

УДК 656.035.22

doi: 10.32620/aktt.2022.4.11

В. О. ЗАХАРЕНКО

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут», Україна

## МОДЕЛЬ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОПЛАТИ ПРОЇЗДУ ТА ОБЛІКУ ПАСАЖИРІВ В МІСЬКОМУ ГРОМАДСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ

**Предметом** дослідження в статті є процеси управління сучасною системою місцевого громадського транспорту у той її частині, яка безпосередньо відноситься до прямої взаємодії між учасниками процесу перевезень - пасажирами та транспортними підприємствами. А конкретно тою її частиною, яка відповідає за оплату проїзду мешканців та своєчасний облік різних категорій громадян, у тому числі пільгових, що дає можливість місцевим бюджетним установам ефективніше здійснювати фінансові розрахунки з перевізниками і, як наслідок, підвищити рівень надання транспортних послуг мешканцям міст. Сучасне реформування транспортних систем у місті, в першу чергу пасажирських, вимагає не тільки регулювання діяльності транспортних підприємств з боку держави, але і обґрунтування методів і засобів оптимізації їх діяльності. **Метою** цього дослідження є запропонування сучасної моделі автоматизованої системи оплати проїзду та обліку пасажирів в громадському транспорті, яка має у своєму складі як декілька структурних рівнів, так і матеріальних складових частин. Вона базується на використанні безконтактних карток, які, як говорить досвід останніх років, є ефективнішим з точки зору надійності, безпеки, швидкості, вартості. Матеріальна частина системи складається з мережі платіжних терміналів, в яких пасажир має змогу придбати картку або поповнити її та мережі обладнання на транспорті, за допомогою якого відбувається оплата проїзду. Кожен рівень ієрархії системи, як то рівень виконавчих пристроїв, рівень автоматизованих робочих місць для адміністрування та рівень центрального серверного вузла, дозволяє у найкоротший термін отримати повну інформацію про стан системи, сформувати необхідні звіти, прийняти та як можна швидше застосувати рішення з її керування. Серед **очікуваних результатів** втілення даної системи – підвищення рівня обліку наданих послуг з перевезення пасажирів, надання повної та деталізованої інформації про виконану транспортну роботу та стовідсотковий облік перевезень пільгових категорій пасажирів. **Висновки.** У значній своїй частині ця система була реалізована у м. Харкові як система «Електронний квиток», що дозволило отримувати повну, достовірну та деталізовану інформацію про проїзди пасажирів за категоріями різними видами транспорту, маршрутами; зменшити експлуатаційні витрати транспортних підприємств та впровадити нові продукти та засоби оплати. Серед **найважливіших перспектив подальшого розвитку досліджень** у даному напрямку є вивчення можливості використання віртуального носія (мобільного додатку) замість безконтактної картки та можливості її поповнення у особистому кабінеті користувача за допомогою відповідної системи он лайн розрахунків.

**Ключові слова:** система оплати проїзду; транспортна система; пільгова категорія; транспортні послуги; безконтактна картка.

### Номенклатура

БК – Безконтактна смарт-картка;  
ЗОП – Засоби оплати проїзду;  
КП – Комунальне підприємство;  
АСОП – Автоматизована система оплати проїзду та обліку пасажирів в громадському транспорті.

### Вступ

Розвиток сучасних транспортних систем до яких належать авіаційний транспорт, транспорт залізничний, громадський транспорт місцевих агломера-

цій передбачає, у першу чергу, ефективні сучасні методи керівництва на всіх етапах їх життєвого циклу з урахуванням унікальної галузевої специфіки [1].

Сучасне реформування транспортних систем у місті, в першу чергу пасажирських, вимагає не тільки регулювання діяльності транспортних підприємств, але і обґрунтування засобів і методів оптимізації їх діяльності [2].

У великих містах світу вже тривалий час впроваджуються та успішно функціонують системи автоматизації міського та міжміського пасажирського транспорту різних масштабів. Вітчизняні фахівці також не залишилися осторонь цієї тенденції, довівши свою компетентність у цій галузі та запропонувавши

рішення, які відповідають світовим стандартам, враховують вітчизняну специфіку.

Система міського пасажирського транспорту, як і будь-яка реальна система, має нескінченну безліч об'єктивних властивостей [3], але для споживачів важливі ті, які задовольняють їх потребам. Одною з таких властивостей поряд з тарифною системою є система оплати проїзду.

## 1. Системи оплати проїзду в міському пасажирському транспорті

Серед систем оплати послуг проїзду, які існують у транспортних системах на сучасному етапі є досить незначна кількість останніх у, так званому, чистому вигляді. У більшості випадків це мікс з елементів старих, архаїчних і більш нових з елементами урбаністичних технологій. Серед найбільш значних властивостей старих систем можливо виділити фіксовану оплату готівкою незалежно від часу, дальності проїзду та частоти користування транспортним засобом (наприклад паперовий проїзний квиток часів СРСР). Найсучасніші системи оплати проїзду використовують схеми оплати за допомогою електронних технологій такі як електронні та віртуальні картки, які інстальовані завдяки спеціальному програмному забезпеченню у, наприклад, смартфонах та електронних годинниках. По мірі розвитку систем та засобів оплати проїзду технологічні можливості суспільства визначали можливість застосування тих чи інших елементів. Наприклад розвиток технологій виготовлення мікрочіпів дозволив спочатку створити на їх базі електронні картки, а потім використати їх як засіб оплати. Серед етапів розвитку систем оплати проїзду можливо виділити наступні, основні:

– перший етап – системи з використанням готівки для покупки паперових квитків або жетонів. Але це унеможливило автоматизований облік пасажирів, які використовували цю послугу;

– другий етап – системи з використанням магнітних квитків. Існують два основні типи останніх. З автоматичним зчитуванням інформації завдяки торканню до спеціального зчитувача та ручною протяжкою квитка. Прикладом перших були магнітні картки, які використовували в московському метро у 90-х роках минулого століття, прикладом других – магнітна картка харківського метро з ручною подачею, яка використовувалась приблизно у той же час;

– третій етап – системи оплати проїзду з використанням безконтактних карток. З точки зору надійності, безпеки, швидкості, вартості [4 - 6] вони є найбільш ефективними та мають найбільший

потенціал що до подальшого розвитку. Незважаючи на те, що ці системи потребують досить значних початкових витрат на закупівлю, монтаж та обслуговування додаткового обладнання, їх використання, з економічної точки зору є найбільш доцільним. Інтеграція таких систем у транспортну інфраструктуру почалася у кінці 90-х років в західній Європі.

## 2. Стан проблеми

Існуюча система оплати проїзду (у більшості міст України) в пасажирському транспорті має жорстко заданий алгоритм роботи і має ряд істотних недоліків:

– неможливість зробити точний облік транспортних послуг серед котрих найбільш важлива це надання послуг пільговим категоріям громадян, що передбачає компенсацію перевізникам з бюджету (на кінець 2021 року, наприклад, їх кількість в Харкові складала 50 пільгових категорій, близько 500 тис. осіб);

– неможливість застосування гнучких тарифів політики за відсутністю автоматизованих пристроїв перевірки квитків до яких можна віднести переносні та стаціонарні валідатори та термінали оплати у транспорті;

– додаткові витрати на утримання персоналу, який здійснює прийом платежів та перевірку білетів;

– протиправні дії по підробці проїзних білетів та корупція серед персоналу контролерів;

– обмежена можливість отримання детальних статистичних даних про обсяг перевезень, що необхідно для формування оптимального графіку руху;

– використання різних видів проїзних квитків у різних перевізників.

Згідно світового досвіду є декілька шляхів для вирішення цих проблем:

– впровадження сучасних автоматизованих систем оплати проїзду та збору коштів за проїзд, що веде до зменшення кількості персоналу, що, в свою чергу, веде до зменшення накладних витрат;

– зменшення накладних витрат та підвищення ефективності за рахунок передачі транспортних компаній, які займаються перевезеннями пасажирів, в приватні руки;

– впровадження сучасних інформаційних систем для моніторингу пасажирських потоків, транспортних маршрутів, що робить можливим прийняття більш зважених та оперативних рішень з керування транспортом.

Еволюція послуг з перевезення пасажирів, у сучасному сенсі, це інтеграція суб'єктів, які надають

транспортні послуги у єдину інформаційно-фінансову систему, що дозволить пасажиром користуватись різними транспортними маршрутами без необхідності придбання квитків для кожного з них.

Використання безконтактних карток, як засобу оплати проїзду, та автоматизованої системи обліку оплати проїзду значно полегшує задачу контролю та планування надання транспортних послуг та виключає проблеми розподілу доходів між транспортними перевізниками. З іншого боку стає можливим ефективне відшкодування. Такий засіб оплати проїзду більш захищений від підробок та допомагає зменшити кількість неплатників.

### 3. Склад автоматизованої системи обліку оплати проїзду

Система включає термінали самообслуговування для реалізації і поповнення електронних квитків, комплекти обладнання (валідатори, бортові комп'ютери), що встановлюються в салоні транспор-

тних засобів або на турнікетах зупинок, які призначені для прийому, обробки засобів реєстрації проїзду в транспорті, для збору та передачі даних, а також сервери та інші виконавчі пристрої, призначені для приймання та обробки інформації від валідаторів, терміналів самообслуговування, пристроїв зв'язку, а також для зберігання даних. Все обладнання поставлене, змонтоване та підключене до відповідної автоматизованої системи обліку оплати проїзду, що забезпечує її повне функціонування.

Матеріальна частина системи поділяється на дві групи:

1. Мережа платіжних терміналів, в яких пасажир має змогу придбати картку або поповнити її.

2. Мережа обладнання на транспорті, за допомогою якого відбувається оплата проїзду (валідація електронної карти та списування коштів з неї).

До складу обладнання (рис. 1) входить:

- бортовий комп'ютер;
- валідатор реєстрації поїздок;
- валідатор реєстрації поїздок із сканером QR;
- антена.

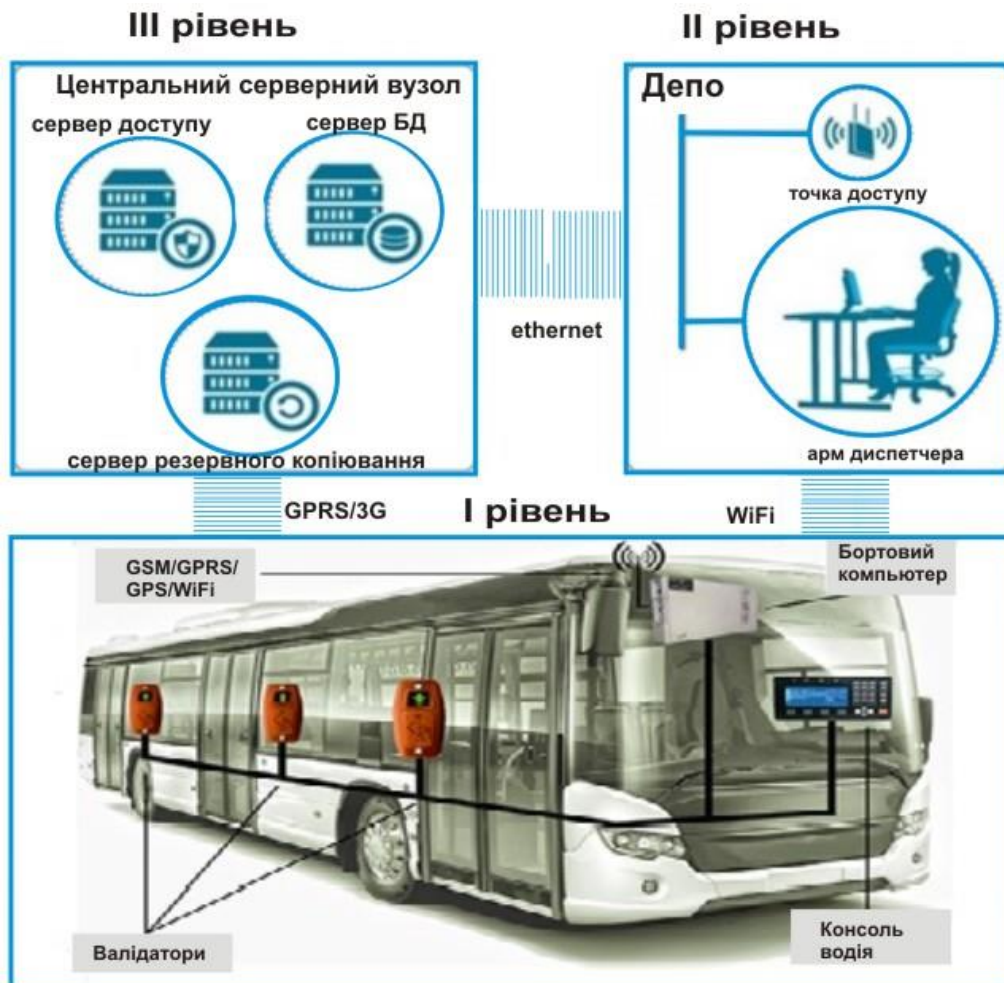


Рис. 1. Архітектура системи та склад її обладнання

Структурно система виконана за ієрархічною архітектурою. Обладнання різних рівнів з'єднується за допомогою надійних та швидких комунікаційних мереж (див. рис. 1).

Архітектура системи складається з трьох рівнів ієрархії:

– перший рівень ієрархії - рівень виконавчих пристроїв. До пристроїв першого рівня належать пристрої прийому та обробки ЗОП, а також пристрої зв'язку;

– другий рівень ієрархії – це рівень автоматизованих робочих місць для адміністрування, обслуговування та експлуатації системи;

– третій рівень ієрархії – це рівень центрального серверного вузла, який відповідає за збір та зберігання даних, що надходять з нижніх рівнів ієрархії та забезпечує взаємодію між об'єктами системи.

Вся інформація від устаткування нижніх рівнів ієрархії надходить в єдиний центральний серверний вузол.

#### **4. Загальний склад системи обліку оплати проїзду**

Система складається з декількох підсистем (рис. 2).

Кожна з підсистем забезпечує свою частину функціонування системи. Всі підсистеми взаємодіють між собою.

До основних підсистем системи належать:

- центральний серверний вузол;
- підсистема продажу та поповнення ЗОП;
- підсистема продажу разових паперових квитків;
- підсистема підготовки та випуску безконтактних електронних карток (БК);
- підсистема прийому ЗОП у структурі метрополітену;
- підсистема прийому банківських карт/NFT пристроїв у структурі метрополітену;
- підсистема прийому ЗОП у структурі наземного транспорту (трамваї, тролейбусі, автобусі);
- підсистема сервісного центру;
- підсистема контролерів електротранспорту;
- підсистема чергових метрополітену.

Центральний серверний вузол призначений для управління усіма елементами системи:

- збір інформації від виконавчих пристроїв нижнього рівня ієрархії;
- ведення баз даних за усіма видами ЗОП;
- планування додаткового випуску ЗОП;

– формування фінансової, статистичної та технологічної звітностей;

– збір та аналіз інформації про технічний стан пристроїв пасажирської автоматики;

Центральний серверний вузол включає до свого складу групу серверів, що забезпечують виконання основних функцій:

- основний та резервний сервери бази даних;
- сервер доступу;
- сервер резервного копіювання;
- обладнання безперервного живлення.

Серверний вузол включає комплект мережевого устаткування для забезпечення зв'язку серверів між собою та для забезпечення зв'язку серверного вузла з іншими підсистемами.

Центр випуску безконтактної електронної картки забезпечує:

– випуск засобів оплати проїзду, оформлення та поширення засобів оплати проїзду повнотарифних категорій пасажирів;

– оформлення та поширення службових безконтактних електронних карток згідно до заявок відповідних організацій;

– забезпечує збір даних від розповсюджувачів безконтактних електронних карток та передачу заявок на виробництво необхідних типів безконтактних електронних карток.

Центр випуску складається із автоматизованих робочих місць, які оснащені необхідним програмним забезпеченням для друку на безконтактних електронних картках та кодування карток.

#### **5. Очікувані результати від реалізації та перспективи розвитку системи оплати проїзду**

Побудова системи оплати проїзду згідно з запропонованою у статі моделлю сприятиме підвищенню точності обліку наданих транспортних послуг, надання максимально вичерпаної інформації для відшкодування бюджетом перевізникам за перевезення пільгових категорій громадян, максимально точному обліку усіх пільгових категорій громадян для підвищення ефективності розподілу коштів бюджету.

Серед найважливіших перспектив подальшого розвитку запропонованої автоматизованої системи оплати проїзду є вивчення можливості використання новітніх технологій віртуального характеру. До останніх можливо віднести використання, так званих, віртуальних карток, створених на базі мобільного додатку замість безконтактної картки та можливості її поповнення у особистому кабінеті користувача за допомогою відповідної системи он лайн розрахунків.

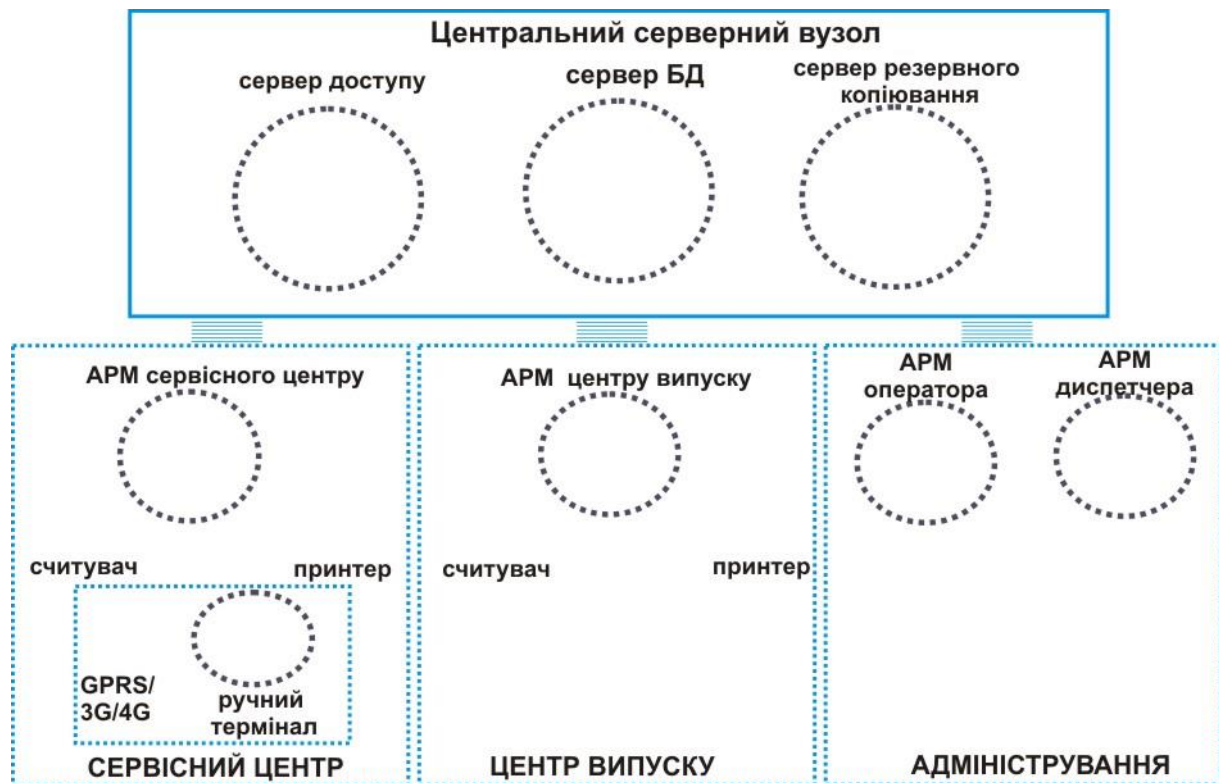


Рис. 2. Загальний склад системи обліку оплати проїзду

## Висновки

В роботі запропоновано сучасну модель автоматизованої системи оплати проїзду в міському транспорті. Впровадження системи дозволило забезпечити зростання доходів комунальних підприємств електротранспорту та підвищення рівня комфорту пасажирських перевезень. Реалізація проекту по створенню системи (система «Електронний квиток» у м. Харкові) надало можливість отримувати повну, достовірну та деталізовану інформацію про проїзди пасажирів за категоріями різними видами транспорту, маршрутами, зменшило експлуатаційні витрати транспортних підприємств на організацію збору виручки та контролю за нею, було впроваджено нові продукти та засоби оплати.

## Література

1. Литвиненко, Д. П. *Моделі управління стейкхолдерами на етапах життєвого циклу проектів розвитку транспортних систем [Текст]* / Д. П. Литвиненко, О. В. Малєєва // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2020. – № 3 (95). – С. 97–107. DOI: 10.32620/reks.2020.3.10.

2. Вакуленко, К. Є. *Управління міським пасажирським транспортом [Текст] : навч. посібник* / К. Є. Вакуленко, К. В. Доля ; Харк. нац. ун-т міського.

*госп-ва ім. О. М. Бекетова*. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 257 с.

3. Цибулка, Я. *Качество пассажирских перевозок в городах [Текст] : пер. с чешск.* / Я. Цибулка. – М. : Транспорт, 1987. – 239 с.

4. *The intelligent transportation society of America. "ITS America. Technology transforming transportation. 2004 Annual Report"*, 2004. – P. 2–14.

5. *Intelligent transport systems and services. ITS-part of everyone's daily life. ERTICO – ITS Europe navigation technologies*. – Brussels, 2002. – P. 8, 43–55.

6. Butkevičius, J. *Introduction of electronic card system in Lithuanian city passenger transport [Text]* / J. Butkevičius // *Transport and Telecommunication*. – 2006. – Vol. 7, No. 1. – P. 149–155.

## References

1. Lytvynenko, D. P., Malyeyeva, O. V. *Modeli upravlinnya steykholderamy na etapakh zhyttyevoho tsykladu proektiv rozvytku transportnykh system [Models of stakeholders management at the stages of the life cycle of projects of transport systems' development]*. *Radioelektronni i komp'uterni sistemi – Radioelectronic and computer systems*, 2020, no. 3(95), pp. 97–107. DOI: 10.32620/reks.2020.3.10.

2. Vakulenko, K. Ye., Dolya, K. V. *Upravlinnya mis'kym pasazhyrs'kym transportom : navch. posibnyk*

[Management of city passenger transport : Tutorial]. Kharkiv, Khark. nats. un-t miskoho. hosp-va im. O. M. Beketova, KhNUMH im. O. M. Beketova Publ., 2015. 257 p.

3. Tsibulka, Ya. *Kachestvo passazhirske perevozok v gorodakh* [The quality of passenger transportation in cities]. Moscow, Transport Publ., 1987. 239 p.

4. *The intelligent transportation society of America. "ITS America. Technology transforming transportation. 2004 Annual Report"*, 2004, pp. 2-14.

5. *Intelligent transport systems and services. ITS-part of everyone's daily life. ERTICO – ITS Europe navigation technologies*. Brussels, 2002, pp. 8, 43-55.

6. Butkevičius, J. Introduction of electronic card system in Lithuanian city passenger transport. *Transport and Telecommunication*, 2006, vol. 7, no. 1, p. 149–155.

Надійшла до редакції 4.04.2022, розглянута на редколегії 27.07.2022

## MODEL OF BUILDING AN AUTOMATED FARE PAYMENT AND PASSENGER ACCOUNTING SYSTEM IN CITY PUBLIC TRANSPORT

*Volodymyr Zakharenko*

**The subject** of research in this article is the management processes of the modern local public transportation system in that part of it, which directly relates to the direct interaction between the participants in the transportation process - passengers and transport companies. And specifically that part of it, which is responsible for the payment of residents' fares and the timely accounting of various categories of citizens, including those with benefits, which enables local budgetary institutions to more effectively perform financial settlements with carriers and, as a result, to increase the level of providing transport services to city residents. Modern reforming of transport systems in the city, primarily passenger ones, requires not only the regulation of the activities of transport enterprises by the state, but also the justification of methods and means of optimizing their activities. The current study **proposes** a modern model of an automated system of fare payment and passenger registration in public transportation, which includes several structural levels and material components. It is based on the use of contactless cards, which, according to the experience of recent years, are more effective in terms of reliability, security, speed, and cost. The material part of the system consists of a network of payment terminals, where the passenger can purchase a card or top up it, and a network of equipment on the transport, with the help of which the fare is paid. Each level of the system hierarchy, such as the level of executive devices, the level of automated workstations for administration, and the level of the central server node, allows you to get complete information about the state of the system in the shortest possible time, to generate the necessary reports, to make and as soon as possible to apply decisions on its management. Among the **expected results** of the implementation of this system is an increase in the level of accounting for passenger transportation services, the provision of complete and detailed information about the performed transport work, and one hundred percent accounting of the transportation of preferential categories of passengers. **Conclusions.** In a significant part, this system was implemented in the city of Kharkiv as an "Electronic ticket" system, which made it possible to receive complete, reliable and detailed information about passenger journeys by category by various modes of transport and routes; reduced operating costs of transport enterprises and introduce new products and means of payment. Among the most important prospects for the **further development** of research in this direction is the study of the possibility of using a virtual medium (mobile application) instead of a contactless card and the possibility of replenishing it in the user's personal account with the help of an appropriate online payment system.

**Keywords:** fare payment system; transport system; preferential category; transport services; contactless card.

**Захаренко Володимир Олександрович** – канд. техн. наук, доц., доц. каф. інженерії програмного забезпечення, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

**Volodymyr Zakharenko** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Software engineering, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine, e-mail: v.zakharenko@khai.edu.