

МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАРШРУТУ ПАСАЖИРСЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ З УРАХУВАННЯМ КРИТЕРІЇВ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ ТА КАРАНТИННИХ ОБМЕЖЕНЬ

Сокульський О.Є., кандидат технічних наук, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна, mortimer@ukr.net, orcid.org/0000-0003-3853-9928

Гілевська К.Ю., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, katerinagui@ukr.net, orcid.org/0000-0003-0076-0942

Васильцова Н.М., Національний транспортний університет, Київ, Україна, pilipenko_natali@ukr.net, orcid.org/0000-0002-9897-5310

MODELING OF ROUTE FUNCTIONING OF THE PASSENGER TRANSPORT SYSTEM TAKING INTO ACCOUNT THE QUALITY CRITERIAS OF PASSENGER SERVICES AND QUARANTINE RESTRICTIONS

Sokulskyi O.E., Ph.D. National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» Kyiv, Ukraine, mortimer@ukr.net, orcid.org/0000-0003-3853-9928

Hilevska K.Y., PhD, National Transport University, Kyiv, katerinagui@ukr.net, orcid.org/0000-0003-0076-0942

Vasiltsova N.M., National Transport University, Kyiv, pilipenko_natali@ukr.net, orcid.org/0000-0002-9897-5310

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАРШРУТА ПАСАЖИРСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАСАЖИРОВ И КАРАНТИННЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ

Сокульский А.Е., кандидат технических наук, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, Украина, mortimer@ukr.net, orcid.org/0000-0003-3853-9928

Гилевская Е.Ю., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, katerinagui@ukr.net, orcid.org/0000-0003-0076-0942

Васильцова Н.М., Национальный транспортный университет, Киев, Украина, pilipenko_natali@ukr.net, orcid.org/0000-0002-9897-5310

Постановка проблеми. Функціонування міської пасажирської транспортної системи в умовах пандемії COVID-19 вимагає її перегляду і підпорядкування діючим нормам безпеки, що дозволить сформувати конкурентоздатну транспортну систему та ефективну інфраструктуру, науково обґрунтувати побудову розкладів та розрахунок тарифу за проїзд. При цьому запропоновано параметри показників якості обслуговування пасажирів на рейсах пасажирських маршрутів визначати за допомогою програмних засобів дискретно-подійного імітаційного моделювання, де запропонована імітаційна модель системи «пасажир – зупинка – пасажирський транспортний засіб» розглядається з точки зору теорії систем масового обслуговування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженню теоретичних та практичних питань функціонування міської пасажирської транспортної системи присвячені праці багатьох науковців, серед них роботи: Доля В. К [1], Горбачова П.Ф. [2], Базиліук А.В. [3], Крейсман Е.А. [4] та інших.

Мета статті. Метою статті є вивчення особливостей функціонування міської пасажирської транспортної системи в умовах карантинних обмежень для підвищення ефективності функціонування транспортного комплексу країни.

Виклад основного матеріалу. Міський, приміський та міжміський пасажирський транспорт різних видів – опора світової економіки. Він сприяє процвітанню багатьох галузей, в тому числі

туризму, без нього неможливо уявити ні ділові, ні розважальні поїздки[1]. Однак, зважаючи на заходи стримування поширення COVID-19 мільйони людей під час жорстких карантинних обмежень змушені були залишатися вдома, в зв'язку з чим пасажирські перевезення були фактично приречені на часткове припинення своєї діяльності. Під час зазначених заходів здійснювалися перевезення лише осіб певних категорій за перепустками, зокрема обслуговуючого персоналу магазинів, фармацевтів, лікарів, працівників поліції.

В результаті введення суворих заходів, покликаних зупинити швидке поширення COVID-19, пасажирські перевезення, що забезпечуються тисячами транспортних підприємств різних видів та форм власності, відразу або із незначним запізненням були майже повністю зупинені. Поряд з обмеженням роботи міського транспорту деякі компанії повідомляють про суттєве скорочення міжміських перевезень на 90% і туристичних – на всі 100%.

Також не можна не відзначити різке падіння попиту на таксомоторні перевезення, яке спостерігається в усьому світі. У зв'язку із забороною на проведення масових заходів і закриттям підприємств громадського харчування, як і магазинів, які не торгують товарами першої необхідності, купівельний попит майже повністю зник. Деякі оператори таксомоторних перевезень спостерігають 80%-ве скорочення доходів, а лівова частка діяльності припинена в результаті введення по всьому світу обмежень на перевезення. Намагаючись пристосуватися до нових реалій багато операторів таксі виявляють винахідливість і йдуть на крайні заходи. Деякі таксомоторні компанії знижують ціни на кур'єрські послуги, що дозволяє в нинішніх складних умовах скористатися основними послугами якомога більшої кількості людей.

І хоча великі підприємства галузі пасажирських перевезень зберігають свою конкурентоспроможність, малі та середні підприємства (МСП), на частку яких припадає більшість таких компаній, зіткнувшись з серйозною нестачею фінансових надходжень, виявилися на межі банкрутства. У зв'язку із забороною та обмеженням використання громадського транспорту та міжнародних перевезень на теренах Європи, транспортні підприємства відзначають падіння виручки, яке сягає від 50% до близько 80%. Європейські підприємства пасажирського транспорту припускають, що їх втрати в 2020 р. досягнуть позначки у 81 млрд євро або 57% річної виручки. Найбільше постраждали туристичні (-82%) та міжміські (-70%), за ними слідує таксомоторні (-60%) та міські автобусні (-42%) перевезення. Серед країн Європи більше усіх втратили Болгарія (-92%), Іспанія (-70%), Швеція (-80%) та Великобританія (-73%)[5].

Останні дослідження в країнах Європи щодо ризику поширення корона вірусу під час користування громадським транспортом при дотриманні встановлених вимог використання маски, рукавичок, спеціальних окулярів та при зменшенні зайвих розмов(мовчки) підтверджують його безпеку на противагу спортзалам, пабам, концертним залам. Зокрема, Французькі вчені, дослідивши у Парижі 150 кластерів корона вірусної інфекції, виявленої від 9 травня до 03 червня, встановили, що вони не мали стосунку до систем громадського транспорту. Аналогічного висновку дійшли дослідники в таких країнах, як Австрія, Італія, Японія та інших.

Тому для того щоб подбати про виживання пасажирського транспорту під час пандемії COVID-19, необхідно негайно надати йому фінансову допомогу. Оголошена Європейською комісією програма державної допомоги – важливий перший крок, однак цей приклад повинні наслідувати і держави – не члени ЄС, виділивши кошти на національному рівні і надавши в прискореному порядку і без бюрократичних складнощів допомогу тим малим та середнім підприємствам галузі автомобільного транспорту, які найбільш їх потребують.

Пасажирський транспорт продовжує надавати всебічну підтримку національним, регіональним і міжнародним заходам по боротьбі з COVID-19, проте багато хто стурбований ризиками, з якими пов'язано задоволення основних потреб населення в послугах транспорту. У зв'язку з цим повинні бути невідкладно прийняті узгоджені і гармонізовані підходи до охорони здоров'я водіїв та пасажирів.

У майбутньому, коли світ позбудеться загрози COVID-19, пасажирський транспорт буде грати головну роль в задоволенні потреб населення в перевезеннях в період відновлення економіки. Пасажирський транспорт являє собою сферу громадського транспорту, тому його виживання і подальше відновлення повинні стати нашими головними пріоритетами.

Також Єврокомісія представила пакет рекомендацій по відновленню туризму і транспортного сполучення після пандемії. Відповідний документ визначає межі для ослаблення обмежень

пересування в межах ЄС, щоб забезпечити скоординований підхід країн-членів, з дотриманням загальних критеріїв і принципів.

Обмеження на поїздки рекомендують послаблювати в три етапи, по мірі того, як буде поліпшуватися епідемічна ситуація.

Основний оголошений пріоритет – безпека для здоров'я громадян. Під час поступового відновлення роботи транспорту рекомендуються такі заходи:

- заохочувати людей купувати квитки і здійснювати реєстрацію на рейс онлайн, щоб мінімізувати скупчення людей в аеропортах;
- зменшити кількість пасажирів, перевезених за один рейс (в автобусах, поїздах, на пароплавах), щоб забезпечити дистанцію, якщо вони не є членами однієї сім'ї;
- масковий режим і інші додаткові заходи безпеки в тих випадках, коли важко забезпечити дистанцію; засоби захисту для персоналу транспорту;
- встановлення захисних бар'єрів між водієм і салоном автобуса, посадка пасажирів через задні двері;
- забезпечити автоматичне відкриття дверей на зупинках транспорту, щоб людям не потрібно було доторкатися до ручок / кнопок;
- розміщення антисептиків в салонах транспорту та на станціях;
- регулярна дезінфекція пасажирського транспорту і поліпшена вентиляція;
- заборонити продаж продуктів харчування та інших товарів під час поїздки, щоб зменшити контакти людей один з одним;
- розробити алгоритм реагування на випадок, якщо пасажир під час поїздки стає зле або у нього виявляються симптоми, характерні для коронавірусу.

Суттєвими факторами, які будуть впливати на якість обслуговування пасажирів (наповненість салону пасажирських транспортних засобів (ТЗ) та час чекання пасажиром на зупинці) будуть:

1. Обсяги пасажиропотоків, що зміняться під впливом дії карантинних заходів, та після їх скасування внаслідок того, що різні фокусні групи населення будуть відновлювати свою транспортну рухливість неоднаково.

2. Дозволена наповнюваність салону транспортного засобу згідно із визначеними правилами надання транспортних послуг прийнятих законодавчо у країні.

3. Внаслідок пп. 1,2 перевізник буде змушений корегувати інтервал руху транспортних засобів на маршрутах, що призведе до зміни часу чекання пасажирів на зупинці, або змінювати такий нормативний показник якості обслуговування пасажирів, як середній час чекання пасажиром ТЗ на зупинці.

В Україні під час здійснення пасажирських перевезень та поступового послаблення карантинних обмежень необхідно дотримуватися правил, які зазначені в постанові Головного державного санітарного лікаря України від 21.05.2020 №23 «Про затвердження Тимчасових рекомендацій щодо організації протиепідемічних заходів при наданні послуг з перевезення пасажирів на період карантину в зв'язку з поширенням коронавірусної хвороби (COVID-19)» [5]. Всі перевезення пасажирів громадським міським, приміським, міжміським транспортом (окрім метрополітену) та на міжобласних і міжнародних маршрутах повинно здійснюватися з урахуванням цих рекомендацій, спрямованих на запобігання ускладнення епідемічної ситуації внаслідок поширення коронавірусної хвороби (COVID-19).

Вона містить наступні основні положення які безпосередньо впливають на наповнюваність салону пасажирського ТЗ:

1. При здійсненні перевезення пасажирів повинна бути забезпечена можливість дотримання відстані між водієм та пасажиром не менше 1 метра або наявність фізичних бар'єрів (кабіна водія ізолювана від салону, прозора пластикова перегородка між водієм та пасажиром тощо). Всі члени екіпажу повинні знаходитись в респіраторі (без клапану) або медичних масках.

2. Перевезення пасажирів здійснюється в межах кількості місць для сидіння, передбачених технічною характеристикою пасажирського ТЗ або визначеної в реєстраційних документах на ТЗ, якщо інше не встановлено правилами карантину.

3. У разі здійснення перевезення з/до регіону, в якому не застосовується послаблення протиепідемічних заходів, дозволяється перевезення в межах 50 відсотків кількості місць для

сидіння, передбаченої технічною характеристикою ТЗ або визначеної в реєстраційних документах на цей транспортний засіб, за умови розсадки пасажирів з вільним місцем поруч, спереду, позаду.

Головні вимоги на час перебування в метро — наявність захисної маски або респіратора, рукавичок і дотримання безпечної дистанції 1,5 м (≈ 7 кв.м.). Для цього на підлозі більшості станцій нанесли допоміжну розмітку.

Для визначення параметрів функціонування міської пасажирської транспортної системи (МПТС) використовуються програмні засоби імітаційного моделювання. Типові етапи дослідження системи шляхом імітаційного моделювання[6]:

1. Формулювання проблеми, змістовна постановка задачі, планування дослідження системи.
2. Розробка концептуальної моделі.
3. Створення програмної реалізації моделі.
4. Перевірка адекватності моделі.
5. Організація і планування проведення експериментів.
6. Аналіз результатів моделювання і прийняття рішень.
7. Оформлення результатів дослідження.

В якості концептуальної моделі дослідження функціонування рейсу маршруту МПТС пропонується використовувати математичний апарат систем масового обслуговування (СМО) [7,8], в якому пасажирів описують транзактами, зупинки – чергами, пасажирські ТЗ – багатоканальними пристроями обслуговування з кількістю каналів, що дорівнює паспортній пасажиромісткості рухомих транспортних одиниць (автобусів, тролейбусів, трамваїв, річкових трамваїв, складів метро або міської електрички). Ступінь деталізації опису предметної області можна прийняти в наступному масштабі: один пасажир – один транзакт, одна зупинка – одна черга, один ТЗ – один багатоканальне пристрій обслуговування. В такому випадку, основні параметри, які нам потрібно знайти, що безпосередньо впливають на якість обслуговування пасажирів, в термінах СМО: коефіцієнт наповнення салону пасажирського ТЗ – коефіцієнт використання багатоканального пристрою, середній час очікування пасажиром ТЗ на зупинці маршруту – середній час перебування транзакта в черзі, середня кількість пасажирів на зупинках – середня кількість транзактів в черзі [9].

У загальному випадку СМО, що описує рейс маршруту пасажирської транспортної системи, в записі Кендалла-Лі-Таха [13] можна спрощено представити таким чином (1):

$$GI / G / nxc: FIFO / \infty / \infty \quad (1)$$

де: перша позиція (GI) – розподіл довільного виду моментів надходження в систему заявок на обслуговування (або інтервалів часу між двома послідовними надходженнями вимог); друга позиція (G) – розподіл довільного виду вилучення з СМО обслугованих заявок (або тривалості їх обслуговування); третя позиція (nxc) – кількість пристроїв обслуговування (n) і паралельних каналів обслуговування в кожному пристрої (c); четверта позиція – дисципліна обслуговування черги «першим прийшов – першим обслужився» (FirstInput – FirstOutput, FIFO); п'ята позиція (∞ – нескінченність) – максимальна кількість вимог в системі (кількість вимог в черзі + кількість вимог на обслуговуванні); шоста позиція (∞ – нескінченність) – потужність джерела вимог.

Вихідними даними для імітаційної моделі функціонування маршруту є величини пасажиропотоків (функції розподілу часу між послідовними приходами пасажирів на зупинці) і маршрутних кореспонденцій (ймовірності або коефіцієнти виходу пасажирів на певній зупинці) на зупинках маршруту. Їх визначення вимагає значних витрат часу на збір інформації та її подальший статистичний аналіз, за результатами якого визначають розподіл ймовірностей, регресивні, кореляційні та інші залежності. Автоматизувати збір даних про кількість пасажирів в салоні ТЗ можна за допомогою сучасних технологій інтернету речей [11].

Особливістю прибуття пасажирів на зупинки і виходу на них є те, що вимоги можуть надходити групами, тому їх необхідно розглядати як процес, який описується двома розподілами: перший – для опису часу надходження груп; другий – для опису кількості транзактів в групах [12].

Іншими вихідними параметрами моделі є маршрутна швидкість пасажирського ТЗ, його тип, а значить його паспортна пасажиромісткість і рівень шкідливих викидів в атмосферу (для автомобільного транспорту), кількість зупинок, відстань між ними, час перебування на них пасажирського ТЗ для висадки та посадки пасажирів.

Далі виконується вибір програмного засобу імітаційного моделювання (мови програмування або програмного пакета), за допомогою якого буде реалізована модель, розробляється структурна схема моделі і складається опис її функціонування, здійснюється програмна реалізація моделі.

Вибір засобу програмування для реалізації моделі здійснюється між мовами програмування (мають меншу вартість і малий час виконання моделі) і спеціалізованими пакетами (забезпечують зменшення тривалості моделювання). З огляду на той факт, що рейс маршруту пасажирської транспортної системи є СМО, в якій відображається розвиток системи в часі і її стану змінюються миттєво, найбільш прийнятним програмним засобом для реалізації імітаційної моделі маршруту є дискретно-подійні мови моделювання (наприклад, GPSS [13] або AnyLogic [14]).

Важливе питання на яке повинен відповісти дослідник полягає в перевірці адекватності моделі. Модель може бути достовірною, але не бути адекватною, тобто не відображати реальну систему по фізичним, економічним або соціальним складовим. Якщо це так, то вона не може бути використана для прийняття рішень. Інакше, модель адекватна і її можна використовувати в процесі прийняття рішень по відношенню до системи, що моделюється. Зрозуміло, що будь-яка модель лише в деякій мірі може відповідати оригіналу, тому не існує абсолютно адекватних моделей. Повна адекватність призведе до створення точної копії досліджуваної моделі, що недоцільно із економічної точки зору.

Кожен з вищенаведених етапів повинен завершуватися перевіркою достовірності розробленої моделі. Перевірка, як правило, включає два аспекти:

- 1) валідація – підтвердження, на основі наданих об'єктивних доказів, того, що вимоги, призначені для конкретного використання або застосування, виконані [15,16];
- 2) верифікація – підтвердження, на основі наданням об'єктивних доказів, того, що встановлені вимоги виконані [15-17].

Після перевірки адекватності моделі проводяться заходи по організації і проведенню експериментів, що включає тестові прогони моделі на основі контрольних даних, проведення аналізу чутливості для визначення значущих (їх слід моделювати дуже точно) і незначущих факторів, виконання робочих прогонів. З практичної точки зору представляється важливим визначити вплив ймовірностей розподілу пасажиропотоків і затримок руху пасажирського ТЗ на досліджувані параметри.

Законодавча вимога Головного державного санітарного лікаря України [5]. про здійснення перевезення пасажирів в межах кількості місць для сидіння, передбачених технічною характеристикою транспортного засобу або визначеної в реєстраційних документах на ТЗ, призведе до зменшення їх максимальної кількості в салоні порівняно із загальною паспортною пасажиромісткістю для автобусів:

- середнього класу: Богдан / Атаман А092Н2 та Н4 майже в 2,9 разів, ЗАЗ А10С30 / i-van в 2,5 разів;
- великого класу: ЛАЗ-А183D1(CityLAZ 12 LF) від 3,2 до 4,2 разів, МАЗ-103.065 в 3,9 разів, МАЗ-203.065 в 4 рази, МАЗ-103.076 в 4,6 разів;
- особливо великого класу: МАЗ-107.467 в 5,6 разів.

Усі перераховані марки пасажирських автомобільних транспортних засобів використовуються комунальним та приватними перевізниками на маршрутах МПТС в м. Київ (Україна) [18].

Для вагонів метрополітену вимога безпечної дистанції в 1,5 м знижує дозволену пасажиромісткість приблизно в 45 разів (з 308 – 330 до 7 пасажирів) в одному вагоні типу 81-717/714, який є найбільш розповсюдженим у київському метро.

Діючі карантинні вимоги суттєво зменшують максимальну наповненість салонів пасажирських ТЗ, що в сукупності із зміненими пасажиропотоками призводить до перегляду розкладу руху або параметрів показників якості обслуговування пасажирів в умовах пандемії COVID-19. Приклад розрахунку інтервалу руху пасажирських автотранспортних засобів на рейсі автобусного маршруту в м. Київ (Україна) із урахуванням якості обслуговування пасажирів та техногенного впливу на навколишнє середовище для звичайних (не карантинних) умов наведений в [19].

Висновки. Для врахування умов карантинних обмежень по наповнюваності салону пасажирського ТЗ необхідно в вищезгаданій імітаційній моделі врахувати обмеження по максимальній кількості пасажирів. Виконуючи серію прогонів імітаційної моделі визначають такий інтервал руху

між рейсами на маршруті МПТС, при якому виконуються показники якості обслуговування пасажирів, і, відповідно, не має порушень прав громадян при отриманні транспортної послуги.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Доля В. К. Пасажирські перевезення: підручник / В. К. Доля. – Харків : Вид-во «Форт», 2011. – 504 с.
2. Базилюк А.В. Ключові аспекти управління якістю пасажирських перевезень / А.В. Базилюк, І.О. Хоменко // Вісник Національного транспортного університету: в 2-х частинах: Ч.1. – К.: НТУ. – 2008. – Вип. 17. – С. 161–166.
3. Горбачов П.Ф. Сучасні наукові підходи до організації роботи маршрутного пасажирського транспорту в містах : монографія / П.Ф. Горбачов. – Х. : ХНАДУ, 2009. – 196 с.
4. Крейсман Е.А. Удосконалення методики організації автобусних перевезень в транспортній системі міст: Автореф. дис. канд. техн. наук.-Київ 2002. – 18с.
5. COVID-19 Impacts on the Road Transport Industry- Executive summary. IRU. 29/06/2020.
6. Томашевський, В.М. Моделювання систем: підруч. для студ. вищ. навч. закл., які навч. за напрямками «Комп'ютерні науки», «Комп'ютеризовані системи, автоматика і управління», «Комп'ютерна інженерія», «Прикладна математика» / В.М. Томашевський. – К.: Видавнича група BHV, 2007. – 349 с.
7. Kleinrock L. Queueing Systems – Vol. 1: Theory. WILEY INDIA; (2013). ISBN-10: 8126546034. ISBN-13: 978-8126546039.
8. Kleinrock L. Queueing Systems – Vol. 2: Computer Applications. WILEY INDIA; (2014). ISBN-10: 9788126546381. ISBN-13: 978-8126546381.
9. Oleg E. Sokulskiy, Ekaterina Yu. Hilevska, Natalya N. Vasilzova, Dmitriy L. Panchenko. Simulation Technology of the Route of the City Passenger Transport System with Considering Service Quality and Technogenous Impact on Environment // Journal of Automation and Information Sciences, Volume 49, 2017 Issue 7, pp. 77-81, DOI: 10.1615/JAutomatInfScien.v49.i7.60.
10. Taha, Hamdy A. Operations research: an introduction. Pearson Prentice Hall, 2007. ISBN 0-13-188923-0.
11. O. Sokulskiy, K. Hilevska, V. Chumakevych, V. Ptashnyk, A. Tryhuba and A. Sachenko, «The Internet of Things Solutions in the Investigation of Urban Passenger Traffic and Passenger Service Quality,» 2020 IEEE European Technology and Engineering Management Summit (E-TEMS), Dortmund, Germany, 2020, pp. 1-5, DOI: 10.1109/E-TEMS46250.2020.9111658.
12. Averill M. Law, W. David Kelton. Simulation Modelling and Analysis. McGraw-Hill Education; 3rd edition (March 31, 2000). ISBN-10: 0071165371. ISBN-13: 978-0071165372.
13. Schriber, Thomas (1974). Simulation using GPSS. Wiley. ISBN 9780471763109.
14. Andrei Borshchev. The Big Book of Simulation Modeling. Multimethod Modeling with AnyLogic 6. AnyLogic North America (November 6, 2013). ASIN: B0108EJN4.
15. ISO/IEC 15288:2015 Systems and software engineering — System life cycle processes.
16. ISO/IEC 25000:2014 Software Engineering –Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Guideto SQuaRE.
17. ISO/IEC 12207:2017 Systems and software engineering – Software lifecycle processes.
18. https://kyivcity.gov.ua/kyiv_ta_miska_vlada/struktura_150/vikonavchiy_organ_kivsko_misko_radi_kivska_miska_derzhavna_administratsiya/departamenti_ta_upravlinnya/departament_transportnoi_infrastruktury/
19. Oleg E. Sokulskiy, Ekaterina Yu. Hilevska, Natalya N. Vasilzova, Dmitriy L. Panchenko. Solving the Problem of the Route Modeling of the Urban Passenger Transport System with Considering Quality of Passenger Service and Technological Impact on Environment // Journal of Automation and Information Sciences, Volume 49, 2017 Issue 12, pp. 45-56, DOI: 10.1615/JAutomatInfScien.v49.i12.50.

REFERENCES

1. Dolia V. K. (2011). Pasazhyrski perevezennia: pidruchnyk [Passengers transportations]. Kharkiv: Vyd-vo «Fort», [in Ukrainian].

2. Bazyliuk A.V. Khomenko A.V. (2008) Kliuchovi aspekty upravlinnia yakistiu pasazhyrskykh perevezen [Key aspects of passenger traffic quality management]. Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu: v 2–kh chastynakh: Ch.1. – K.: NTU. – Vyp. 17. – P. 161–166. [in Ukrainian].
3. Horbachov P.F. (2009). Suchasni naukovi pidkhody do orhanizatsii roboty marshrutnoho pasazhyrskoho transportu v mistakh [Modern scientific approaches to the organization of scheduled passenger transport in cities] Kh. : KhNADU [in Ukrainian].
4. Kreisman E.A. Udoskonalennia metodyky orhanizatsii avtobusnykh perevezen v transportnii systemi mist: Avtoref.dys. kand. tekhn.nauk [Improving the methodology of bus transportation organisation in cities transport system] Kyiv, 2002.18 p.
5. COVID-19 Impacts on the Road Transport Industry- Executive summary. IRU. 29/06/2020.
6. Tomashevskiy V.M. (2007) Modeliuvannia system: pidruch. dlia stud. vyshch. navch. zakl., yaki navch. za napriamamy «Kompiuterni nauky», «Kompiuteryzovani systemy, avtomatyka i upravlinnia», «Kompiuterna inzheneriia», «Prykladna matematika» [Systems modeling] Kiev.Vydavnycha hrupa BHV, 349 p.
7. Kleinrock L. Queueing Systems – Vol. 1: Theory. WILEY INDIA; (2013). ISBN-10: 8126546034. ISBN-13: 978-8126546039.
8. Kleinrock L. Queueing Systems – Vol. 2: Computer Applications. WILEY INDIA; (2014). ISBN-10: 9788126546381. ISBN-13: 978-8126546381.
9. Oleg E. Sokulskiy, EkaterinaYu. Hilevska, Natalya N. Vasiltzova, Dmitriy L. Panchenko. SimulationTechnologyoftheRouteoftheCityPassengerTransportSystemwithConsideringServiceQualityandTechnogenousImpactonEnvironment // Journal of Automation and Information Sciences, Volume 49, 2017 Issue 7, pp. 77-81, DOI: 10.1615/JAutomatInfScien.v49.i7.60.
10. Taha, Hamdy A. Operations research: an introduction. Pearson Prentice Hall, 2007. ISBN 0-13-188923-0.
11. O. Sokulskiy, K. Hilevska, V. Chumakevych, V. Ptashnyk, A. Tryhuba and A. Sachenko, «The Internet of Things Solutions in the Investigation of Urban Passenger Traffic and Passenger Service Quality,» 2020 IEEE European Technology and Engineering Management Summit (E-TEMS), Dortmund, Germany, 2020, pp. 1-5, DOI: 10.1109/E-TEMS46250.2020.9111658.
12. Averill M. Law, W. David Kelton. Simulation Modelling and Analysis. McGraw-Hill Education; 3rd edition (March 31, 2000). ISBN-10: 0071165371. ISBN-13: 978-0071165372.
13. Schriber, Thomas (1974). Simulation using GPSS. Wiley. ISBN 9780471763109.
14. Andrei Borshchev. The Big Book of Simulation Modeling. Multimethod Modeling with AnyLogic 6. AnyLogic North America (November 6, 2013). ASIN: B0108EBJN4.
15. ISO/IEC 15288:2015 Systems and software engineering — System life cycle processes.
16. ISO/IEC 25000:2014 Software Engineering –Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Guide to SQuaRE.
17. ISO/IEC 12207:2017 Systems and software engineering – Software lifecycle processes.
18. https://kyivcity.gov.ua/kyiv_ta_miska_vlada/struktura_150/vikonavchiy_organ_kivsko_misko_radi_kivska_miska_derzhavna_administratsiya/departamenti_ta_upravlinnya/departament_transportnoi_infrastruktury/
19. Oleg E. Sokulskiy, EkaterinaYu. Hilevska, Natalya N. Vasiltzova, Dmitriy L. Panchenko. Solving the Problem of the Route Modeling of the Urban Passenger Transport System with Considering Quality of Passenger Service and Technological Impact on Environment // Journal of Automation and Information Sciences, Volume 49, 2017 Issue 12, pp. 45-56, DOI: 10.1615/JAutomatInfScien.v49.i12.50.

РЕФЕРАТ

Сокульський О.Є. Моделювання функціонування маршруту пасажирської транспортної системи з урахуванням критеріїв якості обслуговування пасажирів та карантинних обмежень / О.Є. Сокульський, К.Ю. Гілевська, Н.М. Васільцова // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2021. – Вип. 1 (48).

В даній статті розглядається питання аналізу функціонування міської пасажирської транспортної системи в умовах пандемії COVID-19. Параметри показників якості обслуговування пасажирів на рейсах пасажирських маршрутів визначаються за допомогою програмних засобів дискретно-подійного імітаційного моделювання. Запропонована імітаційна модель системи «пасажир

– зупинка – пасажирський транспортний засіб» розглядається з точки зору теорії систем масового обслуговування.

Об'єкт дослідження – аспекти функціонування міської пасажирської транспортної системи в умовах пандемії.

Мета роботи – дослідити вимоги до організації та функціонування міської пасажирської транспортної системи в умовах пандемії для підвищення ефективності функціонування транспортного комплексу країни.

Метод дослідження – дослідження та аналіз функціонування міської пасажирської транспортної системи за різних умов.

Функціонування міської пасажирської транспортної системи в умовах пандемії COVID-19 вимагає її перегляду і підпорядкування діючим нормам безпеки, що дозволить сформувати конкурентоздатну транспортну систему та ефективну інфраструктуру, науково обґрунтувати побудову розкладів та розрахунок тарифу за проїзд. При цьому запропоновано параметри показників якості обслуговування пасажирів на рейсах пасажирських маршрутів визначати за допомогою програмних засобів дискретно-подійного імітаційного моделювання, де запропонована імітаційна модель системи «пасажир – зупинка – пасажирський транспортний засіб» розглядається з точки зору теорії систем масового обслуговування.

Для врахування умов карантинних обмежень по наповнюваності салону пасажирського ТЗ необхідно в імітаційні моделі врахувати обмеження по максимальній кількості пасажирів. Виконуючи серію прогонів імітаційної моделі визначають такий інтервал руху між рейсами на маршруті МПТС, при якому виконуються показники якості обслуговування пасажирів, і, відповідно, не має порушень прав громадян при отриманні транспортної послуги.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПАСАЖИРОПОТІК, МАРШРУТ, РЕЙС, ПАСАЖИРСЬКИЙ ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, ПАСАЖИРСЬКА ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА, ЯКІСТЬ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ, КАРАНТИН, СИСТЕМА МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ, ДИСКРЕТНО-ПОДІЙНЕ ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

ABSTRACT

Sokulskyi O.E., Hilevska K.Y., Vasiltsova N.M. Modeling of route functioning of the passenger transport system taking into account the quality criterias of passenger services and quarantine restrictions Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2021. – Issue 1 (48).

This article examines the analysis of the functioning of the urban passenger transport system in the context of the COVID-19 pandemic. Parameters of indicators of passengers' quality of services on routes flights are defined by means of software of discrete-event simulation modeling. The proposed simulation model of the system «passenger – stop – passenger vehicle» is considered in terms of the theory of queuing systems.

The object of study – aspects of the functioning of the urban passenger transport system in pandemic conditions.

The purpose of the work is to investigate the requirements for the organization and functioning of the urban passenger transport system in pandemic conditions to increase the efficiency of the transport complex of the country.

The research method – research and analysis of the urban passenger transport system functioning in different conditions.

The operation of the urban passenger transport system in the context of the COVID-19 pandemic requires its revision and compliance with current safety standards, which will create a competitive transport system and efficient infrastructure, scientifically justify the construction of schedules and calculation of fares. It is proposed to determine the parameters of passenger service quality on flights of passenger routes using software discrete-event simulation, where the proposed simulation model of the system «passenger – stop – passenger vehicle» is considered in terms of the theory of queuing systems.

To take into account the conditions of quarantine restrictions on the occupancy of the passenger vehicle, it is necessary to take into account the restrictions on the maximum number of passengers in the simulation models. Performing a series of runs of the simulation model determine the interval between flights on the route of urban passenger transport system, which meets the quality of passenger service, and, accordingly, does not violate the rights of citizens while receiving transport services.

KEYWORDS: RIDERSHIP, ROUTES, FLIGHT, PASSENGER VEHICLE, PASSENGER TRANSPORT SYSTEM, QUALITY OF PASSENGER SERVICE, QUARANTINE, QUEUING SYSTEM, EVENT DISCRETE SIMULATION.

РЕФЕРАТ

Сокульский А.Е. Моделирование функционирования маршрута пассажирской транспортной системы с учетом критериев качества обслуживания пассажиров и карантина / Е.Е. Сокульский, К.Ю. Гилевский, Н.М. Васильцова // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2021. – Вып. 1 (48).

В данной статье рассматривается вопрос анализа функционирования городской пассажирской транспортной системы в условиях пандемии COVID-19. Параметры показателей качества обслуживания пассажиров на рейсах пассажирских маршрутов определяются с помощью программных средств дискретно-событийного имитационного моделирования. Предложенная имитационная модель системы «пассажир – остановка – пассажирский транспортное средство» рассматривается с точки зрения теории систем массового обслуживания.

Объект исследования – аспекты функционирования городской пассажирской транспортной системы в условиях пандемии.

Цель работы – исследовать требования к организации и функционированию городской пассажирской транспортной системы в условиях пандемии для повышения эффективности функционирования транспортного комплекса страны.

Метод исследования – исследование и анализ функционирования городской пассажирской транспортной системы при различных условиях.

Функционирования городской пассажирской транспортной системы в условиях пандемии COVID-19 требует ее пересмотра и подчинения действующим нормам безопасности, что позволит сформировать конкурентоспособную транспортную систему и эффективную инфраструктуру, научно обосновать построение расписаний и расчет тарифа за проезд. При этом предложено параметры показателей качества обслуживания пассажиров на рейсах пассажирских маршрутов определять с помощью программных средств дискретно-событийного имитационного моделирования, где предложена имитационная модель системы «пассажир – остановка – пассажирский транспортное средство» рассматривается с точки зрения теории систем массового обслуживания.

Для учета условий карантина по наполняемости салона пассажирского ТС необходимо в имитационные модели учесть ограничения по максимальному количеству пассажиров. Выполняя серию прогонов имитационной модели определяют такой интервал движения между рейсами по маршруту МПТС, при котором выполняются показатели качества обслуживания пассажиров, и, соответственно, не имеет нарушений прав граждан при получении транспортной услуги.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПАССАЖИРОПОТОК, МАРШРУТ, РЕЙС, ПАССАЖИРСКОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО, ПАССАЖИРСКАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА, КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ, КАРАНТИН, СИСТЕМА МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНОЕ ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.

АВТОРИ:

Сокульський Олег Євгенович, кандидат технічних наук, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», доцент кафедри технічних та програмних засобів автоматизації, e-mail: mortimer@ukr.net, тел. +380634277709, Україна, 03056, м. Київ, проспект Перемоги, 37, orcid.org /0000-0003-3853-9928

Гілевська Катерина Юріївна, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, e-mail: katerinagui@ukr.net, тел. +380667675197, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 437, orcid.org/0000-0003-0076-0942.

Васильцова Н.М., Національний транспортний університет, асистент кафедри економіка, e-mail: pilipenko_natali@ukr.net, тел. +380679264530, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка 1, к.314, orcid.org/0000-0002-9897-5310.

AUTHORS:

Sokulskyi O.E. , Ph.D. National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» Associate Professor of the Department of Technical Systems Automation and Control e-mail: mortimer@ukr.net, tel. +380634277709, Ukraine, 03056, pr. Peremohy, 37, orcid.org/0000-0003-3853-9928

Hilevska K.Yu., PhD, National Transport University, associate professor of Department of International Transport and Customs Control, e-mail: katerinagui@ukr.net, tel. +380667675197, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelyanovicha-Pavlenko str. 1, of. 437, orcid.org/0000-0003-0076-0942.

Vasiltsova N.M., National Transport University, Assistant Lecturer, Department of Economics, e-mail: pilipenko_natali@ukr.net, tel. +380679264530, Ukraine, 01010, city Kiev, Yemelyanovich Pavlenko str. 1, office 314, orcid.org/0000-0002-9897-5310.

АВТОРЫ:

Сокульский Олег Евгеньевич, кандидат технических наук, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», доцент кафедры технических и программных устройств автоматизации, e-mail: mortimer@ukr.net, тел. +380634277709, Украина, 03056, г. Киев, пр-т Перемоги, 37, orcid.org / 0000-0003-3853-9928

Гилевский Екатерина Юрьевна, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедры международных перевозок и таможенного контроля, e-mail: katerinagui@ukr.net, тел. +380667675197, Украина, 01010, г. Киев, ул. М. Емельяновича-Павленко, 1, к. 437, orcid.org/0000-0003-0076-0942.

Васильцова Н.М., Национальный транспортный университет, ассистент кафедры экономика, e-mail: pilipenko_natali@ukr.net, тел. +380679264530, Украина, 01010, г. Киев, ул. Емельяновича-Павленко 1, к.437, orcid.org/0000-0002-9897-5310.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Поліщук В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху, Київ, Україна.

Лимарченко О.С., доктор технічних наук, професор Київського національного університету імені Тараса Шевченка, завідувач кафедри механіки суцільних середовищ.

REVIEWER:

Polishchuk V.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of the Department of Transport Systems and Road Safety, Kyiv, Ukraine.

Lymarchenko O.S., Doctor of Technical Sciences, Professor of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Head of Department of Solid State Mechanics.