a;
sigma =Ipl/3;
Tog = Ipl/2 + sigma*sigma/(2*Ipl);
}else{ //Tper
    all_var[5] = IntToStr(leftone) + "_" +
FloatToStr(ppoint[0][i1]);

}

tttime1 = gl_decomp.Tper1 + gl_decomp.Tp1+Tog;
//-----ПЕРСАДКА 1 -----
for(int i2=0;i2<area_cnt;i2++){
    if ((ppoint[4][i2] == 1)&&(i1!=i2)) { // если круг
        qVariantsSel2->Close();
        qVariantsSel2->SQL->Clear();
        qVariantsSel2->SQL->Add("select * from variants where (VAR_I = :VAR_I AND
VAR_J=:VAR_J) ");
        qVariantsSel2->SQL->Add("AND (VAR_RIGHT = 0) AND (VAR_LEFT = 0) AND
(VAR_ROUTE <> '0') ");
        qVariantsSel2->ParamByName("VAR_I")->AsInteger = ppoint[0][i1];
        qVariantsSel2->ParamByName("VAR_J")->AsInteger = ppoint[0][i2];
        qVariantsSel2->Open();
        qVariantsSel2->First();

        AnsiString tmp,_way, pp1,pp2;
        while (!qVariantsSel2->Eof){
            k2=-1;
            Tog=0;
            all_var[8] = qVariantsSel2->FieldByName("VAR_ROUTE")->AsString;
            if(all_var[8]!=all_var[6]){
                tmp = qVariantsSel2->FieldByName("VAR_TIMEALL")->AsString;
                //decompiler
                Decompiler(tmp);
                all_var[17] = tmp;
                // первая ездка
                Tog =0;
                if(gl_decomp.Tper1!= 0){
                    char *ptr;
                    _way = qVariantsSel2->FieldByName("VAR_WAY")->AsString;
                    all_var[9]= _way;

```

```

//-----Маршруты-----
-----

        k = StrToInt(all_var[8]);
//!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
        for(int i =0;i<route_cnt;i++){
            if( k == rroute[i].numb){
                k =i;
                k2=k; //запоминаю
                break;
            }
        }

        Ipl = rroute[k].tob*1./rroute[k].qty_a;
        sigma =Ipl/3;
        Tog = Ipl/2 + sigma*sigma/(2*Ipl) ;
    } //Tper
        ttime2 = gl_decomp.Tper1 + 10 + Tog;

//Пересадка 2 -----
for(int i3=0;i3<area_cnt;i3++){
    if ((ppoint[4][i3] == 1)&&(i3!=i2)&&(i3!=i1)) { // если круг
        qVariantsSel3->Close();
        qVariantsSel3->SQL->Clear();
        qVariantsSel3->SQL->Add("select * from variants where (VAR_I = :VAR_I AND
VAR_J=:VAR_J) ");
        qVariantsSel3->SQL->Add("AND (VAR_RIGHT = 0) AND (VAR_LEFT = 0) AND
(VAR_ROUTE <> '0') ");
        qVariantsSel3->ParamByName("VAR_I")->AsInteger = ppoint[0][i2];
        qVariantsSel3->ParamByName("VAR_J")->AsInteger = ppoint[0][i3];
        qVariantsSel3->Open();
        int k;          //номер маршрута
        qVariantsSel3->First();

        AnsiString tmp,_way, pp1,pp2;
        while (!qVariantsSel3->Eof){
            k3=-1;
            Tog=0;
            tmp = qVariantsSel3->FieldByName("VAR_TIMEALL")->AsString;
            //decompiler
            Decompiler(tmp);
            all_var[18] = tmp;
            all_var[10] = qVariantsSel3->FieldByName("VAR_ROUTE")->AsString;
            // Подход состояние пасс
            if((all_var[10]!=all_var[6])&&(all_var[10]!=all_var[8])){
                // первая ездка
                Tog =0;
                if(gl_decomp.Tper1!= 0){

```

```

char *ptr;
_way = qVariantsSel3->FieldByName("VAR_WAY")->AsString;
all_var[11]= _way;
k = StrToInt(all_var[10]);
//!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
for(int i =0;i<route_cnt;i++){
    if( k == rroute[i].numb){
        k =i;
        k3=k; //запоминаю
        break;
    }
}
Ipl = rroute[k].tob*1./rroute[k].qty_a;
sigma =Ipl/3;
Tog = Ipl/2 + sigma*sigma/(2*Ipl);
} //Tper
    ttime3 = gl_decomp.Tper1 + 10+Tog;

// ПЕРЕСАДКА -----3-----
qVariantsSel4->Close();
qVariantsSel4->SQL->Clear();
qVariantsSel4->SQL->Add("select * from variants where (VAR_I = :VAR_I AND
VAR_J=:VAR_J)");
qVariantsSel4->SQL->Add("AND (VAR_LEFT = 0) AND (VAR_ROUTE <> '0') ");
qVariantsSel4->ParamByName("VAR_I")->AsInteger = ppoint[0][i3];
qVariantsSel4->ParamByName("VAR_J")->AsInteger = rightone;
qVariantsSel4->Open();

qVariantsSel4->First();
AnsiString tmp,_way, pp1,pp2;
while (!qVariantsSel4->Eof){
    k4=-1;
    Tog=0;
    for(int j=12;j<16 ;j++){
        all_var[j] = "0";
    }
    all_var[19] = "0";
    tmp = qVariantsSel4->FieldByName("VAR_TIMEALL")->AsString;
    //decompiler
    Decompiler(tmp);
    all_var[19] = tmp;
    all_var[12] = qVariantsSel4->FieldByName("VAR_ROUTE")->AsString;
    if((all_var[12]!= all_var[10])&&(all_var[12]!=
all_var[6])&&(all_var[12]!=all_var[8])){
        // первая ездка
        if(gl_decomp.Tper1!= 0){

```



```

char *ptr;
_way = qVariantsSel4->FieldByName("VAR_WAY")->AsString;
float L, Lpq;
all_var[13]= _way;
//---определение крайних точек ездки-----
-----

AnsiString tmp_p = "";
int cnt=0;
ptr = _way.c_str();
for(int i=0;i<_way.Length();i++){
    if(ptr[i]=='-'){
        for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
            tmp_p += ptr[i-j-1];
        }
        break;
    }
    cnt++;
}
pp1 = tmp_p;
//-----
tmp_p = "";
cnt=0;
ptr = _way.c_str();
for(int i=_way.Length()-1;i>0;i--){
    if(ptr[i]=='-'){
        for(int j= 0;j<cnt;j++){
            tmp_p += ptr[i+j+1];
        }
        break;
    }
    cnt++;
}
pp2 = tmp_p;
//-----Маршруты-----
-----

k = StrToInt(all_var[12]);
//!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
for(int i =0;i<route_cnt;i++){
    if( k == rroute[i].numb){
        k =i;
        k4=k; //запоминаю
        break;
    }
}
Ipl = rroute[k].tob*1./rroute[k].qty_a;
sigma =Ipl/3;
Tog = Ipl/2 + sigma*sigma/(2*Ipl);

```

```

        all_var[14] = pp2 + "_" + FloatToStr(rightone);
    }else{    //пеший  подход
        all_var[14] = FloatToStr(ppoint[0][i3]) + "_" +
IntToStr(rightone);
    }
    ttime4 = gl_decomp.Тр2 +gl_decomp.Тпер1 + 10 + Тог;
//-----проверка на время 02.11.2011
    if((((ttime1+ttime2+ ttime3+ttime4)/mTime)-1)*100 < DEL_TIME_IN){

        all_var[15] = FloatToStrF(( ttime1+ttime2+
ttime3+ttime4),ffFixed,9,2);
        int kk=0;
        if(all_var[6]!="0"){
            kk++;
        }
        if(all_var[8]!="0"){
            kk++;
        }
        if(all_var[10]!="0"){
            kk++;
        }
        if(all_var[12]!="0"){
            kk++;
        }
        all_var[4] = IntToStr(kk); //количество персадрок
        //    all_var[3] = cnt_all_var++;

        Insert_All_Var();                //сохраняю малую партию
    } //if проверка
    } // if route

    qVariantsSel4->Next();
} //while
} // if route
qVariantsSel3->Next();
} ///    while (!qVariantsSel3->Eof){
}
} //for
} // if route
    qVariantsSel2->Next();
} ///    while (!qVariantsSel2->Eof){
}
} //for
    qVariantsSel->Next();
} ///    while (!qVariantsSel->Eof){
}
} //for

```

```

}

//-----
void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::All_Var3(int leftone, int rightone, float
mTime)
{
    //
    TFloatFormat aaa;

    for(int il=0;il<area_cnt;il++){
        if (ppoint[4][il] == 1) { // если круг

            qVariantsSel->Close();
            qVariantsSel->SQL->Clear();
            qVariantsSel->SQL->Add("select * from variants where (VAR_I = :VAR_I AND
VAR_J=:VAR_J) ");
            qVariantsSel->SQL->Add("AND (VAR_RIGHT = 0) AND (VAR_ROUTE <> '0') ");
            qVariantsSel->ParamByName("VAR_I")->AsInteger = leftone;
            qVariantsSel->ParamByName("VAR_J")->AsInteger = ppoint[0][il];

            qVariantsSel->Open();
            int k,k1,k2,k3,k4;           //номер маршрута
            qVariantsSel->First();
            float Ipl,sigma, Tog;
            float ttime1,ttime2,ttime3,ttime4;
            AnsiString tmp,_way, pp1,pp2;
            while (!qVariantsSel->Eof){
                for(int j=0;j<20 ;j++){
                    all_var[j] = "0";
                }

                k1=-1;
                Tog =0;
                tmp = qVariantsSel->FieldByName("VAR_TIMEALL")->AsString;
                //decompiler
                Decompiler(tmp);
                all_var[1] = IntToStr(leftone);
                all_var[2] = IntToStr(rightone);

                all_var[16] = tmp;
                all_var[6] = qVariantsSel->FieldByName("VAR_ROUTE")->AsString;
                // первая ездка
                if(gl_decomp.Tper1!= 0){

                    _way = qVariantsSel->FieldByName("VAR_WAY")->AsString;

```

```

all_var[7]= _way;
//---определение крайних точек ездки-----
-----

char *ptr;
AnsiString tmp_p = "";
int cnt=0;
ptr = _way.c_str();
for(int i=0;i<_way.Length();i++){
    if(ptr[i]=='-'){
        for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
            tmp_p += ptr[i-j-1];
        }
        break;
    }
    cnt++;
}
pp1 = tmp_p;
//-----
tmp_p = "";
cnt=0;
ptr = _way.c_str();
for(int i=_way.Length()-1;i>0;i--){
    if(ptr[i]=='-'){
        for(int j= 0;j<cnt;j++){
            tmp_p += ptr[i+j+1];
        }
        break;
    }
    cnt++;
}
pp2 = tmp_p;
all_var[5] = IntToStr(leftone) + "_" + pp1;
//-----Маршруты-----
-----

k = StrToInt(all_var[6]);
//!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
for(int i =0;i<route_cnt;i++){
    if( k == rroute[i].numb){
        k =i;
        k1=k; //запоминаю
        break;
    }
}

Ipl = rroute[k].tob*1./rroute[k].qty_a;
sigma =Ipl/3;
Tog = Ipl/2 + sigma*sigma/(2*Ipl);

```





```

        tmp_p += ptr[i-j-1];
    }
    break;
}
cnt++;
}
pp1 = tmp_p;
//-----
tmp_p = "";
cnt=0;
ptr = _way.c_str();
for(int i=_way.Length()-1;i>0;i--){
    if(ptr[i]=='-'){
        for(int j= 0;j<cnt;j++){
            tmp_p += ptr[i+j+1];
        }
        break;
    }
    cnt++;
}
pp2 = tmp_p;
//-----Маршруты-----
-----

    k = StrToInt(all_var[10]);
//!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
    for(int i =0;i<route_cnt;i++){
        if( k == rroute[i].numb){
            k =i;
            k4=k; //запоминаю
            break;
        }
    }
    Ipl = rroute[k].tob*1./rroute[k].qty_a;
    sigma =Ipl/3;
    Tog = Ipl/2 + sigma*sigma/(2*Ipl);
    all_var[14] = pp2 + "_" + FloatToStr(rightone);
}else{ //пеший подход
    all_var[14] = FloatToStr(ppoint[0][i2]) + "_" +
IntToStr(rightone);
}
    ttime4 = gl_decomp.Tp2 +gl_decomp.Tper1 + 10 + Tog;
//-----проверка на время 02.11.2011
    if((((ttime1+ttime2+ ttime4)/mTime)-1)*100 < DEL_TIME_IN){

        all_var[15] = FloatToStrF(( ttime1+ttime2+ ttime4),ffFixed,9,2);
        int kk=0;
        if(all_var[6]!="0"){

```

```

        kk++;
    }
    if(all_var[8]!="0"){
        kk++;
    }
    if(all_var[10]!="0"){
        kk++;
    }

    all_var[4] = IntToStr(kk); //количество персадрок
    //    all_var[3] = cnt_all_var++;

    Insert_All_Var(); //сохраняю малую партию
}

} // if route

    qVariantsSel4->Next();
} //while
} // if route
    qVariantsSel2->Next();
} ///    while (!qVariantsSel2->Eof){
}
} //for
    qVariantsSel->Next();
} ///    while (!qVariantsSel->Eof){
}
} //for
}

//-----
void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::All_Var2(int leftone, int rightone, float
mTime)
{
    //
    TFloatFormat aaa;

    for(int i1=0;i1<area_cnt;i1++){
        if (ppoint[4][i1] == 1) { // если круг

            qVariantsSel->Close();
            qVariantsSel->SQL->Clear();
            qVariantsSel->SQL->Add("select * from variants where (VAR_I = :VAR_I AND
VAR_J=:VAR_J) ");
            qVariantsSel->SQL->Add("AND (VAR_RIGHT = 0) AND (VAR_ROUTE <> '0') ");
            qVariantsSel->ParamByName("VAR_I")->AsInteger = leftone;

```



```

qVariantsSel->ParamByName("VAR_J")->AsInteger = ppoint[0][i1];

qVariantsSel->Open();
int k,k1,k2,k3,k4;          //номер маршрута
qVariantsSel->First();
float Ipl,sigma, Tog;
float ttime1,ttime2,ttime3,ttime4;
AnsiString tmp,_way, pp1,pp2;
while (!qVariantsSel->Eof){

    k1=-1;
    Tog =0;
    ttime1 = qVariantsSel->FieldByName("VAR_TIME")->AsFloat;

if((((ttime1)/mTime)-1)*100 < DEL_TIME_IN){

    for(int j=0;j<20 ;j++){
        all_var[j] = "0";
    }

    tmp = qVariantsSel->FieldByName("VAR_TIMEALL")->AsString;
    //decompiler
    Decompiler(tmp);
    all_var[1] = IntToStr(leftone);
    all_var[2] = IntToStr(rightone);
    all_var[16] = tmp;

    all_var[6] = qVariantsSel->FieldByName("VAR_ROUTE")->AsString;
    // первая ездка
    if(gl_decomp.Tper1!= 0){

        _way = qVariantsSel->FieldByName("VAR_WAY")->AsString;
        all_var[7]= _way;
        //---определение крайних точек ездки-----
-----

        char *ptr;
        AnsiString tmp_p ="";
        int cnt=0;
        ptr = _way.c_str();
        for(int i=0;i<_way.Length();i++){
            if(ptr[i]=='-'){
                for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
                    tmp_p += ptr[i-j-1];
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        break;
    }
    cnt++;
}
pp1 = tmp_p;
//-----
tmp_p = "";
cnt=0;
ptr = _way.c_str();
for(int i=_way.Length()-1;i>0;i--){
    if(ptr[i]=='-'){
        for(int j= 0;j<cnt;j++){
            tmp_p += ptr[i+j+1];
        }
        break;
    }
    cnt++;
}
pp2 = tmp_p;
all_var[5] = IntToStr(leftone) + "_" + pp1;
//-----Маршруты-----
----

    k = StrToInt(all_var[6]);
//!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
    for(int i =0;i<route_cnt;i++){
        if( k == rroute[i].numb){
            k =i;
            k1=k; //запоминаю
            break;
        }
    }

    Ipl = rroute[k].tob*1./rroute[k].qty_a;
    sigma =Ipl/3;
    Tog = Ipl/2 + sigma*sigma/(2*Ipl);
}else{ //Tper
    all_var[5] = IntToStr(leftone) + "_" +
FloatToStr(ppoint[0][i1]);

}
ttime1 = gl_decomp.Tper1 + gl_decomp.Tp1+Tog;

// ПЕРЕСАДКА -----3-----
qVariantsSel4->Close();
qVariantsSel4->SQL->Clear();

```

```

qVariantsSel4->SQL->Add("select * from variants where (VAR_I = :VAR_I AND
VAR_J=:VAR_J)");
qVariantsSel4->SQL->Add("AND (VAR_LEFT = 0) AND (VAR_ROUTE <> '0') ");
qVariantsSel4->ParamByName("VAR_I")->AsInteger = ppoint[0][i1];
qVariantsSel4->ParamByName("VAR_J")->AsInteger = rightone;
qVariantsSel4->Open();

qVariantsSel4->First();
AnsiString tmp, _way, pp1, pp2;
while (!qVariantsSel4->Eof){
    k4=-1;
    Tog=0;
    for(int j=8;j<16 ;j++){
        all_var[j] = "0";
    }
    all_var[17] = "0";
    tmp = qVariantsSel4->FieldByName("VAR_TIMEALL")->AsString;
    //decompiler
    Decompiler(tmp);
    all_var[17] = tmp;
    all_var[8] = qVariantsSel4->FieldByName("VAR_ROUTE")->AsString;
    if((all_var[8]!= all_var[6])){
        // первая ездка
        if(gl_decomp.Tper1!= 0){
            char *ptr;
            _way = qVariantsSel4->FieldByName("VAR_WAY")->AsString;
            float L, Lpq;
            all_var[9]= _way;
            //---определение крайних точек ездки-----
            -----

            AnsiString tmp_p = "";
            int cnt=0;
            ptr = _way.c_str();
            for(int i=0;i<_way.Length();i++){
                if(ptr[i]=='-'){
                    for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
                        tmp_p += ptr[i-j-1];
                    }
                    break;
                }
                cnt++;
            }
            pp1 = tmp_p;
            //-----
            tmp_p = "";
            cnt=0;

```

```

ptr = _way.c_str();
for(int i=_way.Length()-1;i>0;i--){
    if(ptr[i]=='-'){
        for(int j= 0;j<cnt;j++){
            tmp_p += ptr[i+j+1];
        }
        break;
    }
    cnt++;
}
pp2 = tmp_p;
//-----Маршруты-----
-----

k = StrToInt(all_var[8]);
//!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
for(int i =0;i<route_cnt;i++){
    if( k == rroute[i].numb){
        k =i;
        k4=k; //запоминаю
        break;
    }
}

Ipl = rroute[k].tob*1./rroute[k].qty_a;
sigma =Ipl/3;
Tog = Ipl/2 + sigma*sigma/(2*Ipl);
all_var[14] = pp2 +"_" + FloatToStr(rightone);
}else{ //пеший подход
    all_var[14] = FloatToStr(ppoint[0][i1]) +"_" +
IntToStr(rightone);
}

ttime4 = gl_decomp.Tp2 +gl_decomp.Tper1 + 10 + Tog;
//-----проверка на время 02.11.2011
if((((ttime1+ ttime4)/mTime)-1)*100 < DEL_TIME_IN){
    all_var[15] = FloatToStrF(( ttime1+ ttime4),ffFixed,9,2);
    int kk=0;
    if(all_var[6]!="0"){
        kk++;
    }
    if(all_var[8]!="0"){
        kk++;
    }
}

all_var[4] = IntToStr(kk); //количество персадрок
// all_var[3] = cnt_all_var++;

```

```

        Insert_All_Var();                //сохраняю малую партию

    }

    } // if route

        qVariantsSel4->Next();
    } //while
} //if time

        qVariantsSel->Next();
    } ///          while (!qVariantsSel->Eof){
    }
} //for

}
//-----
void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::All_Var1(int leftone, int rightone)
{

    //
    TFloatFormat aaa;

        qVariantsSel4->Close();
    qVariantsSel4->SQL->Clear();
    qVariantsSel4->SQL->Add("select * from variants where (VAR_I = :VAR_I AND
VAR_J=:VAR_J)");
    qVariantsSel4->ParamByName("VAR_I")->AsInteger = leftone;
    qVariantsSel4->ParamByName("VAR_J")->AsInteger = rightone;
    qVariantsSel4->Open();
        int k,k1,k2,k3,k4;                //номер маршрута
    float Ipl,sigma, Tog;
    float ttime1,ttime2,ttime3,ttime4;
    AnsiString tmp,_way, pp1,pp2;

    qVariantsSel4->First();

    while (!qVariantsSel4->Eof){
        k4=-1;
        Tog=0;
        for(int j=0;j<20 ;j++){
            all_var[j] = "0";
        }
        tmp = qVariantsSel4->FieldByName("VAR_TIMEALL")->AsString;
        //decompiler

```

```

Decompiler(tmp);
    all_var[16] = tmp;
    all_var[1] = IntToStr(leftone);
all_var[2] = IntToStr(rightone);
all_var[6] = qVariantsSel4->FieldByName("VAR_ROUTE")->AsString;

    // первая ездка
if(gl_decomp.Tper1!= 0){
    char *ptr;
    _way = qVariantsSel4->FieldByName("VAR_WAY")->AsString;

    all_var[7]= _way;
//---определение крайних точек ездки-----
-----

    AnsiString tmp_p = "";
    int cnt=0;
    ptr = _way.c_str();
    for(int i=0;i<_way.Length();i++){
        if(ptr[i]=='-'){
            for(int j= cnt-1;j>-1;j--){
                tmp_p += ptr[i-j-1];
            }
            break;
        }
        cnt++;
    }
    pp1 = tmp_p;
    //-----
    tmp_p = "";
    cnt=0;
    ptr = _way.c_str();
    for(int i=_way.Length()-1;i>0;i--){
        if(ptr[i]=='-'){
            for(int j= 0;j<cnt;j++){
                tmp_p += ptr[i+j+1];
            }
            break;
        }
        cnt++;
    }
    pp2 = tmp_p;
//-----Маршруты-----
-----

    k = StrToInt(all_var[6]);
//!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
    for(int i =0;i<route_cnt;i++){
        if( k == rroute[i].numb){

```

```

        k = i;
        k4 = k; //запоминаю
        break;
    }
}
Ipl = rroute[k].tob*1./rroute[k].qty_a;
sigma = Ipl/3;
Tog = Ipl/2 + sigma*sigma/(2*Ipl);
all_var[5] = IntToStr(leftone) + "_" + pp1;
all_var[14] = pp2 + "_" + FloatToStr(rightone);
}else{ //пеший подход
    all_var[14] = IntToStr(leftone) + "_" + IntToStr(rightone);
    all_var[5] = IntToStr(leftone) + "_" + IntToStr(rightone);
}
ttime1 = gl_decomp.Tp2 + gl_decomp.Tp1 + gl_decomp.Tper1 + Tog;

    all_var[15] = FloatToStrF(( ttime1),ffFixed,9,2);
int kk=0;
if(all_var[6]!="0"){
    kk++;
}

all_var[4] = IntToStr(kk); //количество персадрок
Insert_All_Var(); //сохраняю малую партию

qVariantsSel4->Next();
} //while

}
//-----
void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::Data_Out() {

    float outMain[22];
    for(int i =0;i<21;i++){
        outMain[i] = 0;
    }
    TFloatFormat aaa;
    MyListOut1 = new TStringList();

```

```

AnsiString tmp1,way1,tmp2,way2;
float l1,l2,q1,q2,Tr1,Tr2,Fp1,Fp2,k1,k2;
float L1,L2;
    for(int i =0;i<route_cnt;i++){
        tmp1="";
        tmp2="";
        way1="";
        way2="";
        tmp1 = IntToStr(rroute[i].numb)+ " " + IntToStr(rroute[i].numb)+ " " + "1 ";
        tmp2 = IntToStr(rroute[i].numb)+ " " + IntToStr(rroute[i].numb)+ " " + "2 ";
        for(int ii =0;ii<rroute[i].cnt_way;ii++){
            way1 += IntToStr(rroute[i].way_tuda[ii])+ "-";
            way2 += IntToStr(rroute[i].way_obratno[ii])+ "-";
        }
        L1 = calcTimePer(way1);
        L2 = calcTimePer(way2);
        tmp1 += FloatToStrF(L1,ffFixed,9,2)+" "+IntToStr(rroute[i].qty_a)+"
"+IntToStr(rroute[i].Q)+" "+ FloatToStrF(rroute[i].speed,ffFixed,9,2) +" "+
FloatToStrF((rroute[i].tob/60.) ,ffFixed,9,2)+" "+
FloatToStrF((rroute[i].tob/rroute[i].qty_a ),ffFixed,9,2) +" ";
        tmp2 += FloatToStrF(L2,ffFixed,9,2)+" "+IntToStr(rroute[i].qty_a)+"
"+IntToStr(rroute[i].Q)+" "+ FloatToStrF(rroute[i].speed,ffFixed,9,2) +" "+
FloatToStrF((rroute[i].tob/60.) ,ffFixed,9,2)+" "+
FloatToStrF((rroute[i].tob/rroute[i].qty_a ),ffFixed,9,2) +" ";
        way1="";
        way2="";
        for(int ii =0;ii<rroute[i].cnt_way;ii++){
            way1 += IntToStr(rroute[i].way_tuda[ii])+ "_";
            way2 += IntToStr(rroute[i].way_obratno[ii])+ "_";
        }
        tmp1 += way1 + " ";
        tmp2 += way2 + " ";
        q1=0;
        q2=0;
        Fp1 =0;
        Fp2 =0;
        for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way;k++){
            q1 += rroute[i].itogfact1[k][rroute[i].cnt_way];
            q2 += rroute[i].itogfact2[k][rroute[i].cnt_way];
            Fp1 +=rroute[i].Fpotok1[k];
            Fp2 +=rroute[i].Fpotok2[k];
        }
        tmp1 += FloatToStrF(q1,ffFixed,9,2)+ " ";
        tmp2 += FloatToStrF(q2,ffFixed,9,2)+ " ";
        way1="";
        way2="";
    }
    Tr1=0;

```



```

Tr2=0;
    for(int ii =0;ii<rroute[i].cnt_way-1;ii++){
        way1 = IntToStr(rroute[i].way_tuda[ii])+ "-"
+IntToStr(rroute[i].way_tuda[ii+1])+ "-";
        way2 = IntToStr(rroute[i].way_obratno[ii])+ "-"+
IntToStr(rroute[i].way_obratno[ii+1])+ "-";
        l1 = calcTimePer(way1);
        Tr1 += l1* rroute[i].Fpotok1[ii];
        l2 = calcTimePer(way2);
        Tr2 += l2* rroute[i].Fpotok2[ii];
    }
    tmp1 += FloatToStr(Tr1/q1)+ " "+ FloatToStr(Tr1)+" ";
    tmp2 += FloatToStr(Tr2/q2)+ " "+ FloatToStr(Tr2)+" ";

///-----
    outMain[3] += q1+q2;
    outMain[8] += Tr1+Tr2;
    outMain[13] += q1*Tr1/(q1*rroute[i].speed) +q2*Tr2/(q2*rroute[i].speed);
    outMain[16] += 2*(60*L2*rroute[i].qty_a*rroute[i].Q)/(rroute[i].tob);

///-----

    k1 = Fp1*(rroute[i].tob/60.)/(rroute[i].Q*rroute[i].qty_a*(rroute[i].cnt_way-
1));
    k2 = Fp2*(rroute[i].tob/60.)/(rroute[i].Q*rroute[i].qty_a*(rroute[i].cnt_way-
1));

    tmp1 += FloatToStrF((k1),ffFixed,9,2)+ " " ;
    tmp2 += FloatToStrF((k2),ffFixed,9,2)+ " ";
    float q_dyn1,q_dyn2;
    q_dyn1 = (Tr1*rroute[i].tob*1.)/(60*L1*rroute[i].qty_a*rroute[i].Q);
    q_dyn2 = (Tr2*rroute[i].tob*1.)/(60*L2*rroute[i].qty_a*rroute[i].Q);

    tmp1 += FloatToStr((q_dyn1))+ " " ;
    tmp2 += FloatToStr((q_dyn2))+ " ";
    float q_smen1,q_smen2;
    q_smen1 = (q_dyn1*L1*q1*1.)/(Tr1*k1);
    q_smen2 = (q_dyn2*L2*q2*1.)/(Tr2*k2);
    tmp1 += FloatToStr((q_smen1))+ " " ;
    tmp2 += FloatToStr((q_smen2))+ " ";

    float p_otk1,p_otk2,needet1,needet2;
    needet1 =0;

```

```

needet2 =0;
for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way;k++){
    needet1 += rroute[i].needet1[k][rroute[i].cnt_way];
    needet2 += rroute[i].needet2[k][rroute[i].cnt_way];
}
p_otk1 = needet1*1./(needet1+q1);
p_otk2 = needet2*1./(needet2+q2);

tmp1 += FloatToStr((p_otk1))+ " " ;
tmp2 += FloatToStr((p_otk2))+ " ";

MyListOut1->Add(tmp1);
MyListOut1->Add(tmp2);
}

MyListOut1->SaveToFile("out_rout.rou");
delete MyListOut1;
MyListOut2 = new TStringList();
for(int i =0;i<route_cnt;i++){
    way1="";
    way2="";
    for(int ii =0; ii<rroute[i].cnt_way-1; ii++){
        way1 += IntToStr(rroute[i].way_tuda[ii])+ "_" +
IntToStr(rroute[i].way_tuda[ii+1]) + " ";
        way2 += IntToStr(rroute[i].way_obratno[ii])+ "_" +
IntToStr(rroute[i].way_obratno[ii]) + " ";
    }
    tmp1 = IntToStr(rroute[i].numb)+ " " + way1;
    tmp2 = IntToStr(rroute[i].numb)+ " " + way2;
    MyListOut2->Add(tmp1);
    way1="";
    way2="";
    for(int ii =0; ii<rroute[i].cnt_way-1; ii++){
        way1 += FloatToStr(rroute[i].Fpotok1[ii]) + " ";
        way2 += FloatToStr(rroute[i].Fpotok2[ii]) + " ";
    }

    tmp1 = "1.Прямое " + way1;
    MyListOut2->Add(tmp1);
    MyListOut2->Add(tmp2);
    tmp2 = "2.Обратное " + way2;
    MyListOut2->Add(tmp2);
}
MyListOut2->SaveToFile("out_potok.rou");
delete MyListOut2;
//-----

```

```

//-----
MyListOut2 = new TStringList();

float srTog =0;
for(int i =0;i<route_cnt;i++){
    way1="";
    way2="";
    for(int ii =0;ii<rroute[i].cnt_way;ii++){
        way1 += IntToStr(rroute[i].way_tuda[ii])+ " ";
        way2 += IntToStr(rroute[i].way_obratno[ii])+ " ";
    }
    // tmp1 = IntToStr(rroute[i].numb)+ " " + way1;
    MyListOut2->Add(way1);
    float edet,needet,potk;
    float Ipl,sigma,Tog;
    tmp1 = "";
    tmp2 ="";
    AnsiString tmp3 ="";
    for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way-1;k++){
        edet = rroute[i].itogfact1[k][rroute[i].cnt_way];
        needet = rroute[i].needet1[k][rroute[i].cnt_way];
        if((edet + needet) == 0) {
            potk =0;
        }else{
            potk = needet/(edet + needet);
        }
        tmp1 += FloatToStr(potk)+ " ";
        Ipl = rroute[i].tob*1./rroute[i].qty_a;
        sigma =Ipl/3;
        Tog = Ipl/2 + sigma*sigma/(2*Ipl) + Ipl*potk/(1-potk);
        srTog += Tog*edet;
        tmp2 += FloatToStr(Tog)+ " ";
        tmp3 += FloatToStr(edet)+ " ";
    }
    MyListOut2->Add(tmp1);
    MyListOut2->Add(tmp2);
    MyListOut2->Add(tmp3);

    MyListOut2->Add(way2);
    tmp1 = "";
    tmp2 ="";
    tmp3 ="";
    for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way-1;k++){
        edet = rroute[i].itogfact2[k][rroute[i].cnt_way];
        needet = rroute[i].needet2[k][rroute[i].cnt_way];
    }
}

```

```

        if((edet + needet) == 0) {
            potk =0;
        }else{
            potk = needet/(edet + needet);
        }
        tmp1 += FloatToStr(potk)+ " ";
        Ipl = rroute[i].tob*1./rroute[i].qty_a;
        sigma =Ipl/3;
        Tog = Ipl/2 + sigma*sigma/(2*Ipl) + Ipl*potk/(1-potk);
        srTog += Tog*edet;
        tmp2 += FloatToStr(Tog)+ " ";
        tmp3 += FloatToStr(edet)+ " ";
    }
    MyListOut2->Add(tmp1);
    MyListOut2->Add(tmp2);
    MyListOut2->Add(tmp3);
}

MyListOut2->SaveToFile("out_ost_punkt.rou");
delete MyListOut2;

//-----
//-----

//последний вывод

MyListOut2 = new TStringList();

outMain[0] = sumHij;
outMain[1] = qty_pp;
outMain[2] = qty_trp;
outMain[4] = poten_q;
///outMain4
outMain[5] = outMain[4]*1./outMain[2];
outMain[6] = (outMain[4]-outMain[3])*1./outMain[4];
outMain[7] = srTog/qty_trp;
//    outMain[8] ;

outMain[11] = 60.*srednee_pesh1/outMain[2];
outMain[12] = 60.*srednee_pesh2/outMain[2];
outMain[9] = (outMain[11]*1./60)*4;
outMain[10] = (outMain[12]*1./60)*4;
//    outMain[13]
outMain[13] =60.*outMain[13]/outMain[3];
outMain[14] = outMain[13]* outMain[5];
outMain[16] =outMain[8]/outMain[16];
outMain[17] =outMain[8]/outMain[3];

```

```

//-----
outMain[15] = 60.*outMain[17]/outMain[13];
outMain[18] =outMain[17]*outMain[5];
outMain[19] =outMain[18] + outMain[9] + outMain[10];
outMain[20] =outMain[11] + outMain[5]*(outMain[13]+outMain[7]) +outMain[12];
outMain[21] =60.*outMain[19]/outMain[20];

tmp1 = "";
for(int i =0;i<22;i++){
    tmp1 += FloatToStr(outMain[i]) + " ";
}
MyListOut2->Add(tmp1);

MyListOut2->SaveToFile("out_all.rou");
delete MyListOut2;

//-Вывод чистый красивый-----
-----
//-----

TStringList* MyListBeauty;
MyListBeauty = new TStringList();

for(int i =0;i<route_cnt;i++){
    tmp1 = "Маршрут № " + IntToStr(i+1) + " (" + IntToStr(rroute[i].numb) +") ";
    MyListBeauty->Add(tmp1);
    tmp1 ="";
    MyListBeauty->Add(tmp1);
    way1=' ';

    for(int ii =0;ii<rroute[i].cnt_way;ii++){
        if(ii<(rroute[i].cnt_way-1)){
            way1 += IntToStr(rroute[i].way_tuda[ii])+ "-----";
        }else{
            way1 += IntToStr(rroute[i].way_tuda[ii]);
        }
    }

    tmp1 = way1;
    way1=' ';
    way2=' ';
    for(int ii =0; ii<rroute[i].cnt_way-1; ii++){
        AnsiString qty_probel;
        if(rroute[i].way_tuda[ii]<1000) qty_probel = " ";
        if(rroute[i].way_tuda[ii]<100) qty_probel = " ";
        if(rroute[i].way_tuda[ii]<10) qty_probel = " ";
        AnsiString qty_prob_back1, qty_prob_back2;

```

```

if(rroute[i].Fpotok1[ii]>1) qty_prob_back1 = " ";
if(rroute[i].Fpotok1[ii]>10) qty_prob_back1 = " ";
if(rroute[i].Fpotok1[ii]>100) qty_prob_back1 = " ";
if(rroute[i].Fpotok1[ii]>1000) qty_prob_back1 = "";

if(rroute[i].Fpotok2[ii]>1) qty_prob_back2 = " ";
if(rroute[i].Fpotok2[ii]>10) qty_prob_back2 = " ";
if(rroute[i].Fpotok2[ii]>100) qty_prob_back2 = " ";
if(rroute[i].Fpotok2[ii]>1000) qty_prob_back2 = "";
//way2 сверху поскольку правостороннее

way1 += qty_prob1 + " " + IntToStr(int(rroute[i].Fpotok1[ii])) +
qty_prob_back1;
way2 += qty_prob2 + " " + IntToStr(int(rroute[i].Fpotok2[ii])) +
qty_prob_back2;
}
MyListBeauty->Add(way2);
MyListBeauty->Add(tmp1);
MyListBeauty->Add(way1);
tmp1 = "";
MyListBeauty->Add(tmp1);
tmp1 = "Характеристики работы маршрута: ";
MyListBeauty->Add(tmp1);
tmp1 = "";
MyListBeauty->Add(tmp1);
tmp1 = "Общая характеристика маршрута: ";
MyListBeauty->Add(tmp1);
way1="";
way2="";
for(int ii =0;ii<rroute[i].cnt_way;ii++){
way1 += IntToStr(rroute[i].way_tuda[ii])+ "-";
way2 += IntToStr(rroute[i].way_obratno[ii])+ "-";
}
L1 = calcTimePer(way1);
L2 = calcTimePer(way2);
tmp1 += FloatToStrF(L1,ffFixed,9,2)+" "+IntToStr(rroute[i].qty_a)+"
"+IntToStr(rroute[i].Q)+" "+ FloatToStrF(rroute[i].speed,ffFixed,9,2) +" "+
FloatToStrF((rroute[i].tob/60.) ,ffFixed,9,2)+" "+
FloatToStrF((rroute[i].tob/rroute[i].qty_a ),ffFixed,9,2) +" ";
tmp2 += FloatToStrF(L2,ffFixed,9,2)+" "+IntToStr(rroute[i].qty_a)+"
"+IntToStr(rroute[i].Q)+" "+ FloatToStrF(rroute[i].speed,ffFixed,9,2) +" "+
FloatToStrF((rroute[i].tob/60.) ,ffFixed,9,2)+" "+
FloatToStrF((rroute[i].tob/rroute[i].qty_a ),ffFixed,9,2) +" ";

tmp1 = "Длина маршрута - "+FloatToStrF((L1),ffFixed,9,1)+" км.";
MyListBeauty->Add(tmp1);

```

```

        tmp1 = "Количество транспортных средств - "+IntToStr(rroute[i].qty_a)+"
ед.";
        MyListBeauty->Add(tmp1);

        tmp1 = "Номинальная вместимость транспортного средства -
"+IntToStr(rroute[i].Q)+" пас.";
        MyListBeauty->Add(tmp1);

        tmp1 = "Скорость сообщения - "+FloatToStrF(rroute[i].speed,ffFixed,9,0)+"
км/ч.";
        MyListBeauty->Add(tmp1);

        tmp1 = "Время оборота - "+FloatToStrF(rroute[i].tob ,ffFixed,9,0)+" мин.";
        MyListBeauty->Add(tmp1);

        tmp1 = "Интервал движения - "+FloatToStrF((rroute[i].tob/rroute[i].qty_a
),ffFixed,9,1)+" мин.";
        MyListBeauty->Add(tmp1);

        q1=0;
        q2=0;
        Fp1 =0;
        Fp2 =0;
        for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way;k++){
            q1 += rroute[i].itogfact1[k][rroute[i].cnt_way];
            q2 += rroute[i].itogfact2[k][rroute[i].cnt_way];
            Fp1 +=rroute[i].Fpotok1[k];
            Fp2 +=rroute[i].Fpotok2[k];
        }
        way1="";
        way2="";
        Tr1=0;
        Tr2=0;
        for(int ii =0;ii<rroute[i].cnt_way-1;ii++){
            way1 = IntToStr(rroute[i].way_tuda[ii])+ "-"
+IntToStr(rroute[i].way_tuda[ii+1])+ "-";
            way2 = IntToStr(rroute[i].way_obratno[ii])+ "-"
+IntToStr(rroute[i].way_obratno[ii+1])+ "-";
            l1 = calcTimePer(way1);
            Tr1 += l1* rroute[i].Fpotok1[ii];
            l2 = calcTimePer(way2);
            Tr2 += l2* rroute[i].Fpotok2[ii];
        }

```

```

tmp1 = "Объем перевозок - "+FloatToStrF((q1+q2),ffFixed,9,0) + " пас.";
MyListBeauty->Add(tmp1);

tmp1 = "Транспортная работа - "+FloatToStrF((Tr1+Tr2),ffFixed,9,1) + " пас.
км.";
MyListBeauty->Add(tmp1);
tmp1 = "Тариф - "+ FloatToStr(rroute[i].tariff) + " грн.";
MyListBeauty->Add(tmp1);
tmp1 = "";
MyListBeauty->Add(tmp1);
tmp1 = "Прямое направление:";
MyListBeauty->Add(tmp1);
tmp1 = "Объем перевозок - "+FloatToStrF((q1),ffFixed,9,0) + " пас.";
MyListBeauty->Add(tmp1);
tmp1 = "Средняя дальность поездки пассажира - " +
FloatToStrF((Tr1/q1),ffFixed,9,2) + " км.";
MyListBeauty->Add(tmp1);
tmp1 = "Транспортная работа - "+FloatToStrF((Tr1),ffFixed,9,1) + " пас.
км.";
MyListBeauty->Add(tmp1);

k1 =
Fp1*(rroute[i].tob/60.)/(rroute[i].Q*rroute[i].qty_a*(rroute[i].cnt_way-1));
k2 =
Fp2*(rroute[i].tob/60.)/(rroute[i].Q*rroute[i].qty_a*(rroute[i].cnt_way-1));
float q_dyn1,q_dyn2;
q_dyn1 = (Tr1*rroute[i].tob*1.)/(60*L1*rroute[i].qty_a*rroute[i].Q);
q_dyn2 = (Tr2*rroute[i].tob*1.)/(60*L2*rroute[i].qty_a*rroute[i].Q);
float q_smen1,q_smen2;
q_smen1 = (q_dyn1*L1*q1*1.)/(Tr1*k1);
q_smen2 = (q_dyn2*L2*q2*1.)/(Tr2*k2);
float p_otk1,p_otk2,needet1,needet2;
needet1 =0;
needet2 =0;
for(int k=0; k<rroute[i].cnt_way;k++){
    needet1 += rroute[i].needet1[k][rroute[i].cnt_way];
    needet2 += rroute[i].needet2[k][rroute[i].cnt_way];
}
p_otk1 = needet1*1./(needet1+q1);
p_otk2 = needet2*1./(needet2+q2);

```



```

    tmp1 = "Коэффициент использования пассажироместимости статический - " +
FloatToStrF((k1), ffFixed, 9, 3)+ ". ";
    MyListBeauty->Add(tmp1);
    tmp1 = "Коэффициент использования пассажироместимости динамический -
"+FloatToStrF((q_dyn1), ffFixed, 9, 3)+ ". ";
    MyListBeauty->Add(tmp1);
    tmp1 = "Коэффициент сменяемости пассажиров -
"+FloatToStrF((q_smen1), ffFixed, 9, 2)+ ". ";
    MyListBeauty->Add(tmp1);
    tmp1 = "Вероятность отказа пассажиру в посадке -
"+FloatToStrF((p_otk1), ffFixed, 9, 3)+ ". ";
    MyListBeauty->Add(tmp1);
    // -----обратное
    tmp1 = "";
    MyListBeauty->Add(tmp1);
    tmp1 = "Обратное направление:";
    MyListBeauty->Add(tmp1);
    tmp1 = "Объем перевозок - "+FloatToStrF((q2), ffFixed, 9, 0) + " пас.";
    MyListBeauty->Add(tmp1);
    tmp1 = "Средняя дальность поездки пассажира - " +
FloatToStrF((Tr2/q2), ffFixed, 9, 2) + " км.";
    MyListBeauty->Add(tmp1);
    tmp1 = "Транспортная работа - "+FloatToStrF((Tr2), ffFixed, 9, 1) + " пас.
км.";
    MyListBeauty->Add(tmp1);
    tmp1 = "Коэффициент использования пассажироместимости статический - " +
FloatToStrF((k2), ffFixed, 9, 3)+ ". ";
    MyListBeauty->Add(tmp1);
    tmp1 = "Коэффициент использования пассажироместимости динамический -
"+FloatToStrF((q_dyn2), ffFixed, 9, 3)+ ". ";
    MyListBeauty->Add(tmp1);
    tmp1 = "Коэффициент сменяемости пассажиров -
"+FloatToStrF((q_smen2), ffFixed, 9, 2)+ ". ";
    MyListBeauty->Add(tmp1);
    tmp1 = "Вероятность отказа пассажиру в посадке -
"+FloatToStrF((p_otk2), ffFixed, 9, 3)+ ". ";
    MyListBeauty->Add(tmp1);

    tmp1 = "";
    MyListBeauty->Add(tmp1);
    tmp1 = "Матрица маршрутных корреспонденций:";
    MyListBeauty->Add(tmp1);
    tmp1 = "";
    MyListBeauty->Add(tmp1);
    tmp1 = "Прямое направление";
    MyListBeauty->Add(tmp1);
    tmp2="";

```

```

for(int j=0; j<rroute[i].cnt_way;j++){
    for(int k=j; k<rroute[i].cnt_way;k++){
        tmp2 += IntToStr(rroute[i].way_tuda[j]) + "-" +
IntToStr(rroute[i].way_tuda[k]) + ":" +
FloatToStrF(rroute[i].itogfact1[j][k], ffFixed, 9, 3) + " ";
    }
    MyListBeauty->Add(tmp2);
    tmp2="";
}
tmp2="Обратное направление";
MyListBeauty->Add(tmp2);
tmp2="";
for(int j=0; j<rroute[i].cnt_way;j++){
    for(int k=j; k<rroute[i].cnt_way;k++){
        tmp2 += IntToStr(rroute[i].way_obratno[j]) + "-" +
IntToStr(rroute[i].way_obratno[k]) + ":" +
FloatToStrF(rroute[i].itogfact2[j][k], ffFixed, 9, 3) + " ";
    }
    MyListBeauty->Add(tmp2);
    tmp2="";
}
tmp2="";
MyListBeauty->Add(tmp2);
tmp2="Вероятность отказа пассажиру в посадке на остановочных пунктах: ";
MyListBeauty->Add(tmp2);
tmp2="";
MyListBeauty->Add(tmp2);
tmp2="Прямое направление";
MyListBeauty->Add(tmp2);

float edet, needet, potk;
    tmp1="";
    tmp2="";
for(int j=0; j<rroute[i].cnt_way-1;j++){
    edet = rroute[i].itogfact1[j][rroute[i].cnt_way];
    needet = rroute[i].needet1[j][rroute[i].cnt_way];
    if((edet + needet)==0){
        potk = 0;
    }else{
        potk = needet/(edet + needet);
    }
}

rroute[i].Potk1[j] = potk;

```

```

        tmp1 += IntToStr(rroute[i].way_tuda[j])+" - " +
FloatToStrF(rroute[i].Potk1[j],ffFixed,9,2) + "; ";
        edet = rroute[i].itogfact2[j][rroute[i].cnt_way];
        needet = rroute[i].needet2[j][rroute[i].cnt_way];
        if((edet + needet)==0){
            potk = 0;
        }else{
            potk = needet/(edet + needet);
        }
        rroute[i].Potk2[j] = potk;
        tmp2 += IntToStr(rroute[i].way_obratno[j])+" - " +
FloatToStrF(rroute[i].Potk2[j],ffFixed,9,2) + "; ";
    }
    MyListBeauty->Add(tmp1);
    tmp1="Обратное направление";
    MyListBeauty->Add(tmp1);

    MyListBeauty->Add(tmp2);
    tmp2="";
    MyListBeauty->Add(tmp2);
}

//интегральные показатели

tmp2="";
MyListBeauty->Add(tmp2);

tmp2="Интегральные показатели функционирования сети: ";
MyListBeauty->Add(tmp2);
tmp2="";
MyListBeauty->Add(tmp2);

tmp2="Общее количество передвижений - "+ FloatToStrF(outMain[0],ffFixed,9,0) +
" пас.";
MyListBeauty->Add(tmp2);
tmp2="Количество пешеходных передвижений - "+
FloatToStrF(outMain[1],ffFixed,9,0) + " пас.";
MyListBeauty->Add(tmp2);
tmp2="Количество транспортных передвижений - "+
FloatToStrF(outMain[2],ffFixed,9,0) + " пас.";
MyListBeauty->Add(tmp2);

```

```

    tmp2="Фактический объем перевозок по сети - "+
FloatToStrF(outMain[3],ffFixed,9,0) + " пас.";
    MyListBeauty->Add(tmp2);
    tmp2="Потенциальный объем перевозок по сети - "+
FloatToStrF(outMain[4],ffFixed,9,0) + " пас.";
    MyListBeauty->Add(tmp2);
    tmp2="Коэффициент пересадочности - "+ FloatToStrF(outMain[5],ffFixed,9,2) + ".
";

    MyListBeauty->Add(tmp2);
    tmp2="Средняя вероятность отказа пассажиру в посадке - "+
FloatToStrF(outMain[6],ffFixed,9,2) + ". ";
    MyListBeauty->Add(tmp2);
    tmp2="Среднее время ожидания - "+ FloatToStrF(outMain[7],ffFixed,9,2) + "
мин.";
    MyListBeauty->Add(tmp2);
    tmp2="Объем транспортной работы - "+ FloatToStrF(outMain[8],ffFixed,9,1) + "
пас. км.";
    MyListBeauty->Add(tmp2);
    tmp2="Среднее расстояние пешеходного движения к остановке - "+
FloatToStrF(outMain[9],ffFixed,9,2) + " км.";
    MyListBeauty->Add(tmp2);
    tmp2="Среднее расстояние пешеходного движения от остановки - "+
FloatToStrF(outMain[10],ffFixed,9,2) + " км.";
    MyListBeauty->Add(tmp2);
    tmp2="Среднее время пешеходного движения к остановке - "+
FloatToStrF(outMain[11],ffFixed,9,2) + " мин.";
    MyListBeauty->Add(tmp2);
    tmp2="Среднее время пешеходного движения от остановки - "+
FloatToStrF(outMain[12],ffFixed,9,2) + " мин.";
    MyListBeauty->Add(tmp2);
    tmp2="Среднее расстояние маршрутной поездки - "+
FloatToStrF(outMain[17],ffFixed,9,1) + " км.";
    MyListBeauty->Add(tmp2);
    tmp2="Среднее расстояние сетевой поездки - "+
FloatToStrF(outMain[18],ffFixed,9,1) + " км.";
    MyListBeauty->Add(tmp2);
    tmp2="Средняя скорость сообщения - "+ FloatToStrF(outMain[15],ffFixed,9,2) +
" км/час.";
    MyListBeauty->Add(tmp2);
    tmp2="Среднее время маршрутной поездки - "+
FloatToStrF(outMain[13],ffFixed,9,1) + " мин.";
    MyListBeauty->Add(tmp2);
    tmp2="Среднее время сетевой поездки - "+ FloatToStrF(outMain[14],ffFixed,9,1)
+ " мин.";
    MyListBeauty->Add(tmp2);

```

```

        tmp2="Средний коэффициент использования пассажировместимости - "+
FloatToStrF(outMain[16],ffFixed,9,2) + ". ";
        MyListBeauty->Add(tmp2);
        tmp2="Средняя дальность транспортного передвижения - "+
FloatToStrF(outMain[19],ffFixed,9,2) + " км.";
        MyListBeauty->Add(tmp2);
        tmp2="Среднее время транспортного передвижения - "+
FloatToStrF(outMain[20],ffFixed,9,2) + " мин.";
        MyListBeauty->Add(tmp2);
        tmp2="Средняя скорость передвижения - "+ FloatToStrF(outMain[21],ffFixed,9,1)
+ " км/ч.";
        MyListBeauty->Add(tmp2);

        MyListBeauty->SaveToFile("all_beauty.rou");
        delete MyListBeauty;

}
//-----
void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::Data_() {
    tbAllVar->DisableControls();
    try {

        tbAllVar->Append();
        tbAllVar->FieldByName("All1")->AsString ="1";
        tbAllVar->FieldByName("All2")->AsString ="1";
        tbAllVar->FieldByName("All3")->AsString ="1";
        tbAllVar->FieldByName("All4")->AsString ="1";
        tbAllVar->FieldByName("All5")->AsString ="1";
        tbAllVar->FieldByName("All6")->AsString ="1";
        tbAllVar->FieldByName("All7")->AsString ="1";
        tbAllVar->FieldByName("All8")->AsString ="1";
        tbAllVar->FieldByName("All9")->AsString ="1";
        tbAllVar->FieldByName("All10")->AsString ="1";
        tbAllVar->FieldByName("All11")->AsString ="1";
        tbAllVar->FieldByName("All12")->AsString ="1";
        tbAllVar->FieldByName("All13")->AsString ="1";
        tbAllVar->FieldByName("All14")->AsString ="1";
        tbAllVar->FieldByName("All15")->AsString ="1";
        tbAllVar->FieldByName("TIMEALL1")->AsString ="1";
        tbAllVar->FieldByName("TIMEALL2")->AsString ="1";
        tbAllVar->FieldByName("TIMEALL3")->AsString ="1";
        tbAllVar->FieldByName("TIMEALL4")->AsString ="1";
    }
}

```

```

//      tbAllVar->Post();

}
__finally
{
    tbCalcul->EnableControls();
    Screen->Cursor = crDefault;
};
}

//-----
void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::Data__() {

///
}
//-----

void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::check_dugi()
{

    for(int k=0;k<route_cnt;k++)
    {
        int ptr1,ptr2,flagg;

        for(int ii =0;ii<rroute[k].cnt_way-1;ii++){
            ptr1 = rroute[k].way_tuda[ii];
            ptr2 = rroute[k].way_tuda[ii+1];
            flagg=0;
            for(int i=0;i<dugi_cnt;i++){
                if((dugi[0][i]==ptr1)&&(dugi[1][i]==ptr2)){
                    flagg=1;
                    break;
                }
            }
            if(flagg ==0){
                ShowMessage("Проверте правильность трассы маршрута " +
                IntToStr(rroute[k].numb)+ ", дыра" + IntToStr(ptr1)+"-"+IntToStr(ptr2)+ " не
                найдена");
            }
        }
    }
}

//-----
void __fastcall TViewTableSimpleDemoMainDM::check_route()
{
    for(int i=0;i<dugi_cnt;i++){
        int ptr1,ptr2,flagg;
        ptr1 = dugi[0][i];
        ptr2 = dugi[1][i];
        flagg=0;
    }
}

```

```
for(int k=0;k<route_cnt;k++){
    for(int ii =0;ii<rroute[k].cnt_way-1;ii++){
        if((rroute[k].way_tuda[ii]==ptr1)&&(rroute[k].way_tuda[ii+1]==ptr2)){
            flagg=1;
            break;
        }
        if((rroute[k].way_obratno[ii]==ptr1)&&(rroute[k].way_obratno[ii+1]==ptr2)){
            flagg=1;
            break;
        }
    }
}
if(flagg ==0){
    ShowMessage("Дуга" + IntToStr(ptr1)+"-"+IntToStr(ptr2)+ " не олбслужена");
}
}
```

**Додаток Л**  
**Акти впровадження**



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор КП «Міське електротранссервіс»

Васенко В. О.

« 11 » \_\_\_\_\_ 2020 р.



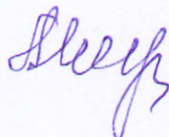
## АКТ

про впровадження результатів дисертаційної роботи Понкратова Дениса Павловича «Теоретичні основи формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту» на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

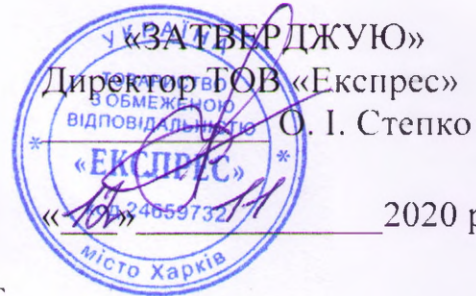
Цим актом підтверджується, що в процесі впровадження окремих напрямків «Програми розвитку міського електротранспорту м. Харкова на 2013-2020 роки», затвердженої рішенням 21 сесії Харківської міської ради 6 скликання від 19.12.2012 № 997/12, були використані результати дисертаційної роботи Понкратова Д. П. «Теоретичні основи формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту», а саме:

1. Математичну модель формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту.
2. Математичну модель визначення імовірності відмови пасажирам у посадці на маршрутах міського пасажирського транспорту.
3. Рекомендації з організації перевізного процесу на маршрутах міського пасажирського транспорту виходячи з характеристик просторової нерівномірності пасажиропотоку.

Начальник Служби руху  
КП «Міське електротранссервіс»



Л. А. Кулікова



### АКТ

про впровадження результатів дисертаційної роботи Понкратова Дениса Павловича «Теоретичні основи формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту» на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук підприємством ТОВ «Експрес».

Цим актом підтверджується, що протягом 2020 року при удосконаленні перевізного процесу пасажирів на міських автобусних маршрутах, які обслуговує підприємство ТОВ «Експрес», було використано результати досліджень Понкратова Д. П.

На підставі рекомендацій отриманих в результаті застосування моделей оптимізації параметрів перевізного процесу на маршрутах міського пасажирського транспорту виходячи з характеристик пасажиропотоку та параметрів його нерівномірності за довжиною та напрямками руху на маршрутах було проведено зміну потрібної кількості автобусів. Впровадження запропонованих заходів дало змогу скорегувати техніко-експлуатаційні показники використання транспортних засобів та дозволило покращити ефективність роботи маршрутів за рахунок підвищення привабливості транспортних послуг для пасажирів.

Голова комісії: заступник директора  
з перевезень

Дудніченко З. П.

Члени комісії: заступник директора

Таран Д. Ю.

Головний бухгалтер

Андрейченко Т. О.



## ЗАТВЕРДЖУЮ



Перший проректор  
Харківського національного  
університету міського господарства  
імені О.М. Бекетова, проф.

Г.В. Стадник

2021 р.

### АКТ

**про використання в навчальному процесі  
результатів дисертаційної роботи Понкратова Дениса Павловича  
«Теоретичні основи формування пасажиропотоків у маршрутній системі  
міського пасажирського транспорту»  
на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук**

Складений комісією:

Голова: Шпіка М.І. – заступник директора навчально-наукового інституту енергетичної, інформаційної та транспортної інфраструктури, доцент.

Члени комісії: Рославцев Д.М. – начальник навчально-методичного відділу, доцент;

Лобашов О.О. – завідувач кафедри транспортних систем і логістики, професор;

Давідіч Ю.О. – професор кафедри транспортних систем і логістики, професор.

Розглянувши матеріали дисертаційної роботи Понкратова Д. П. «Теоретичні основи формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту», навчальні програми дисциплін кафедри транспортних систем і логістики та їх методичне забезпечення, комісія відмічає, що на кафедрі впроваджені і використовуються в навчальному процесі наступні результати роботи:

– підхід щодо обґрунтування параметрів перевізного процесу на підставі визначення діапазонів пасажиропотоку виняткового та альтернативного застосування автобусів різного класу пасажиромісткості;

– аналітичні залежності взаємозв'язку між показниками рівня заповнення салону міських пасажирських транспортних засобів;

– модель визначення імовірності відмови в посадці на маршрутах міського пасажирського транспорту;

– оптимізаційні моделі вибору параметрів перевізного процесу на маршрутах міського пасажирського транспорту за умов сталих та змінних параметрів пасажиропотоку;

– диференційовані рекомендації з нормування рівня заповнення салону транспортного засобу за ознакою просторової нерівномірності пасажиропотоку.



Результати роботи також використовуються в курсовому і дипломному проектуванні, при виконанні науково дослідницьких робіт студентів, в лекційних курсах, при організації та проведенні практичних занять, лабораторних робіт з наступних дисциплін навчального плану спеціальності 275 – «Транспортні технології»:

- пасажирські перевезення;
- міський пасажирський транспорт;
- моделювання пасажирських транспортних систем.

Впровадження результатів докторської дисертації Понкратова Д. П. забезпечило підвищення наукового та методичного рівня зазначених курсів та сприяло удосконаленню навчального процесу.

Основні результати дисертаційної роботи «Теоретичні основи формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту» Понкратова Дениса Павловича обговорювались на міжнародних конференціях, наукових і методичних семінарах кафедри транспортних систем і логістики в 2016-2020 роках і опубліковані у вітчизняних фахових виданнях, та виданнях, що входять до наукометричних баз даних.

Голова комісії

М. І. Шпіка

Члени комісії:

Д. М. Рославцев

О. О. Лобашов

Ю. О. Давідіч