

УДК 629.113

## ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ ОБСТЕЖЕННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ НА МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ МАРШРУТАХ

Д.П. Рубан, доц., к.т.н., М.В. Підгорний, доц., к.т.н.,  
Черкаський державний технологічний університет,  
Г.Я. Рубан, викладач-методист,  
Черкаський державний бізнес-коледж

*Анотація.* Проведено аналіз сучасних електронних систем обстеження пасажиропотоків. Наведено їх переваги та недоліки. Доведено ефективність застосування сучасних методів автоматизованого обстеження пасажиропотоків міських автобусних маршрутів. Наведено критерії точності автоматизованих методів обстеження пасажиропотоків та рекомендації щодо їх обчислення.

*Ключові слова:* автобус, міські перевезення, пасажир, пасажиропотік, похибка вимірювання.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПАСАЖИРОПОТОКОВ НА ГОРОДСКИХ АВТОБУСНЫХ МАРШРУТАХ

Д.П. Рубан, доц., к.т.н., М.В. Подгорный, доц., к.т.н.,  
Черкасский государственный технологический университет, Г.Я. Рубан,  
преподаватель-методист, Черкасский государственный бизнес-колледж

*Аннотация.* Проведен анализ современных электронных систем обследования пассажиропотоков. Приведены их преимущества и недостатки. Доказана эффективность применения современных методов автоматизированного обследования пассажиропотоков городских автобусных маршрутов. Приведены критерии точности автоматизированных методов обследования пассажиропотоков и рекомендации относительно их вычисления.

*Ключевые слова:* автобус, городские перевозки, пассажир, пассажиропоток, погрешность измерения.

## APPLICATION OF ELECTRONIC CHECKING SYSTEMS OF THE AMOUNT OF PASSENGERS ON CITY BUS ROUTES

D. Ruban, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.), M. Pidhornyi, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),  
Tcherkasy State Technological University,  
H. Ruban, Teach-Meth., Tcherkasy State Business-College

*Abstract.* Analysis of modern electronic systems for inspection of passenger flows is conducted. Their advantages and failings are resulted. Efficiency of application of modern methods of automated inspection of passenger flows on city bus routes is well-proven. The criteria of exactness of automated methods of inspection of the amount of passengers and recommendations regarding their calculation are given.

*Key words:* bus, urban transportation, passenger, passenger flow, measuring error.

### Вступ

На сьогодні є актуальним питання оптимізації міських автобусних перевезень. При цьому

оптимізація проводиться на основі статистичних даних відстеження пасажиропотоків. Від достовірності отримання статистичних даних напряму залежить результат усієї роботи.

### Аналіз публікацій

Провівши аналіз статистичних даних за 1940–2015 рр. (рис. 1) [1, 2], видно, що пасажирооборот перевезення автобусами з 1940 року по 1990 рік (за часи СРСР) постійно зростає.

Кількість,  
млрд.  
пас.км

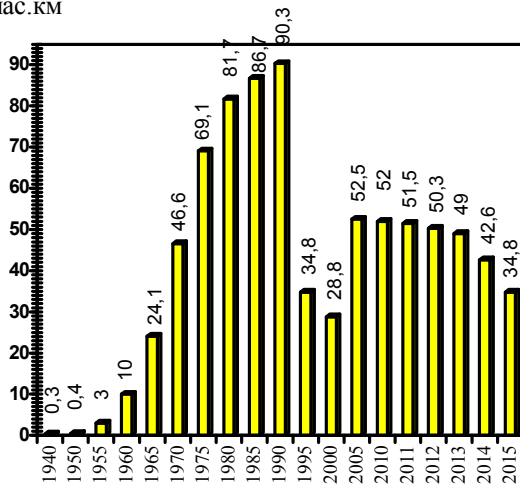


Рис. 1. Динаміка зміни пасажирообороту автобусами в Україні в 1940–2015 рр.

Однак в 1995 році, як свідчить статистика, відбувся різкий спад, у порівнянні з 1990 роком, у 3,1 рази. Далі відбулось невелике зростання пасажирообороту в 2005 році, потім – поступове зменшення. Це можна було б пояснити, наприклад, зниженням активності населення і сказати, що в 2013–2014 роках пасажирооборот відповідав пасажирообороту 70-х років минулого сторіччя.

Однак на сьогодні очевидно, що пасажирооборот не може бути меншим, ніж у 1990 році. Тому можна стверджувати, що за часів СРСР статистичні дані обстеження пасажиропотоків були достовірними, чого не можна сказати про достовірність статистичних даних у наш час.

Для обстеження пасажиропотоків існує декілька методів [3], які відповідно класифікують.

1. За тривалістю охоплюваного періоду: систематичні, разові.
2. За шириною охоплення: суцільні – в середньому 1 раз на 3 роки; вибіркові (за окремими районами руху) – 1 раз на квартал.

3. За видом:

- а) анкетний метод (методом заповнення заздалегідь розроблених спеціальних анкет опитування);
- б) звітно-статистичний метод;
- в) талонний метод (видача обліковцям спеціально заготовлених талонів різних кольорів);
- г) табличний метод (проводиться обліковцями в середині салону автобуса біля кожних дверей, методом заповнення наперед заготовлених таблиць);
- д) візуальний або окомірний метод (збір даних на маршрутах зі значним пасажиропотоком, проводиться візуально за бальною системою від 1 до 5 балів). Ним можуть користуватися водії або кондуктори;
- е) силуетний метод – різновид візуального (за п'ятибальною системою, методом набору силуетів за типами автобусів);
- ж) метод опитування – опитування обліковцем пасажирів у салоні автобуса; цей метод дозволяє визначити дані про кореспонденцію пасажирів.

4. Методи автоматизованого обстеження:

- а) безконтактний метод ґрунтується на використанні фотоелементів;
- б) контактний метод – базується на обліку пасажирів, що входять і виходять, за їх дією на контактні сходинок, пов'язані з дешифраторами.

### Мета і постановка завдання

Дані щодо кількості перевезених пасажирів у нашій країні отримують на основі звітно-статистичного методу. Цей метод ґрунтується на квитково-облікових листах і кількості проданих квитків. Однак пільгові категорії населення при цьому не враховуються, не виключені випадки безквиткового проїзду тощо. Методи автоматичного обстеження пасажиропотоків позбавлені таких недоліків. Тому автоматизовані безконтактні та контактні методи дозволяють значно підвищити достовірність статистичних даних.

### Автоматизовані методи обстеження пасажиропотоків та їх похибки

На сьогодні відкриті широкі можливості використання сучасних електронних систем. У роботах [4, 5] досить детально описані існуючі автоматизовані методи обстеження пасажиропотоків. До них відносять системи із застосуванням:

– контактних датчиків типу «сходінка», принцип яких базується на замиканні контактів пластини під гумовим настилом першої сходінки автобуса. Похибка такого обліку пасажиропотоку становить близько 7 %. Недоліком цього методу є необхідна умова: вхід тільки через одні двері, а вихід – через інші;

– датчиків-вимірювачів маси, котрі спрацювують, коли пасажир знаходиться на сидінні. Недоліком такої системи є велика похибка (до 30 %) та витримка умов: перевезення тільки пасажирів, що сидять;

– валідаторів, які зчитують інформацію контактним методом із магнітних карт, що дозволяє знімати оплату за проїзд та вести облік пасажирів, які заходять до автобуса. Однак кількість пасажирів, що виходять, не контролюється. Хоча за наявності тарифних зон можливий і облік пасажирів, що виходять. Такий облік може ефективно працювати за наявності у всіх пасажирів таких карт та відповідно обладнаних зчитувальними пристроями автобусів. Але одночасне виконання цих умов є практично неможливим;

– безконтактних інфрачервоних датчиків, робота яких базується на наявності сигналу переривання або відбиття різного виду променів – при проходженні пасажирів у тому чи іншому напрямку. Інфрачервоні датчики бувають: променеві, пасивні, активні двопробеневі (похибка – до 5 %), активні багатопробеневі, 3D-датчики (похибка – 3–5 %).

Одним із кращих варіантів обстеження пасажиропотоків є застосування 3D-датчиків, робота яких ґрунтується на технології активного інфрачервоного випромінювання у тривимірному форматі (тепловізор). Такі системи обліку досить ефективно застосовуються під час обстеження пасажиропотоків у м. Кременчук [5].

Також фахівці ВАТ «НДІАТ» [6] здійснюють обстеження пасажирських потоків на наземному пасажирському транспорті загального користування напівавтоматизованим і автоматизованим (з урахуванням датчиків обліку пасажирів) способом – залежно від типу транспортного засобу. Похибка отриманих результатів не перевищує 5 %. На основі результатів обстеження учені інституту розробляють проект оптимізації маршрутної мережі й дають обґрунтування тарифів на перевезення пасажирів і обсягів перевезень для договорів страхування відповідальності перевізника.

Як видно, всі електронні системи обстеження мають ту чи іншу похибку. Похибки оцінки кількості пасажирів мають велике значення для визначення ступеня наповнення автобусів. Для отримання повної інформації про наявні похибки автоматизованих методів обстеження пасажиропотоків необхідно врахувати наступні критерії оцінки автоматизованого підрахунку пасажирів:

– загальна сумарна похибка кількості пасажирів;

– похибка кількості пасажирів, що увійшли;

– похибка кількості пасажирів, що вийшли;

– дисбаланс кількості пасажирів, що увійшли і вийшли.

За результатами автоматизованого обстеження пасажиропотоків кількість пасажирів  $P$  визначається за формулою

$$P = \frac{\sum_{S=1}^S \sum_{D=1}^D P_{\text{ВХ}} + \sum_{S=1}^S \sum_{D=1}^D P_{\text{ВИХ}}}{2}, \quad (1)$$

де  $P_{\text{ВХ}}$  – кількість пасажирів, що увійшли на всіх зупинках, з урахуванням всіх дверей;  $P_{\text{ВИХ}}$  – кількість пасажирів, що вийшли на всіх зупинках, з урахуванням всіх дверей;  $S$  – кількість зупинок;  $D$  – кількість дверей автобуса.

Загальна сумарна похибка кількості пасажирів  $\Delta_{P\Sigma}$  визначається за формулою

$$\Delta_{P\Sigma} = \frac{\sum_{S=1}^S \sum_{D=1}^D P^A - \sum_{S=1}^S \sum_{D=1}^D P^P}{\sum_{S=1}^S \sum_{D=1}^D P^P}, \quad (2)$$

де  $P^A$  – загальна кількість пасажирів при автоматизованому підрахунку;  $P^P$  – загальна кількість пасажирів при ручному підрахунку. Похибка кількості пасажирів, що вийшли  $\Delta_{P_{\text{ВИХ}}}$ , визначається за формулою

$$\Delta_{P_{\text{ВИХ}}} = \frac{\sum_{S=1}^S \sum_{D=1}^D P_{\text{ВИХ}}^A - \sum_{S=1}^S \sum_{D=1}^D P_{\text{ВИХ}}^P}{\sum_{S=1}^S \sum_{D=1}^D P_{\text{ВИХ}}^P}, \quad (3)$$

де  $P_{\text{ВИХ}}^A$  – кількість пасажирів, що вийшли, при автоматизованому підрахунку;  $P_{\text{ВИХ}}^P$  –

кількість пасажирів, що вийшли, при ручному підрахунку.

Похибка кількості пасажирів, що увійшли  $\Delta_{P_{BX}}$ , визначається за формулою

$$\Delta_{P_{BX}} = \frac{\sum_{S=1}^S \sum_{D=1}^D P_{BX}^A - \sum_{S=1}^S \sum_{D=1}^D P_{BX}^P}{\sum_{S=1}^S \sum_{D=1}^D P_{BX}^P}. \quad (4)$$

Дисбаланс кількості пасажирів, що увійшли і вийшли,  $DIS_{P_{BX-ВИХ}}$  визначається за формулою

$$DIS_{P_{BX-ВИХ}} = \frac{\sum_{S=1}^S \left| \sum_{D=1}^D (P_{BX}^A - P_{BX}^P) \right|}{\sum_{S=1}^S \sum_{D=1}^D (P_{BX}^P + P_{ВИХ}^P)} + \frac{\sum_{S=1}^S \left| \sum_{D=1}^D (P_{ВИХ}^A - P_{ВИХ}^P) \right|}{\sum_{S=1}^S \sum_{D=1}^D (P_{BX}^P + P_{ВИХ}^P)}, \quad (5)$$

де  $P_{BX}^A$  – кількість пасажирів, що увійшли, при автоматизованому підрахунку;  $P_{BX}^P$  – кількість пасажирів, що увійшли, при ручному підрахунку.

### Висновки

У результаті проведеної роботи встановлено: – застосування електронних автоматизованих систем обстеження пасажиропотоків на міських автобусних маршрутах дозволяє підвищити достовірність результатів та зменшити затрати часу, в порівнянні з ручними методами;

– електронні автоматизовані системи обліку завжди мають похибку, приблизне значення якої вказується виробниками, однак для кон-

кретизації похибок необхідно проводити їх розрахунок;

– для визначення похибок поряд з автоматизованим потрібно виконувати ручне обстеження пасажирських потоків табличним методом, здійснивши повний добовий цикл роботи на максимально завантаженому маршруті.

### Література

1. Статистичний щорічник України за 2014 рік: ред. І.М. Жук. – К.: Державна служба статистики України, 2015. – 586 с.
2. Статистичний бюлетень за 2015 рік: [відповід. за випуск О. А. Вишневська]. – К.: Державна служба статистики України, 2016. – 101 с.
3. Липенков А.В. О проведении обследования городских автобусных маршрутов с целью их последующего моделирования / А.В. Елисеев, А.В. Липенков, О.А. Маслова // Автотранспортное предприятие. – 2012. – №1. – С. 42–44.
4. Лебедева О. А. Совершенствование методов мониторинга пассажиропотоков на маршрутах городского пассажирского транспорта общего пользования: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / О.А. Лебедева, 2014. – 171 с.
5. Бойко Ю. О. Впровадження систем відеопостереження для обліку пасажирів на міських маршрутах / Ю.О. Бойко // Вісник НТУ «ХПІ»: наук.-виробн. зб. наук. пр. – 2015. – № 22(1131). – С. 46–49.
6. Проведение обследований пассажирских потоков на основе средств автоматизации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://niiat.ru/service/%D0%BEbsledovanie-passazhiropotokov/>.

Рецензент: П.Ф. Горбачов, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 25 квітня 2016 р.