

УДК 331.101.1: 656.012: 656.025: 629.334

V. ZAHORIANSKYI<sup>1\*</sup>, M. MOROZ<sup>2\*</sup>, K. KOVTSUR<sup>3\*</sup>

<sup>1\*</sup> Каф. «Транспортні технології», Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Університетська, 20, м. Кременчук, Україна, 39600, тел. +38 (050) 874-87-48, ел. пошта zagor\_vlad@ukr.net, ORCID 0000-0002-5607-7571

<sup>2\*</sup> Каф. «Транспортні технології», Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Університетська, 20, м. Кременчук, Україна, 39600, тел. +38 (098) 400-71-48, ел. пошта mykolai.moroz@gmail.com, ORCID 0000-0001-6107-1230

<sup>3\*</sup> Каф. Транспортних систем і логістики, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, Харків, Україна, 61002, тел. +38 (050) 772-19-19, ел. пошта kovtsyur@ukr.net, ORCID 0000-0002-0445-5438

## ERGONOMIC AND LOGISTIC ENSURING THE REQUIREMENTS FOR THE COMFORT DURING THE ORGANIZATION OF PASSENGER TRANSPORTATION IN A SMALL-CAPACITY BUS

**Purpose.** The most important advantage of passenger transport by road is the high quality of transport service, which depends on the organization of the transport process, structural features and technical condition of the rolling stock used and the route, the development of the route network and other factors. Comfort reflects the properties of bus passenger transportation, which lead to the creation of the necessary service conditions and convenience for passengers in the bus, at the start-end and transit points on the basis of regulatory documents approved in the prescribed manner. Features of the design of small-capacity buses in terms of comfort and safety of passenger transportation and provision of proper travel conditions mostly determine the scope of use of buses of this class by types of connections and length of routes. The purpose of the paper is the development of a structural model, based on the analysis of the main factors affecting the determination of the comfort of a small-capacity bus for urban transportation during the transportation of passengers. **Methods.** The analysis of literary sources showed that indicators of comfort (as well as indicators of information service, speed, timeliness, safety of cargo, safety), which refer to indicators of the quality of passenger transportation, are decisive in this group of indicators. From the point of view of Ukrainian legislation and regulatory framework, the concepts of passenger bus capacity and comfort are analyzed. The main factors that determine the comfort of small-capacity buses for urban transportation during the transportation of passengers are determined. Ensuring the comfort of passenger transportation in a small-capacity city bus is determined by compliance with ergonomic requirements, which, in turn, depends on the design features of the arrangement of the area intended for passengers. **Scientific novelty.** It is proposed to evaluate the comfort category in the urban public road transport system using a structural model that combines two sets of factors – logistic and ergonomic. The logistic set of factors includes characteristics in time and space, that is, characteristics of comfort outside the means of urban public road transport. The ergonomic set of factors includes characteristics that describe comfort in vehicles. **Practical significance.** On the basis of this model, possible ways of ensuring ergonomic requirements for the layout of the interior and exterior of small-capacity buses for urban passenger transportation are proposed. It was established that the main factors of the redistribution of transport mobility between urban passenger transport and transport for individual use are the insufficient comfort of passenger transport or the insufficient density of the route network.

**Keywords:** passenger transportation, city transportation, small-capacity bus, ergonomic requirements, logistical requirements, organization of transportation, comfort, design.

### Introduction

Ergonomics may be determined as a multidisciplinary science, that considers other sciences about human (information from psychology, anthropometry, biomechanics, anatomy, physiology, psychophysics) [1]. It studies human characteristics, capabilities, and limitations and using this knowledge to design and evaluate the machines and systems that people use.

The process for designing a vehicle should involve the considerations of the following major components: (a) the driver/user, (b) the vehicle, and

(c) the environment. The characteristics of all the components in the system must be considered in designing the vehicle. The vehicle design should involve not only designing all the physical components that fit and function well but also making sure that the user is considered to be a human component and the user's characteristics are measured and used in designing a car or a truck – to assure that the vehicle will meet the users' needs related to comfort, convenience, and safety. It should be noted that during the design process of a physical product, the engineer designs each part of the product by paying attention to all of its properties (e.g., dimensions,

material, hardness, colour, surface, how it fits/works with other components). Similarly, when the human is involved as an operator or the user of the product (e.g., a car or a truck), all relevant human characteristics must be studied and used in designing the product.

### **Purpose of research**

The purpose of the paper is the development of a structural model, based on the analysis of the main factors affecting the determination of the comfort of a small-capacity bus for urban transportation during the transportation of passengers.

### **Analysis of the last researches and publications**

Bus service is available in almost all cities and towns of Ukraine. For cities with a population of up to 250,000, the bus is the main, and in some cities, the only mode of transport [2]. The bus is the most simple, widespread and maneuverable form of land transport. A bus as a general-purpose vehicle is a vehicle that is not equipped with special equipment and is intended for the transportation of passengers or cargo.

Transportation of passengers by buses in the mode of non-regular passenger transportation is carried out by motor carriers on bus routes of non-regular transportation on contractual terms with customers of transport services, in the mode of regular special passenger transportation - motor carriers on bus routes of special transportation on contractual terms with customers of transport services.

According to the Law of Ukraine «On Road Transport» [3], as well as DSTU 2984-95. Road vehicles. Types. Terms and definitions, a bus is a vehicle designed and equipped to carry passengers with more than nine seats, including the driver's seat.

The improvement of passenger transport should be solved through the implementation of the infrastructural and logistics system of passenger transport, including the justification of the organizational structures of transport management taking into account the interests of passengers, the mutual planning of the development of cities and regions with their transport systems and the coordination of the work of various types of transport, the development of methods of stimulating the improvement of the level transport service [4].

The comfort of providing transport services refers to the property of the transport infrastructure to provide a person with comfort and coziness in their place of stay. The comfort of the vehicle is determined by the convenience of arranging passenger

boarding and disembarking places (the location and number of steps, the convenience of handrails, etc.), the design of the seats, the floor covering in the cabin, ventilation and compliance with the microclimate, lighting and visibility, the level of internal noise and vibration, the smoothness of the vehicle, the presence of an additional arrangement [5].

When creating and operating logistics systems of passenger transportation, considerable attention should be paid to marketing research and forecasting passenger traffic volumes. The structure of passenger movements reflects the influence of a number of factors on which the demand for transportation depends [6].

It should be noted that public transport vehicles of «small» capacity (less than 22 passengers, excluding the driver) used to be called «small-capacity buses».

Transport fatigue is one of the factors affecting human labour productivity [7]. The passenger's transport fatigue is determined by the duration of the trip and the degree of its comfort. It is known [8] that every 10 minutes of additional time spent traveling to the workplace, even in uncomfortable conditions, reduces labour productivity by 3-4%.

The main indicators of the quality of passenger transportation are: driving conditions, characterized by the degree of filling of the bus; regularity of movement; time spent by passengers on movement; traffic safety; degree of transplantability [7].

Ways to improve the ergonomic design of cars, including buses, are proposed in work [11], ergonomic properties of the car and the main requirements for its comfort are considered in work [12], ergonomic ensuring the technological process of transportation of passengers by city passenger transport are considered in work [13], the issue of optimizing modes of interaction and urban passenger transport of the trunk line on the example of the city of Kremenchuk is devoted to work [14].

### **Main material of research**

Let's dwell a bit on the issue of determining the capacity of a «small-capacity bus».

A general-purpose bus is a bus designed to transport passengers as public transport (by route) [9].

General purpose buses are divided into three classes:

- class A: a bus with a capacity of 9 to 22 passengers inclusively, equipped with seats and may have places for standing passengers;
- class B: a bus with a capacity of 9 to 22 seated passengers inclusively and without seats for standing passengers;

– class C: a bus with a total structural weight of no more than 3.5 tons and a passenger capacity of 9 to 12 seated passengers inclusively and without seats for standing passengers.

It is proposed to evaluate the category of comfort in the system of urban public road transport (UPRT) according to a structural model that combines two sets of factors – logistical and ergonomic.

The logistic set of factors includes characteristics in time and space, i. e. characteristics of comfort outside the facilities of UPRT [15].

The first group of factors includes the following:

– regularity and reliability (is determined, among other things, by the density of the route network);

– availability of stopping points;

– waiting for vehicles;

– the number of transfers in the network.

The density of the route network (table 1) [15]:

$$\delta = \frac{L_{in}}{F_C}, \quad (1)$$

where  $L_{in}$  – the total length of streets and roads (route) along which ground transport routes pass, km;  $F_M$  – the area of a built-up part, in particular a city, km<sup>2</sup>.

Table 1

**The required density of the route network for different groups of cities [15]**

Number of residents in the city, thousands	less than 100	100-250	250-500	500-1000	more than 1000
The required density of the route network, km/km <sup>2</sup>	1,4–1,6	1,8-2	2-2,3	2,3-2,4	2,5

The ergonomic set of factors includes characteristics that describe comfort in vehicles.

It can include the following:

– availability of seats;

– the number of doors, their size, seats, handles, view from the windows, etc.;

– ventilation, heating, lighting;

– acceleration, deceleration and their measurement;

– vibration.

The requirements of the standards for the interior and layout of the cabin of these vehicles are basically the same as for large-capacity buses, but there are some differences (UNECE Regulation No. 52)) regarding the number and location of doors, as well as the dimensions of the aisles. The dimensions of the seats in terms of width and relative location should be the same as for large-capacity Class I (city) buses.

The bus must have the number of passenger seats  $K$  that meet the requirements for passenger seats [8]. For a class A bus, the number of passenger seats  $K$  must be greater than the number of square meters of the total area  $S_0$ , rounded to the nearest whole number.

The total passenger area  $S_0$  is calculated by subtracting from the total floor area of the bus:

– area of the driver's compartment;

– the area of steps in entrance passages and the area of any step with a depth of less than 0.3 m;

– the area of any part, where the free height above the floor level is less than 1.35 m in accordance with the requirements for passenger seats [9], not taking into account the permissible protrusions of the bus structural elements. For a Class C bus, this size can be reduced to 1.2 m.

For class A buses, the area  $S_1$  intended for standing passengers is determined by subtracting from the total area  $S_0$ :

– the area of all parts of the floor with a slope of more than 8%;

– areas of all parts to which a standing passenger cannot access when all seats are occupied;

– areas of all parts where the free height above the floor level is less than 1.9 m or 1.8 m for the section of the passage located above the rear axle of the bus and behind it (handrails are not taken into account);

– the area located in front of the vertical plane passing through the centre of the surface of the driver's seat cushion (when it is in its rearmost position) and the centre of the external rear-view mirror located on the opposite side of the bus;

– area within 0.3 m in front of each seat;

– the area of any part of the floor surface (for example, a corner or an edge) on which a rectangle measuring 0.4×0.3 m cannot be placed;

– the area of any surface, in which a rectangle measuring 0.4×0.3 m cannot be inscribed.

Total number of seats for passengers (passenger capacity) [9]:

$$N = K + \frac{S_1}{S_{sp}} \leq \frac{MT - MV - B}{Q}, \quad (2)$$

where  $K$  is the number of passenger seats;  $S_1$  – area intended for standing passengers, m<sup>2</sup>;  $S_{sp}$  – area required for one standing passenger, m<sup>2</sup>;  $MT$  – total mass of the bus, kg;  $MV$  is the mass of the equipped bus, including the 75 kg mass located on the driver's seat, kg;  $B$  – the total weight of luggage located in the luggage compartments (kg). For a bus of classes B and C  $S_1 = 0$ .

The values of  $Q$  and  $S_{sp}$  for the bus of each class are shown in table 2.

Values of  $Q_i$  Ssp for each class of buses [8]

Class of buses	Mass of one passenger $Q_i$ , kg	Area required for one standing passenger, $S_{sp}$ , m <sup>2</sup> /passenger
A	68	0.125
B	71*	Transportation (accommodation) of standing passengers is not allowed
C	71*	Transportation (accommodation) of standing passengers is not allowed

\* Taking into account 3 kg of hand baggage.

According to the «Procedure for determining the comfort class of buses» and the international classification of buses, in accordance with UNECE norms (ECE RL07), there is a classification of bus classes for operation on city routes [10].

The bus must have at least two doors: one passenger and one emergency door, or two passenger doors. A bus with a passenger capacity of more than 16 passengers must have at least one emergency hatch.

Aisles in buses must be made in such a way that the free passage of the control device, the dimensions of which are specified in [9], consisting of two coaxial cylinders and a cone between them, is ensured.

Above each passenger seat, free space must be provided, which extends upward 0.9 m from the highest point of the uncompressed seat cushion and at least 1.35 m from the floor on which the feet of the seated passenger are located. For a Class C bus, these dimensions can be reduced to 0.8 m and 1.2 m, respectively.

Distance between seats. If the seat is installed in the same direction, then there must be a distance of at least 0.65 m between the front surface of the backrest of one seat and the rear surface of the backrest of the seat in front. This distance is measured horizontally in the interval from the plane that passes through the highest upper points uncompressed seat cushions and a height of 0.62 m above the floor or footwell of seated passengers. If the seats are installed opposite each other, there must be a distance of at least 1.3 m between the front surfaces of the seat backs facing each other. This distance is measured horizontally along the line passing through the highest points of the uncompressed seat cushions.

### Conclusions

1. In modern conditions, indicators of the quality of passenger transport services are due to the transition from the predominance of indicators of the level of development of the system, which is assessed by the density of the route network and stopping points, regularity, frequency of passage of

transport units, to indicators characterizing the satisfaction of the population with transport services, including the level of comfort of transport service.

2. The main factors in the redistribution of transport mobility between urban passenger transport and transport for individual use may be considered the insufficient comfort of passenger transport or the insufficient density of the route network.

### BIBLIOGRAPHY LIST

1. Vivek D. Bhise (2016). Ergonomics in the Automotive Design Process. CRC Press Taylor & Francis Group. P. 300.

2. Соловійова О. О., Висоцька І.І., Герасименко І.М. Загальний курс транспорту. Київ: НАУ, 2019. 244 с.

3. Про автомобільний транспорт: Закон України від 05.04.2001 р. № 2344-III. Дата оновлення: 19.06.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14#Text> (дата звернення: 30.09.2022).

4. Пасажирські перевезення: логістично-інфраструктурні аспекти / В. С. Маруніч та ін. *World Science*. 2018. № 7(35), Vol. 5. С. 4–12. doi: 10.31435/rsglobal\_ws/12072018/6034.

5. Організація та управління пасажирськими перевезеннями: підручник / за ред. В. С. Маруніч, Л. Г. Шморгуна. Київ: Міленіум, 2017. 528 с.

6. Коп'як Н. В., Кузьмич В. П. Логістичні підходи в організації приміських автобусних перевезень. *Інтелектуальні технології управління транспортними процесами: збірник матеріалів міжнародної науково-технічної конференції* (Харків, 17–18 листопада 2020 р.). С. 207–209.

7. Григорова Т. М., Давідч Ю. О., Доля В. К. Оцінка впливу некомфортних умов перевезення на зміну транспортної стомлюваності пасажирів. *Вісник НТУ «ХП»*. Серія «Механіко-технологічні системи та комплекси». 2015. № 11 (1120). С. 140–146.

8. Застосування моделей і методів ергономіки і логістики в транспортних системах: монографія / В. К. Доля, Ю. О. Давідч, О. О. Лобашов та ін.; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків: Видавництво «Лідер», 2016. 332 с. [https://k-tsl.com/wp-content/uploads/2016/02/dhoedhzhhdhhdhhdhhdh\\_dh](https://k-tsl.com/wp-content/uploads/2016/02/dhoedhzhhdhhdhhdhhdh_dh)

[dhudh\\_nfnm\\_22-12-16-11-1.pdf](#) (дата звернення: 30.12.2023).

9. Про затвердження ГСТУ «Засоби транспортні дорожні. Технічні вимоги до безпеки конструкції автобусів загального призначення, які знаходяться в експлуатації»: Наказ Міністерства транспорту України № 807 від 21.11.2001 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0807361-01#Text> (дата звернення: 08.06.2024).

10. Про затвердження Порядку визначення класу комфортності автобусів, сфери їхнього використання за видами сполучень та режимами руху: Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України № 285 від 12.04.2007 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0499-07#Text> (дата звернення: 08.06.2024).

11. Rebelo, Francisco & Soares, Marcelo M. (2019). *Advances in Ergonomics in Design*. Springer International Publishing. P. 777.

12. Загорянський В. Г., Загорянська О. Л. Ергономічні властивості автомобіля і основні вимоги до його комфортності. *Інноваційна модернізація економіки України в умовах євроінтеграційних процесів*: матеріали VIII Міжнародної науково-

практичної інтернет-конференції (м. Кременчук, КрНУ, 27-27.11.2023 р.). С. 667–669.

13. Давідіч Ю. О., Куш Є. І., Понкратов Д. П. Ергономічне забезпечення транспортних процесів: навч. посібник. Харків: Харк. нац. акад. міськ. госп-ва, 2011. 392 с.

14. Мороз М. М., Гайкова Т. В., Солошич І. О. Оптимізація режимів взаємодії магістрального та міського пасажирського транспорту м. Кременчук. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*: збірник наукових праць. 2024. Вип. № 9(40). С. 197–204. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).1.197-204](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).1.197-204).

15. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Гайкова Т. В. Якість та контроль транспортного процесу (вантажні та пасажирські автомобільні перевезення): навч. посібник. Кременчук: Кременчугський національний університет імені Михайла Остроградського, 2023. 138 с. URL: [http://document.kdu.edu.ua/el\\_vid.php?spec=275.03](http://document.kdu.edu.ua/el_vid.php?spec=275.03) (дата звернення: 03.07.2024).

Надійшла до редколегії 08.08.2024.

Прийнята до друку 29.08.2024

В. Г. ЗАГОРЯНСЬКИЙ, М. М. МОРОЗ, К. Г. КОВЦУР

## ЕРГОНОМІЧНЕ ТА ЛОГІСТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГ КОМФОРТНОСТІ ПІД ЧАС ОРГАНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ АВТОБУСОМ МАЛОЇ МІСТКОСТІ

**Мета.** Найголовнішою перевагою автобусних пасажирських перевезень є висока якість транспортного обслуговування, що залежить від організації транспортного процесу, конструктивних особливостей та технічного стану рухомого складу, що використовується, та шляху, розвитку маршрутної мережі та інших факторів. Комфортність відображає властивості автобусних пасажирських перевезень, що зумовлюють створення необхідних умов обслуговування та зручності перебування пасажирів у автобусі, у початково-кінцевих та транзитних пунктах на підставі нормативних документів, затверджених у встановленому порядку. Особливості конструкції автобусів малої місткості щодо комфортності та безпечності перевезення пасажирів і забезпечення належних умов поїздки здебільшого визначають сферу використання автобусів цього класу за видами сполучення та протяжністю маршрутів. Метою роботи є розробка структурної моделі, на основі аналізу основних чинників, що впливають, визначення комфортності автобуса малої місткості для міських перевезень під час перевезення пасажирів. **Методи.** Аналіз літературних джерел показав, що показники комфортності (а також показники інформаційного обслуговування, швидкості, своєчасності, схоронності вантажу, безпеки), які відносяться до показників якості перевезень пасажирів, є визначальними в цій групі показників. Проаналізовані, з точки зору українського законодавства і нормативної бази, поняття місткості пасажирського автобуса і його комфортності. Визначені основні чинники, які визначають комфортність автобусів малої місткості для міських перевезень під час перевезення пасажирів. Забезпечення комфортності перевезення пасажирів у міському автобусі малої місткості визначається дотриманням ергономічних вимог, що, в свою чергу, залежить від конструктивних особливостей облаштування площі, призначеної для пасажирів. **Наукова новизна.** Пропонується категорію комфорту в системі міського громадського автомобільного транспорту оцінювати за структурною моделлю, яка поєднує дві сукупності чинників – логістичну і ергономічну. Логістична сукупність чинників охоплює характеристики в часі та просторі, тобто характеристики комфорту поза засобами міського громадського автомобільного транспорту. Ергономічна сукупність чинників охоплює характеристики, які описують комфорт у транспортних засобах. **Практична значимість.** На основі цієї моделі запропоновані шляхи можливого забезпечення ергономічних вимог до компонування салону та інтер'єру автобусів малої місткості для міських пасажирських перевезень. Встановлено, що основними факторами перерозподілу транспортної рухливості між міським пасажирським транспортом і транспортом індивідуального користування є недостатня комфортність перевезень пасажирським транспортом або недостатня щільність маршрутної мережі.

**Ключові слова:** пасажирські перевезення, міські перевезення, автобус малої місткості, ергономічні вимоги, логістичні вимоги, організація перевезень, комфортність, конструкція.