

УДК 656.13:519.876.5

**МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ПАСАЖИРОНАПОВНЕННЯ НА КОМФОРТНІСТЬ  
ПОЇЗДОК У МІСЬКОМУ ГРОМАДСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ**

Канд. техн. наук І. О. Хітров

**MODELING THE IMPACT OF PASSENGER LOAD ON TRAVEL COMFORT  
IN URBAN PUBLIC TRANSPORT**

PhD (Tech.) I. Khitrov

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.215.2026.358859>



*Анотація.* У статті розглянуто проблему оцінювання комфортності поїздок у міському громадському транспорті в умовах нерівномірного пасажиронаповнення. Проаналізовано особливості формування пасажиропотоків і їхній вплив на умови перевезення пасажирів на міських автобусних маршрутах. Запропоновано підхід щодо моделювання рівня дискомфорту пасажирів залежно від заповнюваності салону і типу транспортного засобу. Здійснено порівняльне моделювання комфортності поїздок для автобусів різної

ISSN (p) 1994-7852

ISSN (online) 2413-3795

© Хітров І. О., 2026.

пасажиромісткості. Визначено критичні рівні пасажиронаповнення, за яких відбувається різке зниження суб'єктивної оцінки комфортності. Показано, що використання автобусів підвищеної місткості сприяє зменшенню середнього рівня дискомфорту пасажирів. Отримані результати можуть бути використані для обґрунтування управлінських рішень про оптимізацію організації міських автобусних перевезень і підвищення якості транспортного обслуговування населення.

**Ключові слова:** міський пасажирський транспорт, пасажиропотоки, пасажиронаповнення салону автобуса, комфортність поїздки, моделювання, якість перевезень.

**Abstract.** The article investigates the impact of passenger load on travel comfort in urban public transport using mathematical modeling methods. The relevance of the study is determined by the growing mobility of the population, the uneven distribution of passenger flows throughout the day, and the need to improve the quality of transport services in urban environments. Travel comfort is considered as one of the key indicators of the efficiency of the urban bus transport system, which directly affects passenger satisfaction and the attractiveness of public transport.

The daily dynamics of passenger flows and the characteristics of passenger exchange on urban bus routes are analyzed, which makes it possible to distinguish peak and off-peak operating regimes. A model for assessing the level of passenger discomfort depending on the number of passengers in the vehicle, the vehicle capacity, and travel time is proposed. The model is adapted to urban transport conditions and normalized, allowing for further interpretation of the results using a rating (score-based) scale.

Modeling of travel comfort for buses with different passenger capacities is performed, enabling a quantitative assessment of the effect of vehicle occupancy on the subjective perception of travel conditions. It is established that, as passenger load increases, the level of discomfort rises in a nonlinear manner, while exceeding the nominal capacity leads to a sharp decline in the comfort rating. It is shown that the use of higher-capacity buses ensures a more uniform distribution of passengers and contributes to a reduction in the average level of discomfort compared to medium-capacity buses.

The obtained results can be applied in the practice of planning and organizing urban bus transport, particularly in selecting vehicle types, setting service intervals, and evaluating the quality of transport services for the population. The proposed modeling approach provides a scientific basis for further research aimed at improving comfort and efficiency in the operation of urban public transport systems.

**Keywords:** urban passenger transport, passenger flows, passenger occupancy in the bus cabin, travel comfort, modeling, quality of transport services.

**Вступ.** Міський громадський транспорт є базовим елементом забезпечення повсякденної мобільності населення і сталого розвитку міських територій [1]. В умовах зростання інтенсивності пасажирських перевезень і нерівномірного розподілу пасажиропотоків особливої актуальності набуває проблема підвищення якості транспортного обслуговування, одним із основних показників якої є комфортність поїздки. Великий вплив на її рівень має

пасажиронаповнення транспортних засобів, перевищення оптимальних значень якого призводить до зниження зручності, підвищення фізичного та психологічного дискомфорту пасажирів [2].

Сучасні підходи щодо оцінювання комфортності перевезень базовані на застосуванні методів математичного моделювання, що дає змогу кількісно описати взаємозв'язок між пасажиронаповненням, параметрами рухомого складу і тривалістю поїздки.

Моделювання впливу цих чинників створює наукове підґрунтя для обґрунтування управлінських рішень про вибір типу автобусів, оптимізацію режимів роботи маршрутів і підвищення привабливості міського громадського транспорту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У сучасних наукових дослідженнях значну увагу приділяють кількісному оцінюванню дискомфорту пасажирів у міському громадському транспорті та його впливу на ефективність транспортних систем. Однією з фундаментальних робіт у цьому напрямі є дослідження [3], у якому запропоновано аналітичну функцію дискомфорту в масовому транспорті. Автори розглядають дискомфорт як економічно значущий чинник, що впливає на поведінку пасажирів, формування попиту, а також оптимізацію розкладів руху і тарифної політики. Запропонована модель дає змогу інтегрувати ефект переповнення транспортних засобів у задачі транспортного планування та показує, що ігнорування дискомфорту призводить до неефективних управлінських рішень, особливо в пікові періоди.

Подальший розвиток досліджень у цьому напрямі пов'язаний із безпосереднім урахуванням суб'єктивного сприйняття пасажирів умов поїздки. У роботі [4] проаналізовано комфортність автобусних перевезень на основі поєднання двох головних чинників – пасажиронаповнення салону і тривалості перебування в транспортному засобі. На основі емпіричних даних і анкетування пасажирів авторами доведено, що вплив цих чинників має комплексний характер, а рівень дискомфорту зростає значно швидше за умови одночасного збільшення навантаження і часу поїздки. Запропонована модель дає змогу прогнозувати рівень комфортності та може бути використана для оцінювання якості транспортного обслуговування.

У дослідженні [5] основну увагу зосереджено на побудові функцій витрат, пов'язаних із внутрішнім переповненням салону транспортних засобів різних видів громадського транспорту. Авторка показує, що форма функції дискомфорту суттєво залежить від типу транспорту, його планувальних характеристик і режимів експлуатації. Отримані результати підтверджують доцільність застосування нелінійних моделей для опису зростання дискомфорту пасажирів, особливо з перевищенням номінальної місткості транспортного засобу, що є характерним для міських перевезень у години пік.

Більш комплексний підхід щодо оцінювання комфортності запропоновано в роботі [6], у якій комфорт у громадському транспорті розглядають як багатофакторну категорію. Окрім пасажиронаповнення, автори враховують ергономічні, організаційні та експлуатаційні параметри, формуючи інтегральний показник комфортності. На прикладі міста Стамбул показано, що саме перевантаження салону є одним із домінуючих чинників зниження комфорту, проте його вплив посилено за наявності несприятливих супутніх умов перевезення.

Узагальнення результатів наведених досліджень свідчить про стійку наукову тенденцію до переходу від описових оцінок якості перевезень до математичного моделювання комфортності та дискомфорту пасажирів. Водночас наявні роботи переважно зосереджені або на економічних аспектах перевантаження, або на емпіричних оцінках сприйняття пасажирів, що зумовлює необхідність подальших досліджень, спрямованих на поєднання експлуатаційних параметрів, пасажиронаповнення та бальної оцінки комфортності в межах єдиного модельного підходу.

**Визначення мети та завдання дослідження.** Метою дослідження є моделювання впливу пасажиронаповнення автобусів на рівень комфортності поїздок у

міському громадському транспорті з метою кількісного оцінювання умов перевезення пасажирів і обґрунтування напрямів підвищення якості функціонування міської автобусної мережі.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно розв'язати такі завдання: проаналізувати особливості формування пасажиропотоків у міському громадському транспорті; дослідити вплив рівня пасажиронаповнення салону автобуса на суб'єктивне сприйняття комфортності поїздки; обґрунтувати вибір показників і параметрів для оцінювання комфортності пасажирських перевезень у міському сполученні; розробити і адаптувати математичну модель оцінювання рівня дискомфорту пасажирів залежно від кількості осіб у салоні, типу транспортного засобу; сформулювати практичні

рекомендації для підвищення комфортності поїздки.

**Основна частина дослідження.** Місто Дубно, яке є одним із помітних центрів Рівненської області, має активний соціально-економічний і просторовий розвиток, що спричиняє збільшення кількості мешканців і розширення міських меж [7]. За таких умов питання ефективного функціонування громадського транспорту набуває особливого значення, адже саме він забезпечує щоденну мобільність населення та є базовим елементом міської транспортної системи [8].

Зазначимо тенденцію до використання автобусів підвищеної місткості. Містом Дубно курсують три автобуси Iveco Irisbus Citelis і два автобуси VDL Berkhof Ambassador (рис. 1).



Рис. 1. Громадський транспорт міста Дубно

Пересування містом громадським транспортом, попри витрати часу, має забезпечувати пасажиром прийнятні умови перебування в дорозі. Для цього оцінено

роботу маршрутного пасажирського транспорту Дубна з позицій користувача (рис. 2).

Процес поїздки, якщо розглядати його через призму комфортності, можна умовно поділити на послідовні етапи:

1. Підхід до зупинки. Більшість пасажирів прагне дістатися зупинки якнайшвидше; орієнтовно цей процес займає 5-10 хв. Частина користувачів орієнтується на графік руху, що дещо скорочує час очікування.

2. Очікування на зупинці. У цей проміжок часу пасажирів відчувають певну напругу, оскільки тривалість очікування варіюється в межах 3-12 хв.

3. Посадка в автобус. Пасажири проходячи в салон, здійснюють оплату. У години пік кількість пасажирів на зупинці може досягати п'яти і більше осіб, що спричиняє певну конкуренцію за місця. Процес посадки триває близько 1-2 хв.

4. Перебування в салоні. Саме під час руху формується основне відчуття зручності. Через високу наповненість салону, особливо в ранкові та вечірні години, виникають ситуації тисняви, підвищеної температури та психологічного дискомфорту. Середня тривалість поїздки становить 10-30 хв.

5. Вихід з автобуса. Пасажири проходять до виходу, часто відчуваючи втому чи роздратування. Процес виходу триває до 1 хв.

6. Досягнення пункту призначення. Після прибуття спостерігають певне зниження рівня енергії, навіть якщо поїздка тривала недовго.

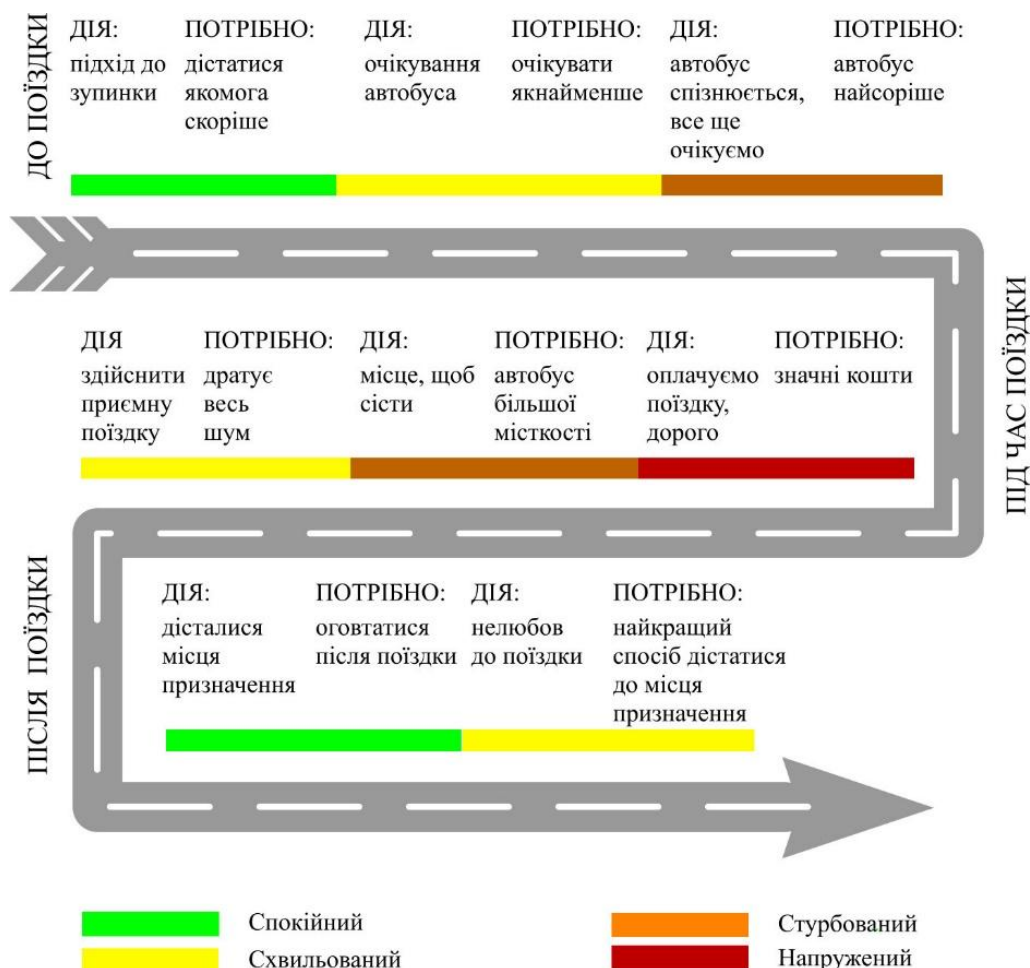


Рис. 2. Сприйняття поїздки в громадському транспорті очима пасажирів

Зі збільшенням тривалості подорожі відчуття комфорту поступово знижується. На це впливають такі чинники, як щільність пасажиропотоку, невідповідність місткості автобуса реальній кількості пасажирів, порушення температурного режиму та недостатня транспортна дисципліна користувачів.

Аналіз добової динаміки пасажиропотоків у місті Дубно демонструє чітко виражені пікові інтервали інтенсивності перевезень, які повністю корелюють зі структурою соціально-економічної активності населення (рис. 3).

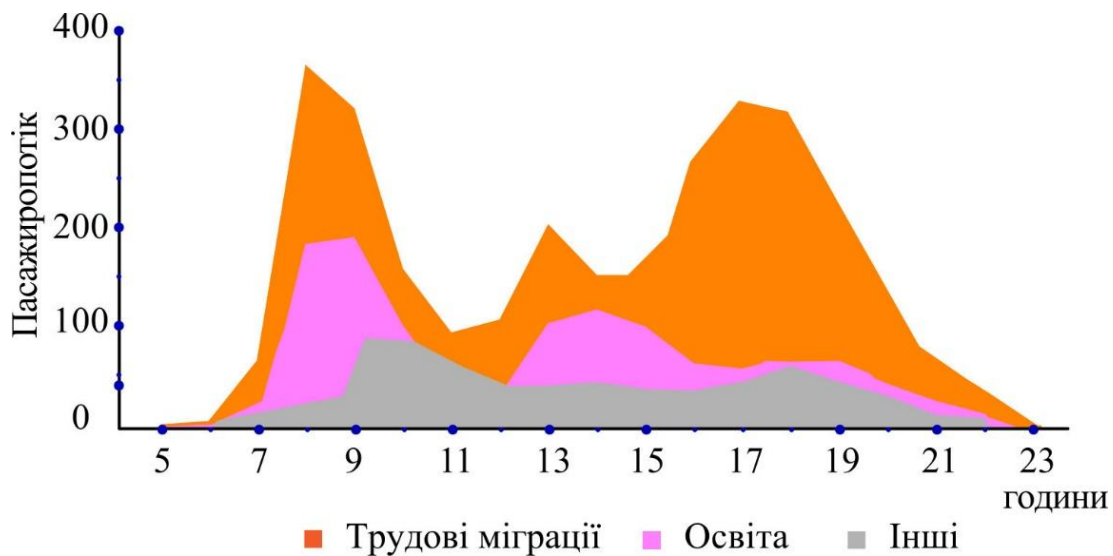


Рис. 3. Динаміка зміни пасажиропотоку в місті Дубно

Найбільше навантаження на міську транспортну систему спостерігають у ранкові години. Саме в цей період формується максимальний пасажиропотік, який зумовлений трудовою міграцією – мешканці міста прямують на роботу. На графіку ця група має найбільшу питому вагу, виразно переважаючи інші категорії пасажирів. Також у ранкові години відзначають підвищення мобільності учнів і здобувачів вищої освіти, що проявляється у збільшенні пасажиропотоку, пов'язаного з освітніми поїздками.

Упродовж середини дня пасажиропотік знижується, але зберігає стабільний рівень. Саме в цей час домінують поїздки учнів після закінчення навчання; нетрудового населення – передусім пенсіонерів та інших соціальних груп, для яких характерні рівномірні поїздки протягом дня. Ця категорія формує відносно

плавний, без різких коливань пасажиропотік, який створює загальний фон середньоденної мобільності.

Друга хвиля інтенсивності припадає на вечірній час. Цей період пов'язаний із поверненням населення з роботи, тому, як і вранці, домінує трудова міграція. Вечірній пік за масштабами дещо менший або приблизно співставний із ранковим, але зазначений вищою рівномірністю і тривалішою фазою. Освітні та інші категорії пасажирів у цей час становлять значно меншу частку.

Пасажиропотік поступово знижується до мінімальних значень. У цей час основними пасажирами залишаються окремі представники нетрудової групи та поодинокі переміщення, що не формують значне навантаження.

Розглянемо пасажирообмін на маршруті № 1 «Цукровий завод – Міська

лікарня, через вул. Волицька» у ранковий піковий період, для якого характерні виражена асиметричність і значна концентрація переміщень у напрямку від житлових районів до центральних і ділових зон міста (рис. 4). На початкових зупинках,

включаючи вул. Волицьку та Цукровий завод, відбувається посадка пасажирів. Інтенсивність руху тут зростає поступово, оскільки до транспортного засобу підходять мешканці прилеглих районів, формуючи початковий обсяг пасажиропотоку.

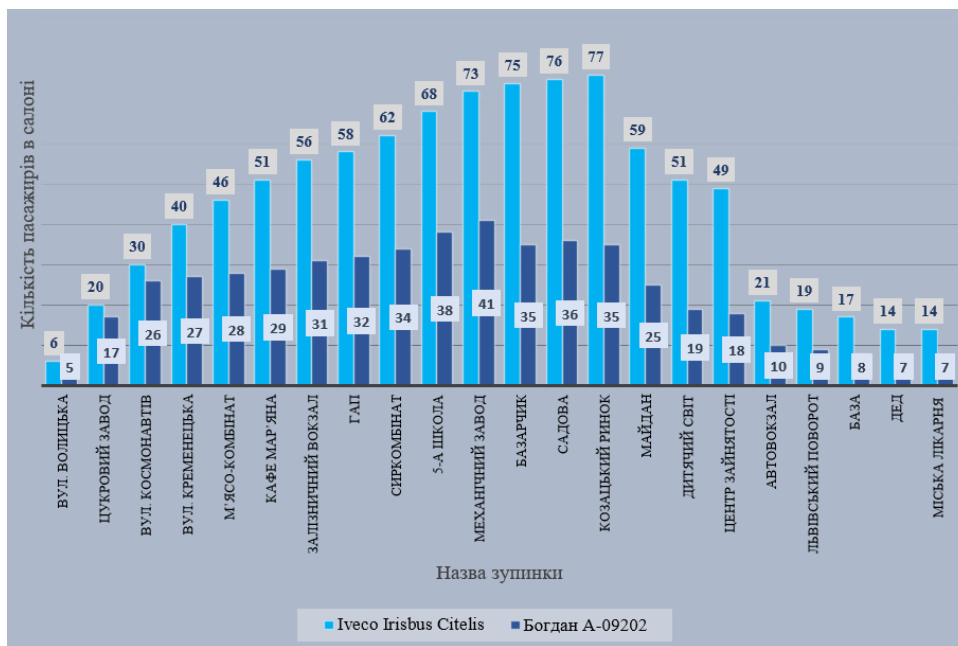


Рис. 4. Характеристика пасажирообміну на маршруті № 1 у ранковий піковий період

На зупинках «М'ясокомбінат», «Залізничний вокзал», «5 школа» фіксують інтенсивне зростання пасажирообміну. Саме в цей період найбільша посадка, адже маршрут проходить густонаселеними мікрорайонами. Одночасно зростає інтенсивність висадки пасажирів, оскільки частина поїздок завершується біля важливих соціальних об'єктів, перехрест'я і виробничих підприємств.

У середній частині маршруту (зупинка «Базарчик») формується максимальне навантаження на транспортний засіб, що відповідає піковому періоду ранкового сплеску мобільності. Тут маршрут перетинає основні транспортні коридори (дублюється з іншими маршрутами), які формують додатковий потік людей, які

прямують до центру, шкіл, офісів та інших установ міста.

Значний пасажирообмін спостерігають на «Майдані Незалежності» і «Автовокзалі» (переважно висадка пасажирів). Ці зупинки виконують роль головних вузлів, що підсилює інтенсивність обміну пасажирів. Наявність поблизу міжміських сполучень також впливає на збільшення загального обсягу пересадкових потоків.

У завершальній частині маршруту, включно із зупинками «База», «ДЕД» і «Міська лікарня», рівень пасажирообміну значно зменшується, адже більшість із них уже досягає кінцевих точок своїх поїздок. Невелика кількість нових посадок перед кінцевою є стабільною та пов'язана з локальною потребою мобільності

мешканців прилеглих районів. Транспортний засіб прибуває на кінцеву зупинку з уже помітно меншою кількістю пасажирів.

У зворотному напрямку маршрут у вечірній піковий період демонструє майже дзеркальну інтенсивну динаміку пасажирообміну (головні потоки переміщуються у протилежному напрямку).

У центральній частині маршруту, зокрема в районі «Автовокзалу», «Майдану Незалежності» та інших зупинок, розташованих поблизу торговельних, адміністративних і сервісних об'єктів, спостерігають інтенсивну посадку пасажирів. Саме тут формується основний обсяг вечірнього пасажиропотоку, оскільки мешканці повертаються додому після роботи, навчання або завершення щоденних

справ. На деяких ділянках салон може заповнюватися до високих показників, особливо в часовому інтервалі 17:00-18:30 год, коли активність пасажирів є найбільшою. Із віддаленням від центральних районів інтенсивність посадки зменшується, а переважаючою стає висадка пасажирів.

Коефіцієнт заповнюваності салону маршруту № 1 має динамічний характер і змінюється залежно від інтенсивності пасажиропотоку на різних ділянках (рис. 5). На перших зупинках транспорт рухається з низьким рівнем заповнення – салон наповнюється поступово, із накопиченням пасажирів у житловому секторі. Цей етап має комфортні умови перевезення та невисоке навантаження на місткість автобуса.

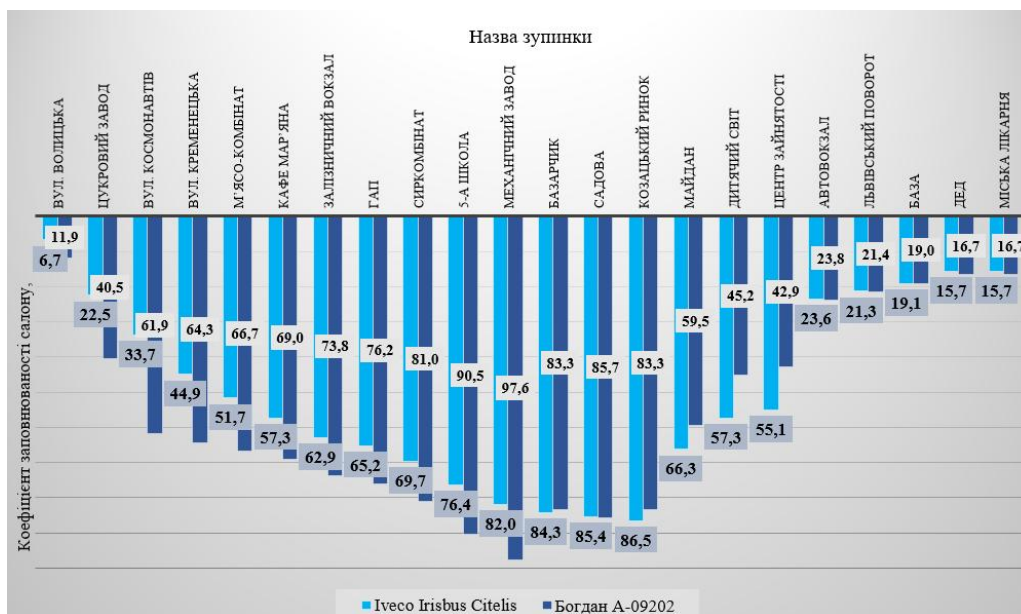


Рис. 5. Зміна коефіцієнта заповнюваності салону на маршруті № 1

У середній частині маршруту коефіцієнт заповнюваності різко зростає, максимальних значень він досягає між зупинками «5 школа» – «Базарчик», що повністю відповідає типовим закономірностям ранкового піку. У цей період салон часто заповнений на 70-90 %

номінальної місткості, що свідчить про сформований стійкий пасажиропотік у напрямку головних об'єктів соціально-економічної активності. Під час руху через ці ділянки транспорт оперує в умовах високого навантаження, часом на межі пропускнуої здатності салону.

Після проходження основних ділових вузлів коефіцієнт заповнюваності починає поступово зменшуватися. Частина пасажирів завершує поїздки в центральних районах, що призводить до зниження загальної кількості людей у салоні. На ділянці від «Автовокзалу» до «Міської лікарні» рівень заповнення зменшується до низьких значень.

Порівняння коефіцієнта заповнюваності салону автобуса підвищеної місткості (89 пасажирів, Iveco Irisbus Citelis) із класичним автобусом Богдан А-09202 показує суттєву різницю у характері навантаження на всьому маршруті. Автобус більшої місткості демонструє нижчі значення заповнення на більшості зупинок, що зумовлено значно більшим резервом вільного простору за однакового пасажиропотоку. Це забезпечує стабільніші умови перевезення та зменшує ризик переповнення навіть у зонах підвищеного попиту, таких як «Залізничний вокзал», «5 школа». Натомість Богдан А-09202 на

цих самих ділянках досягає значно вищих коефіцієнтів заповнюваності – подекуди понад 80-90 %, а на окремих зупинках навіть наближається до межового рівня завантаження. На зупинці маршруту «Базарчик», де пасажиропотік максимальний, класичний автобус працює майже на граничній місткості, що свідчить про недостатній запас провізної спроможності. У зонах зменшеного навантаження різниця між обома моделями також зберігається: Iveco має помірні значення заповнення, тоді як Богдан демонструє дещо підвищені, що підтверджує його чутливість до коливань пасажиропотоку.

Загалом автобус підвищеної місткості забезпечує більш рівномірний розподіл пасажирів і комфортніші умови перевезень, тоді як Богдан А-09202 швидко досягає високої заповненості, що вказує на його обмежений запас місткості та меншу відповідність потребам інтенсивних міських маршрутів (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльна характеристика добової заповнюваності салону автобусів різної місткості

Параметр	Iveco Irisbus Citelis (89 пас.)	Богдан А-09202 (40 пас.)
Середнє заповнення	45-60 %	55-85 %
Завантаження в час пік	середнє / високе	дуже високе, можливе перевантаження
Комфортність у час пік	вища	нижча
Пропускна здатність на маршрут	більша	менша

На основі моделі [3] оцінювання рівня дискомфорту пасажирів від кількості осіб у салоні наведемо адаптовану нормовану функцію, яка враховує три принципові стани заповнення транспортного засобу в

дослідженнях пасажирської мобільності та плануванні громадського транспорту (функція приведена до універсального нормованого масштабу  $(0 \leq D \leq 1 + \gamma)$ ):

$$D = \begin{cases} 0, & \text{режим 1 – зона сидячих місць (повний комфорт)} \\ \alpha \left( \frac{n - n_s}{n_x} \right)^\beta & \text{режим 2 – зона стоячих місць (зростаючий дискомфорт)} \\ 1 + \gamma \left( \frac{n - (n_x + n_s)}{n_x + n_s} \right) & \text{режим 3 – перевантаження салону (надмірний дискомфорт),} \end{cases} \quad (1)$$

де  $n$  – фактична кількість пасажирів;  
 $n_s$  – кількість сидячих місць;  
 $n_x$  – кількість стоячих місць;  
 $\alpha, \beta, \gamma$  – параметри форми кривої.

У межах першого режиму (повний комфорт), коли кількість пасажирів не перевищує кількості сидячих місць  $n_s$ , дискомфорт відсутній, оскільки всі пасажирів розміщені на сидіннях. У цьому випадку значення функції дорівнює нулю, що відповідає максимально комфортним умовам поїздки.

У другому режимі (зростаючий дискомфорт), який відповідає діапазону  $n_s < n \leq n_s + n_x$ , частина пасажирів змушена стояти. Рівень дискомфорту в цій зоні описує другий рядок нормованої формули (1). Параметр  $\alpha$  характеризує масштаб дискомфорту серед стоячих пасажирів, а показник ступеня  $\beta$  визначає форму кривої зростання – плавну або більш різку. За умови  $\alpha > 0$  рівень дискомфорту збільшується  $D > 0$ , тобто стояче розміщення автоматично означає підвищення дискомфорту порівняно з сидячими місцями.

У третьому режимі, який настає тоді, коли фактична кількість пасажирів перевищує суму номінальних сидячих і стоячих місць  $n_s + n_x$ , транспортний засіб вважають переповненим. За цих умов рівень дискомфорту починає зростати значно інтенсивніше (параметр  $\gamma$  задає темп зростання дискомфорту в зоні перевантаження). Значення дискомфорту в переповненому салоні завжди перевищує одиницю та може зростати практично необмежено зі збільшенням кількості пасажирів.

Значення розрахункових параметрів – параметрів  $\alpha, \beta, \gamma$ , які визначають форму кривої зростання дискомфорту і мають чітке фізичне та поведінкове тлумачення від пасажиронаповнення автобусів:

1. Параметр  $\alpha$  відображає інтенсивність наростання відчуття дискомфорту під час переходу від комфортних до більш тісних умов перевезення. Він характеризує реакцію

пасажирів у ситуаціях, коли кількість осіб у салоні перевищує кількість сидячих місць, але ще не досягнута гранична місткість транспортного засобу. Збільшення значення  $\alpha$  свідчить про підвищену чутливість пасажирів до переповнення салону, тоді як менші значення означають більшу толерантність до стоячого перевезення:

$\alpha = 1$  – базове (лінійне) зростання відчуття незручності;

$\alpha > 1$  – пасажирів більш чутливі до збільшення натовпу (наприклад у спеку, у міському автобусі без кондиціонера);

$\alpha < 1$  – пасажирів терпиміші до стоячих умов (типово для великих автобусів).

Для міських автобусів середнього класу доцільно приймати  $\alpha = 1$ , що відповідає середньому рівню сприйняття незручності.

2. Параметр  $\beta$  задає форму кривої зростання дискомфорту в межах номінальної пасажиромісткості. Цей коефіцієнт описує нелінійність сприйняття умов поїздки пасажирів, тобто відображає, наскільки рівномірно або різко змінюється комфорт із підвищенням кількості пасажирів:

$\beta = 1$  – лінійна залежність (комфорт падає рівномірно зі зростанням пасажирів);

$\beta > 1$  – дискомфорт спочатку зростає повільно, але потім різко збільшується (типова ситуація в міських автобусах — поки не переповнено, усе добре, але потім різко стає нестерпно);

$\beta < 1$  – дискомфорт зростає швидко на початку, але потім стабілізується (характерно для більш спокійних умов).

Значення  $\beta = 1,5$  є типовим для міського транспорту, де пасажирів спочатку сприймають збільшення заповнення спокійно, але з переповненням комфортність стрімко знижується.

3. Параметр  $\gamma$  (гама) характеризує темп зростання дискомфорту після досягнення граничної місткості салону. Він визначає чутливість пасажирів до ситуації переповнення, коли кількість осіб

перевищує суму сидячих і стоячих місць. Вищі значення  $\gamma$  відповідають різкому падінню комфортності навіть за незначного перевищення місткості, тоді як нижчі свідчать про відносну стійкість до тисняви:

$\gamma = 0,5$  – помірне зростання; дискомфорт збільшується на 50 % швидше за норму;

$\gamma > 1$  – пасажери надзвичайно чутливі до переповнення (наприклад у спеку, за відсутності вентиляції);

$\gamma < 0,3$  – слабка реакція (характерна для великих автобусів із широкими проходами).

Для середньомістких автобусів  $\gamma = 0,5$  відображає середній рівень чутливості до переповнення, тоді як для великих міських автобусів цей параметр зазвичай нижчий ( $\gamma = 0,3$ ), що можна пояснити кращими ергономічними умовами та більшим простором у салоні.

Для забезпечення можливості кількісної інтерпретації отриманих результатів розрахунковий рівень дискомфорту  $D$  доцільно зіставляти з якісною бальною оцінкою та характеристикою умов поїздки. Узагальнення цих даних дає змогу однозначно трактувати отримані значення, виокремлювати критичні режими функціонування транспортного засобу та надавати практичні рекомендації про підвищення комфортності перевезень. Наведемо відповідність між числовими значеннями дискомфорту, їхньою суб'єктивною бальною оцінкою та описовими характеристиками реальних умов перебування пасажирів у салоні, що дає змогу комплексно оцінити якість поїздки та обґрунтовано інтерпретувати результати моделювання (табл. 2).

Таблиця 2

Взаємозв'язок між розрахунковим рівнем дискомфорту  $D$ , бальною системою оцінювання та характеристикою умов

Інтервал $D$	*Бальна оцінка (шкала Лайкерта)	Характеристика умов
$D = 0$	9 (найкраще)	Усі пасажери розміщені на сидіннях; повна відсутність стоячих; комфортні умови простору
$0 < D \leq 0,25$	7	Переважно сидячі місця; поодинокі стоячі пасажери, відсутній контакт «тіла-до-тіла»; поїздка загалом зручна
$0,25 < D \leq 0,5$	5	Помірний дискомфорт: частина пасажирів стоїть; нерівномірна щільність у салоні; поїздка сприймається як «злегка незручно»
$0,5 < D \leq 1$	3	Виражений дискомфорт: постійний тісний контакт між пасажирами; поїздка «незручна/некомфортна»
$D > 1,0$	1 (найгірше)	Переповнення понад паспортну місткість: надмірний фізичний контакт, ризик для безпеки, сильне падіння суб'єктивного комфорту

Примітка. \* Бальна шкала: більший бал – краща комфортність (9 – максимально комфортно, 1 – критично незручно).

На основі наведених даних і застосування моделі оцінювання рівня

дискомфорту пасажирів від кількості осіб у салоні (формула (1)) порівняємо за

пасажиронаповнення маршруту № 1 «Цукровий завод – Міська лікарня, через вул. Волицька» у класичному автобусі Богдан А092 середнього класу, а також автобусі підвищеної пасажиромісткості Iveco Irisbus Citelis. Для практичного застосування моделі оцінювання комфортності пасажирських перевезень

визначено числові значення параметрів, що відображають поведінкову реакцію пасажирів на зміни заповнення салону (значення коефіцієнтів  $\alpha$ ,  $\beta$  і  $\gamma$  залежать від типу транспортного засобу, умов експлуатації, тривалості поїздки та загальної місткості автобуса) (табл. 3).

Таблиця 3

Індивідуальні параметри моделі для різних типів міського транспорту

Тип транспорту	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	Характер
Автобус середнього класу (Богдан А092)	1,0	1,5	0,5	Типова міська ситуація, пасажир швидко втрачають комфорт із переповненням
Великий автобус / низькопідлоговий (Iveco Irisbus Citelis)	0,9	1,3	0,3	Більш плавне зростання дискомфорту

Для моделювання було розглянуто зміну дискомфорту залежно від кількості пасажирів, які займають сидячі та стоячі місця (рис. 6). При цьому враховано збільшення пасажиромісткості до 110 %. Результати показують, що крива дискомфорту для Iveco має більш пологий характер: навіть зі зростанням кількості пасажирів комфортність знижується

повільніше. Навпаки, для автобуса Богдан спостерігають різке підвищення рівня незручності після перевищення кількості сидячих місць. Це підтверджує, що використання автобусів більшої пасажиромісткості сприяє зменшенню середнього рівня дискомфорту (у середньому  $D \approx 0,46$  проти  $D \approx 0,74$  для Богдан А092).

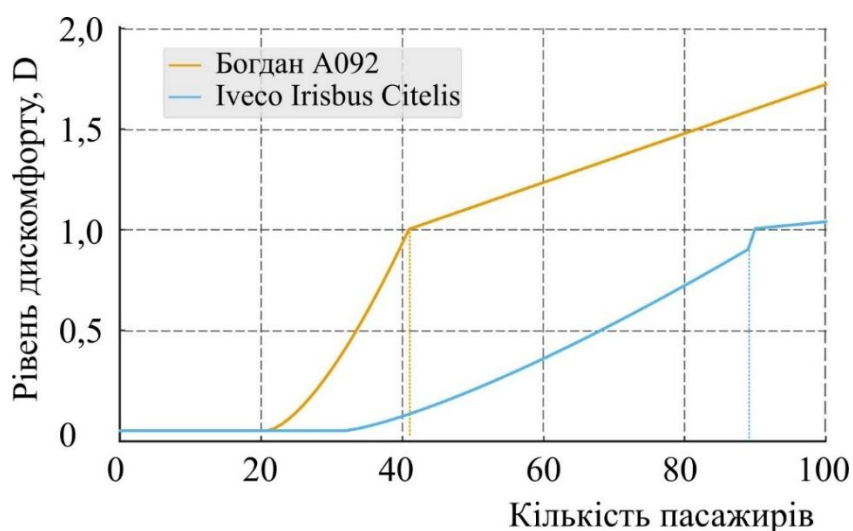


Рис. 6. Залежність рівня дискомфорту пасажирів від кількості осіб у салоні для автобусів Богдан А092 та Iveco Irisbus Citelis

Загалом рівень дискомфорту в автобусі Богдан А092 приблизно удвічі вищий, ніж у Iveco Irisbus Citelis, що підтверджує доцільність використання транспортних засобів підвищеної пасажиромісткості для покращення комфортності поїздок.

Результати опитування показують, що автобус Iveco Irisbus Citelis загалом оцінюють пасажирів як більш комфортний порівняно з Богдан А092. Респонденти зазначають більший внутрішній простір, зручніше планування салону та кращі умови для поїздки в години пік, що дає змогу зменшити тісняву і забезпечує вільніше переміщення всередині автобуса. Також позитивно оцінена ергономіка сидінь, вентиляція та загальний технічний стан, що

формує вищий рівень задоволеності поїздкою (рис. 7).

Водночас автобуси меншої місткості, такі як Богдан А092, частіше характеризують як менш комфортні через обмежений простір і швидке переповнення, особливо на завантажених маршрутах. Однак вони мають певні експлуатаційні переваги, зокрема кращу маневреність і можливість частішого курсування, що іноді зменшує час очікування. Незважаючи на це, з точки зору саме комфортності поїздки більшість опитаних надає перевагу Iveco Irisbus Citelis, підкреслюючи його кращу пристосованість до сучасних вимог перевезення пасажирів, включаючи доступність для маломобільних груп населення та загальний рівень сервісу.

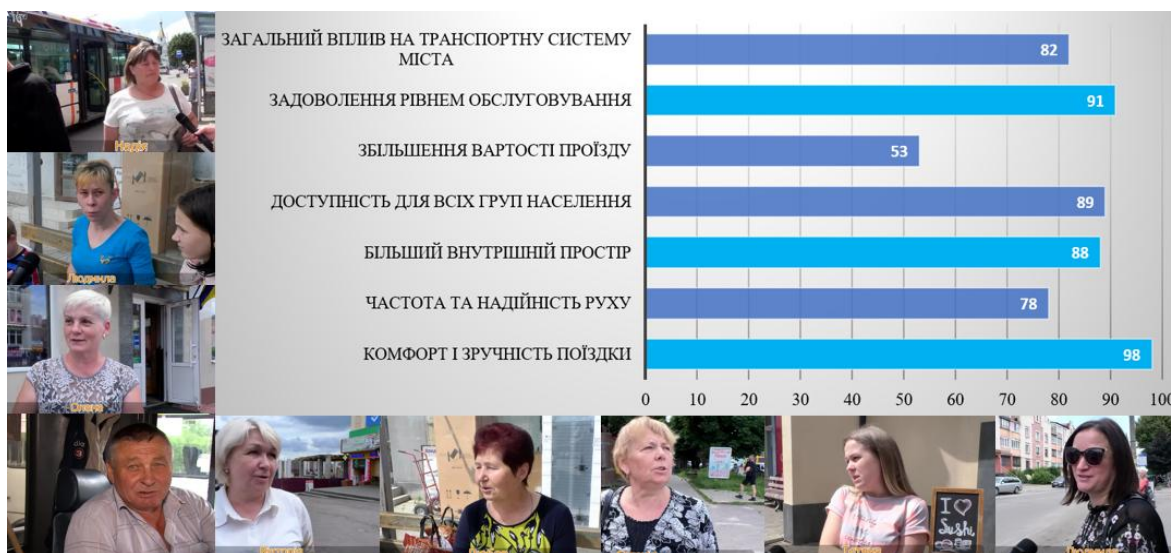


Рис. 7. Результати опитування «Як Дубенчани сприймають нові зміни» про нові автобуси підвищеної місткості

Слід зазначити, що використання автобусів великої пасажиромісткості з низькопідлоговим виконанням є важливим чинником підвищення ефективності та якості міських перевезень. Такі транспортні засоби забезпечують кращу доступність для різних груп населення, скорочують час посадки і висадки та покращують умови перебування пасажирів у салоні, а отже, це

сприяє формуванню позитивного ставлення до громадського транспорту, підвищенню рівня довіри користувачів і створює основу для сталого розвитку міської транспортної системи.

На підставі проведеного аналізу, результатів моделювання та узагальнення отриманих даних можна сформулювати такі висновки:

1. Для умов міста Дубно встановлено, що пасажиронаповнення автобусів визначає рівень комфортності поїздок: зі зростанням заповнюваності салону дискомфорт зростає нелінійно, особливо в пікові періоди.

2. Найбільший рівень завантаження зафіксовано на маршруті № 1 на ділянці «Залізничний вокзал» – «Базарчик», де коефіцієнт заповнюваності досягає критичних значень.

3. Моделювання показало, що автобуси підвищеної місткості забезпечують нижчий рівень дискомфорту порівняно з автобусами середнього класу за однакових умов перевезення.

4. Обґрунтовано доцільність використання автобусів великої місткості як основного заходу підвищення якості транспортного обслуговування в місті Дубно.

### Список використаних джерел

1. Хітров, І. О., Кристопчук, М. Є., Пашкевич, С. М. (2020). Оціночні показники розвитку маршрутної системи громадського пасажирського транспорту міста Дубно. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. Луцьк, № 2 (15). С. 147-154. URL: <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal-mbf/article/view/402/392>.
2. Никончук, В. М., Кристопчук, М. Є., Хітров, І. О. та ін. (2024). *Теорія та практика розвитку транспортної системи та об'єктів транспортної інфраструктури*: монографія. Луцьк: Вежа-Друк, 172 с. <https://ep3.nuwm.edu.ua/29926/>.
3. Palma, A., Kilani, M., Proost, S. (2013). Discomfort in mass transit and its implication for scheduling and pricing. *Transportation Research. Part B: Methodological*. Pp. 1-18. <https://hal.science/hal-00784303v1/document>.
4. Shen, X., Feng, S., Li Z., Hu, B. (2016). Analysis of bus passenger comfort perception based on passenger load factor and in-vehicle time. *SpringerPlus*. Vol. 5 (62). <https://doi.org/10.1186/s40064-016-1694-7>.
5. Qin, F. Investigating the In-Vehicle Crowding Cost Functions for Public Transit Modes. (2014). *Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering*. Pp. 1-13. <https://doi.org/10.1155/2014/502708>.
6. İmrea, Ş., Çelebia, D. (2017). Measuring Comfort in Public Transport: A case study for İstanbul. *Transportation Research Procedia*. P. 2445-2453. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.261>.
7. Хітров, І. О. (2024). Дослідження процесу перевезення пасажирів з моделюванням роботи зупинок громадського транспорту. *Вісник машинобудування та транспорту*. Т. 19. № 1. С. 157-164. <https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/379/336>.
8. Krystopchuk, M., Krystopchuk, T., Khitrov, I., Bugayov, I., Burko, D., Galkin, A. (2022). Exploring the Patterns of Resident Resettlement in Rural and Suburban Areas and Their Influence on the Passenger Trip Generation. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. Vol. 50 (2). Pp. 191-204. <https://pp.bme.hu/tr/article/view/15530/9301>.

### References

1. Khitrov, I. O., Krystopchuk, M. Ye., Pashkevych, S. M. (2020). Otsinochni pokaznyky rozvytku marshrutnoyi systemy hromads'koho pasazhyrs'koho transportu mista Dubno. [Estimated indicators of the development of the route system of public passenger transport in the city of Dubno]. *Modern technologies in mechanical engineering and transport*. Lutsk, No. 2 (15). Pp. 147-154.

Retrieved from: <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal-mbf/article/view/402/392> [in Ukrainian].

2. Nykonchuk, V. M., Krystopchuk, M. Ye., Khitrov, I. O. et al. (2024). *Teoriya ta praktyka rozvytku transportnoyi systemy ta ob'yektiv transportnoyi infrastruktury: monohrafiya*. [Theory and practice of transport system development and transport infrastructure facilities: monograph. Lutsk: Vezha-Druk, 172 p. Retrieved from: <https://ep3.nuwm.edu.ua/29926/> [in Ukrainian].

3. Palma, A., Kilani, M., Proost, S. (2013). Discomfort in mass transit and its implication for scheduling and pricing. *Transportation Research. Part B: Methodological*. Pp. 1-18. Retrieved from: <https://hal.science/hal-00784303v1/document>.

4. Shen, X., Feng, S., Li Z., Hu, B. (2016). Analysis of bus passenger comfort perception based on passenger load factor and in-vehicle time. *SpringerPlus*. Vol. 5 (62). <https://doi.org/10.1186/s40064-016-1694-7>.

5. Qin, F. Investigating the In-Vehicle Crowding Cost Functions for Public Transit Modes. (2014). *Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering*. Pp. 1-13. <https://doi.org/10.1155/2014/502708>.

6. İmrea, Ş., Çelebia, D. (2017). Measuring Comfort in Public Transport: A case study for İstanbul. *Transportation Research Procedia*. P. 2445-2453. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.261>.

7. Khitrov, I. O. (2024). Doslidzhennya protsesu perevezennya pasazhyriv z modelyuvannyam roboty zupynok hromads'koho transportu [Research on the process of passenger transportation with modeling of public transport stops]. *Bulletin of Mechanical Engineering and Transport*. 19. No. 1. Pp. 157-164. Retrieved from: <https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/379/336> [in Ukrainian].

8. Krystopchuk, M., Krystopchuk, T., Khitrov, I., Bugayov, I., Burko, D., Galkin, A. (2022). Exploring the Patterns of Resident Resettlement in Rural and Suburban Areas and Their Influence on the Passenger Trip Generation. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. Vol. 50 (2). Pp. 191-204. Retrieved from: <https://pp.bme.hu/tr/article/view/15530/9301> [in English].

---

Хітров Ігор Олександрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування. ORCID iD: 0000-0003-2310-1472. Тел.: +38 (099) 295-97-70. E-mail: [i.o.khitrov@nuwm.edu.ua](mailto:i.o.khitrov@nuwm.edu.ua).

Ihor Khitrov, PhD (Tech). Associate Professor, department of the Transport Technology and Technical Service, National University of Water and Environmental Engineering. ORCID iD: 0000-0003-2310-1472. Tel.: +38 (099) 295-97-70. E-mail: [i.o.khitrov@nuwm.edu.ua](mailto:i.o.khitrov@nuwm.edu.ua).

Дата надходження статті 30.01.2026 р.

Дата прийняття статті до друку 10.03.2026 р.

Дата публікації (оприлюднення) статті 4.05.2026 р.

Стаття поширюється на умовах ліцензії Creative Commons Attribution License International CC-BY.