

Форнальчик Є.Ю., Виджак М.А.
Національний університет «Львівська політехніка»,

ОПТИМІЗАЦІЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОБУСІВ ЗА МІНІМАКСНИМ КРИТЕРІЄМ

Обґрунтовано новий науково-методичний підхід у визначенні періодичності виконання технічного обслуговування та ремонту автобусів з використанням мінімаксного критерію. При цьому розглядається організаційно-технологічна взаємодія між двома сторонами – службою технічного сервісу та комерційної експлуатації автобусів. Задачу з визначення оптимальної періодичності запропоновано розв'язувати на основі парної гри між цими сторонами з урахуванням відповідних стратегій їхньої поведінки.

Ключові слова: технічне обслуговування, ремонт, автобуси, періодичність, технічна та комерційна експлуатація, парна гра, мінімаксний критерій.

Постановка проблеми. Сучасний стан з проблемами забезпечення нормативних рівнів експлуатаційної надійності автобусів на міських маршрутах громадського транспорту такий, що уже не перший рік вимагає прийняття відповідних як організаційних, так і інженерно-технічних рішень. Невисокі рівні зумовлюють, як відомо, збитки (зменшення витрат за проїзд пасажирів) для перевізників від неповного використання робочого часу автобусів на маршрутах через простой з технічних причин, порушення графіків їх руху, зниження якості послуг пасажиром у перевезеннях, а також підвищення ризиків виникнення ДТП з цих же причин.

Результати попередніх досліджень експлуатаційної надійності автобусів [1, 2, 3] дали змогу виробити науково-методичний підхід до можливого розв'язання цієї проблеми: розглядати сумісну організаційно-технологічну взаємодію (ОТВ) між службою технічного сервісу, яка покликана забезпечувати нормативні рівні експлуатаційної надійності автобусів, і службою їх експлуатації (використання за призначенням). Розгляд її уможливить знаходження оптимального варіанту – служба технічного сервісу з її відповідним матеріально-технічним забезпеченням працює у такому режимі, який забезпечує мінімальні втрати у службі експлуатації від недовикористання автобусів з технічних причин.

Багаторічні науково-прикладні напрацювання в галузі надійності машин, зокрема автомобілів, автобусів зосереджувались, переважно, на розгляді задач з підвищення їх експлуатаційної надійності організаційними та організаційно-технологічними методами чи задач підвищення ефективності роботи служби технічного сервісу за рахунок вдосконалення технологічних процесів технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) з обов'язковим уведенням діагностичних операцій, оптимізацією чи коректуванням періодичностей виконання цих сервісних робіт [4, 5, 6, 7 та інші]. При цьому використовувався різноманітний арсенал науково-методичних засобів із залученням комп'ютерних програм, відомих та заново розроблених програмних продуктів, а також, останнім часом, на основі науки управління проектами та програмами [8], які, однак, не враховують реалій сучасних взаємозв'язків між службами технічної та комерційної експлуатації.

У зв'язку з цим **метою роботи** є обґрунтування нового підходу до визначення оптимальної періодичності технічного обслуговування та ремонту автобусів, які використовуються на регулярних пасажирських маршрутах, за мінімаксним критерієм.

Результати досліджень. Зважаючи на сучасні тенденції розвитку наукових досліджень, у яких за універсальний критерій оцінки якості роботи техніко-технологічних систем беруться трудові і фінансові затрати, нами зроблена спроба визначити оптимальну періодичність ТО і Р автобусів на основі ОТВ між службами технічного сервісу та комерційної експлуатації, виходячи з мінімізації відповідних витрат та втрат з обох сторін.

Розглядається організаційно-технологічна взаємодія цих двох сторін (суб'єктів). Перша, A_i – виробничо-технічна база (ВТБ) автотранспортного підприємства з відповідною кількістю постів і робочих місць, яка ставить за мету підвищення якості та скорочення тривалості виконання ТО і Р й усунення відмов автобусів. У цієї сторони є дві стратегії поведінки: перша – функціонування ВТБ у нормованому робочому режимі з використанням оновленого ремонтно-технологічного і діагностичного обладнання та висококваліфікованої робочої сили; друга – функціонування ВТБ у напруженому робочому режимі з використанням існуючих ремонтно-технологічного обладнання та робочої сили. Друга сторона, B_j – служба експлуатації АТП з автобусами на маршрутах (на лінії),

втрата працездатності яких непрогнозована (має імовірнісну природу) і цим створює перешкоди у досягненні сподіваної мети – максимального доходу від продажів квитків на маршрутах. Ця сторона також має дві стратегії поведінки: перша – отримання максимального добового виторгу за проїзд пасажирів за умови недопущення простоїв автобусів на лінії з технічних причин; друга – отримання мінімального виторгу за умови сумарних для усіх автобусів, які перебувають на лінії, 30-відсоткових часових простоїв упродовж доби з цих же причин.

Результатом взаємодії між цими суб'єктами є отримання першим виграшу (+ a – це доходи; - a – збитки) за відповідних стратегій поведінок кожного з них. Організаційно-технологічну взаємодію між ними розглядатимемо використовуючи теорію ігор [9, 10, 11].

За таких стратегій гри її двох учасників, саму гру можна вважати грою з нульовою сумою, яка представляється матрицею

$$A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}. \quad (1)$$

У цій матриці елементи a_{ij} ($i=1,2; j=1,2$) виражають прибуток служби експлуатації автобусів, за умови, що вона застосовує свою i -ту, а служба технічного сервісу (ВТБ АТП) – свою j -ту стратегії.

Оскільки поведінка суб'єкта B носить випадковий характер, то за основний критерій у цій взаємодії потрібно приймати максимінний або ж мінімаксний критерії:

$$a_i = \max_i \min_j; a_{ij} = \max a_i. \quad (2)$$

У зв'язку з цим у суб'єкта A знайдену стратегію «спровоковану» імовірнісною поведінкою суб'єкта B за максимінним критерієм потрібно уточнити і визначити середній виграш:

$$d_i = P_0 a_{i0} + P_1 a_{i1} + P_2 a_{i2} + \dots + P_j a_{ij} + \dots + P_n a_{in}, \quad (3)$$

де P_j – імовірність появи стратегії B_j у суб'єкта B ;

a_{ij} – виграші суб'єкта A за його стратегій поведінки i та стратегій j суб'єкта B .

У цій ОТВ можуть виникати ситуації, коли до виробничо-технічної бази АТП не надходить протягом одного дня жодної заявки на усунення відмов (автобуси на маршрутах експлуатуються без відмов), або є дрібні відмови (1-ї категорії складності), які усуваються водієм. Імовірність виникнення таких подій, як показують результати попередніх досліджень [1], становить $P_0=0,55$. Імовірність виклику на лінію мобільної майстерні для усунення (разом з водієм) відмов автобусів (відмови 2-ї категорії складності), $P_1=0,20$, а імовірність евакуації несправного автобуса до ВТБ АТП для усунення складних відмов (відмови 3-ї категорії складності), $P_2=0,05$.

Розглянемо можливі варіанти ситуацій в ОТВ між суб'єктами A і B . Нехай виробничо-технічна база АТП (A) має три дільниці (пости) для: виконання профілактичних ТО; усунення відмов автобусів, у т.ч. з використанням мобільної майстерні для виїзду на лінію; виконання поточних ремонтів та усунення складних відмов автобусів, евакуйованих у ВТБ. Кожна з них своєю виробничою діяльністю генерує відповідні стратегії $A_i \{A_0, A_1, A_2, A_3\}$: A_0 – АТП не має виробничо-технічної бази; A_1 – у ВТБ є не три, а одна дільниця, на якій виконуються усі ТО і Р; A_2 – є дві дільниці; є три дільниці у ВТБ. Їхнє функціонування пов'язано з: а) витратами на утримання їх (c_1); б) середніми доходами від реалізації технологічних процесів ТО і Р (c_2); в) середніми збитками від недостатнього завантаження виробничих площ (c_3).

Суб'єкт B (служба експлуатації) також може генерувати чотири стратегії – $B_j \{B_0, B_1, B_2, B_3\}$: B_0 – упродовж робочого дня жоден з автобусів не втрачав працездатності; B_1 – автобуси відмовляли на лінії, що їх усували водії; B_2 – автобуси відмовляли на лінії з відновленням працездатності їх водіями разом з виїзною бригадою з ВТБ АТП; B_3 – відмови автобуса усуваються у ВТБ після його евакуації з лінії.

З урахуванням описаних ситуацій та стратегій організаційно-технологічну взаємодію між цими суб'єктами можна представити парною грою на матриці 4x4, а виграші їх розрахувати за формулою:

$$a_{ij} = \begin{cases} c_2 i - c_3 (j - i) & \text{для } j^3 i \\ c_2 i - c_1 (i - j) & \text{для } i^3 j \end{cases}, \quad (4)$$

де j, i – відповідно потреби з боку суб'єкта B (служби експлуатації автобусів) та можливості з боку суб'єкта A (ВТБ АТП).

Щоб отримати результати цієї гри потрібно мати значення елементів матриці (1). Їх можна знайти у кварталних чи річних звітах, журналах обліку відмов автобусів на лініях, випуску їх на маршрути. Після цього прибуток служби експлуатації можна визначити різницею

$$P=B-C, \quad (5)$$

де B – сума виторгу за реалізацію квитків за проїзд пасажирів на маршрутах;

C – витрати виробничо-технічної бази АТП, пов'язані з виконанням операцій ТО, діагностування, ремонту та усунення відмов автобусів.

Виторги і втрати визначаються окремо для кожного поєднання протилежних стратегій поведінки гравців, тобто для кожного елемента матриці гри - $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$. Усі розрахунки виконуються у межах одного робочого дня автобусів на маршрутах та однієї доби роботи виробничо-технічної бази АТП.

Висновки. Використання в сучасних економічних умовах роботи пасажирських автобусних АТП традиційних підходів до визначення періодичності ТО і Р та регламентів їх технологічних процесів без урахування досягнутих рівнів технічної і комерційної експлуатації зумовлює неадекватні затрати у виробничо-технічних базах і втрати від неповного використання автобусів. Лише оцінивши та порівнявши між собою затрати і втрати на основі парної гри, можна приймати обґрунтовані рішення щодо оптимізації періодичності виконання профілактичних ТО і Р й відповідних стратегій організаційно-технологічної взаємодії між службами комерційної і технічної експлуатації автобусів АТП.

1. Форнальчик Є.Ю. Експлуатаційна надійність автобусів міського громадського транспорту / Є.Ю.Форнальчик, М.А.Виджак // Вісник Кременчуцького національного технічного університету ім. Михайла Остроградського.-Кременчук,2016.-№1(96).-С.38-45.

2. Форнальчик Є.Ю. До оцінки ефективності роботи ремонтно-обслуговувальної бази автобусних АТП / Є.Ю.Форнальчик, // Науковий журнал: Вісник машинобудування та транспорту. №1. Вінницький національний технічний університет.-Вінниця, 2016.-С.94-101.

3. Форнальчик Є.Ю., Виджак М.А. Про оптимізацію періодичності технічного обслуговування автобусів / Є.Ю.Форнальчик, М.А.Виджак // Вісник Національного університету «Львівська політехніка», №839.- Серія «Динаміка, міцність та проектування машин і приладів». -Львів,2017.-С.91-96.

4. Авдонькин Ф.Н. Оптимизация изменения технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации.-М.: Транспорт, 1993.-350 с.

5. Говорущенко Н.Я. О проблемах диагностики и управления техническим состоянием автомобилей / Автомобильный транспорт, 1973, №12.-С.20-23.

6. Кузнецов Е.С., Болдин А.П., Власов В.М. и др. Техническая эксплуатация автомобилей: Уч.для вузов.4-е изд., перераб.и доп.-М.: Наука, 2001.-535 с.

7. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник.-К.: Знання-прес,2003.-511 с.

8. Левківський О.П., Пониपालяк Д.Д. Управління проектами вдосконалення та розвитку авторемонтного виробництва / 36.тез доп. на 73-й наук.конфер.проф.-викл.складу ...підрозділ. Нац.транспорт. ун-ту.-К.: НТУ,2017.-С.8.

9. Крушевский А.В. Теория игр: Уч.пособ.- Киев: Гол.изд.-во издат.объединен. «Вища школа»,1972.-216 с.

10. Шиян А.А. Теоретико-ігровий аналіз раціональної поведінки людини та прийняття рішень в управлінні соціально-економічними системами. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – 414 с.

11. Шиян А.А. Теорія ігор: основи та застосування в економіці та менеджменті: Навч.пос.-Вінниця: ВНТУ,2009.-164 с.

REFERENCES

1. Fornalchyk, E.& Vydzhak, M. (2016). Operational Reliability of The City Pulic Transport Buses [Ekspluatatsiyna nadiynist' avtobusiv mis'koho hromads'koho transportu] *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyyi National University*.-Kremenchuk.-No.1 (96).-P.38-45.

2. Fornalchyk, E.(2016). To the assessment of the effectiveness of the work of the serving and repair base of the bus motor transportation enterprises [Do otsinky efektyvnosti roboty remontno-obsluhovuval'noyi bazy avtobusnykh ATP] *Scientifical Journal: Journal of Mechanical Engineering and Transport. №1. Vinnytsia National Technical University*. - Vinnytsia.-P.94-101.

3. 3. Fornalchyk, E. & Vydzhak, M.(2017). About the optimization of the periodicity of buses maintenance [Pro optymizatsiyu periodychnosti tekhnichnoho obsluhovuvannya avtobusiv] *Journal of Lviv Polytechnic National University, № 839.- Series "Dynamics, strength and design of machines and devices."* -Lviv.-P.91-96.

4. Avdonkin, F.(1993). Optimization of the changes of the car technical condition during exploitation.[Optymyzatsyya yzmenenyua tekhnicheskoho sostoyannya avtomobylya v protsesse ekspluatatsyy] -M.: Transport.-350 p.

5. Govorushchenko, N.(1973). About problems of the diagnostics and management of cars technical condition [O problemakh dyahnostyky y upravlenyya tekhnicheskym sostoyanyem avtomobyley] *Automobile transport*, №12.-P.20-23.
6. Kuznetsov, E. & Boldin, A. & Vlasov, V.and others (2001). Technical operation of cars [Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobyley] *The book for institutes.Publication* №4.-M.: Science.-535 p.
7. Ludchenko, O (2003). Maintenance and repair of cars [Tekhnichne obsluhovuvannya i remont avtomobiliv] *Textbook*. M.: Knowledge-Press.-511 p.
8. Levkivskiy, O., & Ponychak, D.(2017). The management of improvement projects and development of auto- repair production [Upravlinnya proektamy vdoskonalennya ta rozvytku avtoremontnoho vyrobnytstva] *The collection of report thesis on the 73rd science conference. National transport. university*. K.: NTU.-P.8.
9. Krushevskiy, A.(1972). Theory of games [Teoriya yhr] *A book.- Kyiv: the main publishing house. "High School".*-216 p.
10. Shyian, A.(2009). Game- theoretic analysis of rational human behavior and decision-making in the management of socio-economic systems.[Teoretyko-ihrovyy analiz ratsional'noyi povedinky lyudyny ta pryynyattya rishen' v upravlinni sotsial'no-ekonomichnykh systemamy] - *Vynnytsia: Universum- Vynnytsia*. - 414 p.
11. Shyian,&& A.(2009). Game theory: the basics and applications in economics and management [Teoriya ihor: osnovy ta zastosuvannya v ekonomitsi ta menedzhment] *Educational book.- Vynnytsia: VNTU.*-164 p.

Форнальчик Е.Ю., Виджак М.А. Оптимизация периодичности технического обслуживания автобусов по минимаксному критерию.

Обоснован новый научно-методический подход в определении периодичности выполнения технического обслуживания и ремонта автобусов с использованием минимаксного критерия. При этом рассматривается организационно-технологическое взаимодействие между двумя сторонами – службой технического сервиса и коммерческой эксплуатации автобусов. Задачу по определению оптимальной периодичности предложено решать на основании парной игры между этими сторонами с учетом соответствующих стратегий их поведения.

Ключевые слова: техническое обслуживание, ремонт, автобусы, периодичность, техническая и коммерческая эксплуатация, парная игра, минимаксный критерий.

E. Fornalchik, M. Vydzhak. The optimization of the periodicity of buses maintenance on the basis of a minimax criterion.

A new scientific and methodical approach to determining the periodicity of maintenance and repair of buses with the introduction of a minimax criterion is substantiated. At the same time, the organizational and technological interaction between the two sides - the technical service and commercial exploitation of buses is considered. The problem of determining the optimal periodicity is suggested to solve on the basis of a pair game between these sides, taking into account the corresponding strategies of their behavior.

Keywords: maintenance, repair, buses, periodicity, technical and commercial exploitation, pair game, minimax criteria.

АВТОРИ:

ФОРНАЛЬЧИК Євген Юліанович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: yevgen.fornaltchuk@gmail.com.

ВИДЖАК Мар'яна Андріївна, магістр з транспортних технологій, e-mail: vydzhak@ukr.net

АВТОРЫ:

ФОРНАЛЬЧИК Евгений Юлианович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Транспортные технологии», Национальный университет «Львовская политехника», e-mail:

yevgen.fornaltchuk@gmail.com.

ВИДЖАК Марьяна Андреевна, магистр по транспортным технологиям, e-mail: vydzhak@ukr.net

AUTHORS:

Evgen FORNALCHYK, the Doctor of Technical Sciences, the Professor, the Head of the Department «Transport Technology», Lviv Polytechnic National University, e-mail: yevgen.fornaltchuk@gmail.com.

Mariana VYDZHAK, the Master of Transport Technologies, e-mail: vydzhak@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 6.10.2017 р.