

М.В. Глобчак¹, О.Л. Мاستикаш¹, М.М. Борис²

Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна¹

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна²

ПРИКЛАДНІ ЗАСАДИ ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ У ДОСЛІДЖЕННІ ВЗАЄМОДІЇ ПУНКТИВ РЕМОНТУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

З'ясовано, що одним із найефективніших методів ремонту автотранспортних засобів є агрегатний. Встановлено, що ремонт агрегатів, зокрема двигунів, зазвичай проводиться на ремонтних постах знеособленим методом. При цьому множинні фактори, що впливають на надійність автомобільної техніки, а саме, структура та ефективність технічного обслуговування і ремонту, враховуються досить обмежено, а вплив їх кореляційних зв'язків є дуже приблизним.

Ефективність виконання ремонту агрегатів значною мірою залежить від взаємодії окремих ремонтних ланок (відділень). У поданому дослідженні розглядається випадок недостатньої кількості оборотних двигунів та проблему організації їх ремонту. Оскільки ефективність виконання ремонту істотно залежить від згаданої вище взаємодії, доцільно розглядати організацію роботи моторного відділення з урахуванням його взаємодії у формі обміну двигунами з зоною ремонту. Тому актуальним стає пошук альтернативних організаційно-технологічних рішень, зокрема, запровадження індивідуального методу, за якого знеособлення не відбувається.

Досліджено одну з важливих проблем організації процесу ремонту, що виникає за умови роботи комплексу "зона ремонту – моторне відділення". Для забезпечення умов мінімізації сукупних втрат часу, ця задача вирішується у формі матриці гри і доповнюється розрахунком параметрів марковських процесів, що дозволить перевести задачу аналізу в рамки ігрової моделі.

Запропонована методика аналізу процесу безпосередньо призначена для пошуку раціональних варіантів роботи у випадку запровадження індивідуального методу ремонту, як одного із шляхів подолання відсутності оборотних агрегатів.

Ключові слова: агрегатний метод ремонту, надійність автотранспортних засобів, індивідуальний метод ремонту; відмови елементів; організація процесу ремонту; матриця гри; марковські процеси; оборотні агрегати.

M.V. Hlobchak, O.L. Mastykach, M.M. Borys

APPLIED PRINCIPLES OF APPLICATION OF MATHEMATICAL METHODS IN THE STUDY OF THE INTERACTION OF MOTOR VEHICLE REPAIR POINTS

It has been found that one of the most effective methods of repairing vehicles is aggregate. It is established that the repair of units, in particular engines, is usually carried out at repair stations by the impersonal method. However, multiple factors that affect the reliability of automotive equipment, namely, the structure and efficiency of maintenance and repair, are taken into account quite limited, and the impact of their correlations is very approximate.

The efficiency of repair of units largely depends on the interaction of individual repair units (offices). The present study considers the case of insufficient number of revolving engines and the problem of organizing their repair. Since the efficiency of the repair significantly depends on the above-mentioned interaction, it is advisable to consider the organization of the engine room, taking into account its interaction in the form of exchange of engines with the repair area. Therefore, the search for alternative organizational and technological solutions becomes relevant, in particular, the introduction of an individual method in which depersonalization does not occur.

One of the important problems of the organization of the repair process, which arises under the condition of the complex "repair zone – engine room" is studied. To ensure the conditions for minimizing the total loss of time, this problem is solved in the form of a game matrix and is supplemented by calculating the parameters of Markov processes, which will translate the problem of analysis into the game model.

The proposed method of process analysis is directly designed to find rational options for work in the case of the introduction of an individual method of repair, as one of the ways to overcome the lack of revolving units.

Keywords: aggregate method of repair, reliability of vehicles, individual method of repair; failure of elements; organization of the repair process; game matrix; Markov processes; reversible units.

Постановка проблеми. Ведення бойових дій в сучасних умовах і досвід проведення Операції Об'єднаних Сил (ООС) на території нашої держави свідчить, що забезпечення Збройних Сил України (ЗС України) справною військовою автомобільною технікою є важливим елементом виконання ними бойових завдань. За результатами проведеного аналізу сукупності експлуатаційних властивостей військової автомобільної техніки та їх складових частин з позицій дослідження складних технічних систем, можна зробити висновок, що основним показником ефективності під час розв'язування задачі оцінювання та прогнозування зміни у часі технічного стану систем доцільно розглядати надійність [1-3].

Проведена низка досліджень показує, що питанню надійності та забезпеченню її в автомобільній техніці завжди приділялася значна увага [4-7]. При цьому фактори, що визначають умови та режими експлуатації технічних систем, у тому числі особливості їх застосування за

призначенням, структуру й ефективність технічного обслуговування та ремонту, враховуються досить обмежено, а вплив кореляційних зв'язків цих факторів враховується дуже приблизно. Такий підхід призводить, зазвичай, до отримання лише наближених оцінок поточного рівня експлуатаційних властивостей технічних систем і динаміки їх зміни за результатами прогнозованих оцінок.

На озброєнні ЗС України перебуває низка колісних транспортних засобів, які відрізняються між собою бойовими технічними характеристиками та конструктивним виконанням. Зважаючи на це, з урахуванням необхідності подальшого комплектування ЗС України сучасними зразками такої техніки, актуальним є питання введення в дію перспективних видів транспортних засобів. Відповідно до цього, у військах з'явилася низка транспортних засобів, призначених для забезпечення тактичних дій, патрулювання тощо.

Велика кількість пошкодженої військової техніки свідчить про значне навантаження на систему її відновлення. Ситуація ускладнюється збільшенням номенклатури транспортних засобів після прийняття на озброєння нових та модернізованих зразків. Відповідно, це призводить до збільшення потужностей виробничо-технічної бази (ВТБ), необхідної для відновлення пошкодженої техніки. Дані обставини, безумовно, впливають на систему логістичного забезпечення ЗС України, однією із функцій якої є підсистема відновлення. Її функціонування безпосередньо залежить від підсистеми матеріально-технічного забезпечення, а її раціональне розташування і транспортування елементів істотно впливає на час їх подачі [8-9].

Таким чином, для зменшення навантаження на систему логістичного забезпечення ЗС України і відповідні її підсистеми з відновлення авто- та бронетехніки, виникає необхідність пошуку нових та ефективних шляхів створення комплексів “зона ремонту – моторне відділення”. Вони повинні бути уніфікованими і забезпечувати можливість ремонту на їх базі автомобільної техніки залежно від специфіки та завдань родів військ та служб ЗС України. Зазначені комплекси повинні забезпечувати ремонт і швидку заміну пошкоджених вузлів та агрегатів. Тому такі комплекси повинні за своєю структурою містити модулі силової установки, трансмісії, ходової частини, а кожен з них повинен бути оснащений відповідним місцем для їх монтажу. Таким чином, створення комплексів за таким принципом дасть змогу їх уніфікації, забезпечення швидкої заміни агрегатів, що в кінцевому результаті сприятиме зменшенню часу та обсягу ремонту.

Для визначення завдань щодо створення комплексів було сформовано загальну методологію на основі розроблення та реалізації відповідних інноваційних технологій. В її основу покладено загальні положення розроблення та дослідження складних технічних систем [2,10]. При цьому враховувалося, що така система має складатися з окремих елементів, кожен з яких має вирішувати часткові завдання, а їх сукупність – головне завдання – якісний ремонт автомобільної техніки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасний стан ремонту автомобільної техніки, особливо в зоні бойових дій, обумовлює активну роботу з розгортання комплексів ремонту, розташованих у безпосередній близькості до цієї зони. Такі комплекси повинні забезпечити в найкоротші терміни проведення необхідних технологічних операцій з відновлення роботоздатності пошкоджених транспортних засобів та їх високої бойової готовності [11].

Отже, для виконання поставлених задач, вказані вище комплекси ремонту повинні розгортатися з використанням найраціональніших підходів, одним із яких може бути агрегатний метод ремонту. Спробуємо доказати доцільність використання даного методу ремонту.

Агрегатний метод є найрозповсюдженішим серед застосовуваних методів організації технологічного процесу ремонту. Він передбачає зняття ушкодженого агрегату, зокрема двигуна, з автотранспортного засобу з подальшою його заміною на отриманий з оборотного фонду. В моторному відділенні ремонт виконується у режимі, характерному перебігу подій у зоні ремонту і, фактично, для “знеособлених” силових агрегатів [1,2,4]. Такий принцип організації робіт має свої переваги. Проте з причин недостатньої кількості оборотних агрегатів постійне підтримання фонду силових агрегатів (двигунів) на рівні, що задовольняє потреби сьогодення, стає проблематичним. До того ж “знеособлення” тягне за собою заміну нового, хоч і ушкодженого двигуна, на інший, зі своїм ресурсом, що створює значні додаткові перешкоди. Тому пошук альтернативних організаційно-технологічних рішень стає актуальним.

Головна ж перевага агрегатного методу порівняно з індивідуальним полягає у можливості значного скорочення терміну вимушеного простою автотранспортних засобів в ремонті. У разі

застосування агрегатного методу ремонту питання розроблення моторного відділення, як одного з основних, вирішується за принципом раціонального зосередженого розташування технологічного обладнання [1,2,4]. Беруться до уваги (див. рис. 1, а) горизонтальні проекції окремих одиниць обладнання (1), які розташовують у рекомендованій послідовності в межах наявних виробничих площ уздовж умовної технологічної лінії (2) руху двигуна в процесі ремонту. Альтернативне рішення полягає в створенні у відділенні одного або декількох універсальних ремонтних постів, на яких передбачатиметься розташування повного комплексу технологічного обладнання.

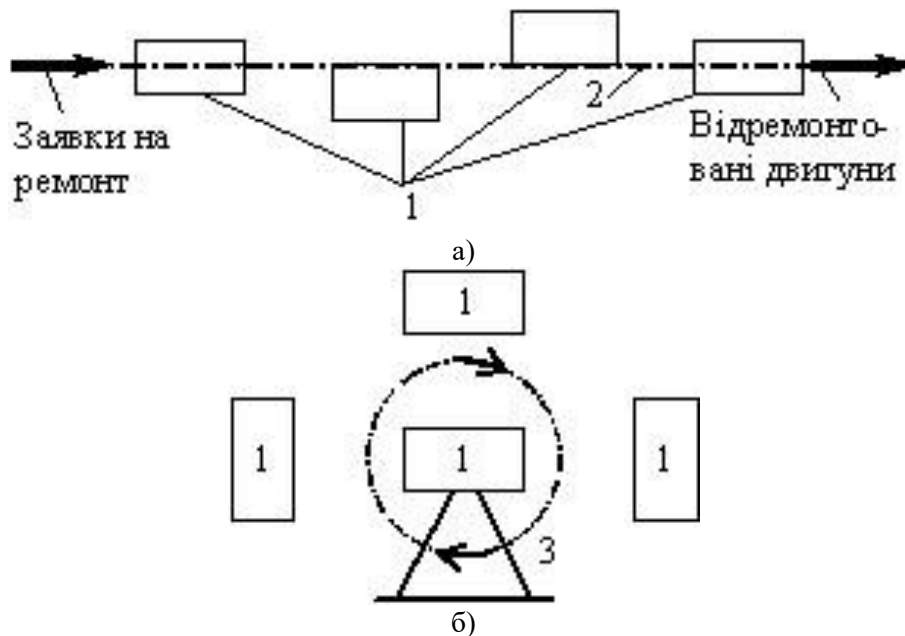


Рис. 1. Умовні схеми розташування обладнання моторного відділення у випадках, коли основний технологічний рух двигуна: а) поступальний; б) обертвий

В цьому разі варто відмовлятися від переважно долівкового (на підлозі) розміщення обладнання і переходити до просторового – з максимальним використанням бокових поверхонь стін, навісного кріплення, реалізувати ярусні компоувальні схеми, тобто переходити до об'ємного принципу. Об'ємний компоувальний принцип відповідатиме необхідному технологічному руху двигуна у відділенні, що схематично показано на рис. 1, б. За рахунок наявності на постах монтажно-демонтажних обертювих стендів 3 – замість традиційного долівкового (рис. 1, а) поступального переміщення двигуна в горизонтальній площині, основним технологічним рухом стає відносний обертальний рух навколо нерухокої або обмежено рухокої осі стенда, що обумовить мінімальну виробничу площу, скоротить допоміжний час, а отже, й загальний час ремонту [1,2,4].

Такий організаційно-технологічний варіант дасть змогу істотно скоротити транспортні операції з силовими агрегатами всередині відділення, а також паузи в очікуванні на звільнення зайнятого обладнання. Завдяки цьому, враховуючи сучасні реалії, досягається ефективне використання робочого часу ремонту силового агрегату, оскільки швидке і якісне повернення силового агрегату будь якого транспортного засобу є запорукою високої бойової готовності.

Одним із чинників затримок є час транспортування об'єкта між зоною ремонту і моторним відділенням, а для його мінімізації необхідна чітка взаємодія між двома елементами комплексу (їх схема показана на рис. 2), яка стає предметом аналізу. Тому метою дослідження стане пошук раціональної чисельності універсальних ремонтних постів, необхідних для відділення ремонту силових агрегатів в цілому.

Постановка завдання. Об'єкт дослідження – підходи до обґрунтування надійності автотранспортних засобів шляхом вдосконалення структури і підвищення ефективності технічного обслуговування та ремонту.

Предмет дослідження – прикладні методи розрахунку та обґрунтування надійності автотранспортних засобів для пошуку раціональних варіантів організації моторної дільниці за умови запровадження індивідуального методу ремонту як засобу подолання браку оборотних агрегатів. Взаємодію виробничих підрозділів, що схематично показана на рис. 2, оберемо за предмет аналізу.

Метою дослідження є розвиток існуючих підходів до пошуку раціональної чисельності універсальних ремонтних постів, необхідних для відділення ремонту силових агрегатів.

Основними завданнями є застосування математичних методів, зокрема матриці гри для розв'язування задачі аналізу взаємодії моторного відділення із зоною поточного ремонту автотранспортних засобів, опис методики розв'язання цієї задачі, а також подання прикладу розрахунків за реальними спостереженнями, проведеними на АТП, що дає змогу на підставі запропонованої методики дослідити взаємодію місця демонтажу і моторного відділення.

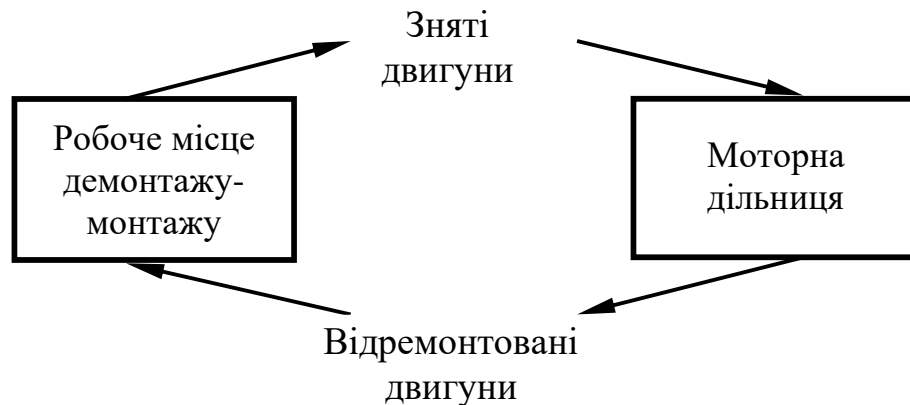


Рис. 2. Схема взаємодії місця демонтажу і моторного відділення

Наукова новизна дослідження полягає в актуалізації пошуку шляхів підвищення надійності транспортних засобів в процесі експлуатації. В роботі запропоновано оригінальний підхід до підтримання надійності систем і агрегатів автотранспортних засобів, що опирається на паралельний до експлуатації процес матеріально-технічного забезпечення.

Практична значимість отриманих результатів роботи полягає у забезпеченні здійснення аналізу для пошуку раціональних варіантів організації комплексу “зона ремонту – моторна дільниця” за умови запровадження індивідуального методу ремонту в якості засобу подолання браку оборотних агрегатів.

Викладення основного матеріалу дослідження. За умов необхідності виконання ремонтних робіт у великому обсязі істотним чинником взаємодії виступає випадковість моментів появи автотранспортних засобів з відмовами або пошкодженнями силових агрегатів, а також випадковість обсягів і часу робіт з усунення відмов (пошкоджень).

Наслідками випадковостей стають: прості технологічного обладнання відділення в періоди тимчасової відсутності потреби в ремонті; вимушені перерви у циклі ремонту силового агрегату, знятого з автомобіля, у разі зайнятості постів відділення попередніми роботами. Обидва види часових затримок є небажаними. У першому випадку затримки усувають шляхом використання меншої кількості технологічне обладнання, а в другому – уповільнюють поступлення двигунів.

Враховуючи наведені обставини, необхідно відшукати для відділення таку чисельність m постів, яка би задовільнила умови мінімізації сукупних втрат часу. Йдеться про виявлення компромісного проектного рішення, котрим, за умови регулярного, але стохастичного (технологічного) руху силових агрегатів між елементами комплексу, обмежуються затримки обох видів.

Для кількісного відображення наслідків руху об'єктів введемо поняття про стан комплексу “зона ремонту – моторне відділення”. Параметрами стану задамо пару чисел – i та j , де i – кількість постів зони ремонту, на яких перебувають автотранспортні засоби з відмовами (пошкодженнями) двигунів, а j – кількість постів моторного відділення, на яких здійснюється їх ремонт.

Вище сказане підтверджує подвійну випадковість початкових умов, а це переводить аналіз в клас ігрових: взаємовідносини між кількостями постів у комплексі “зона ремонту – моторне відділення”.

В зв'язку з цим задаємося скінченною множиною допустимих стратегій формування основного елемента комплексу – моторного відділення ($\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \dots$). З урахуванням змісту задачі аналізу, стратегія Π_m ($m = 1, 2, \dots$) полягатиме у створенні на дільниці m універсальних ремонтних постів. Дію неконтрольованого зовнішнього чинника задаємо стратегіями D_0, D_1, \dots, D_i . За змістом задачі аналізу

стратегія D_i ($i = 0..I$) полягатиме у присутності в зоні ремонту одночасно і транспортних засобів з відмовами (пошкодженнями) двигунів.

Задачу аналізу подамо у вигляді матриці гри (рис. 3), котра відповідає випадку оснащення зони ремонту шістьма універсальними постами. Як припущення, за умови відсутності черги автомобілів з відмовами (пошкодженнями) у зоні ремонту, можна прийняти $I = 6$. Це припущення дасть змогу обмежити множину можливих варіантів $m = 1..I$. У клітинах матриці міститься запис параметрів стану для випадків поєднання стратегій P_m з D_i ($m, i = var$).

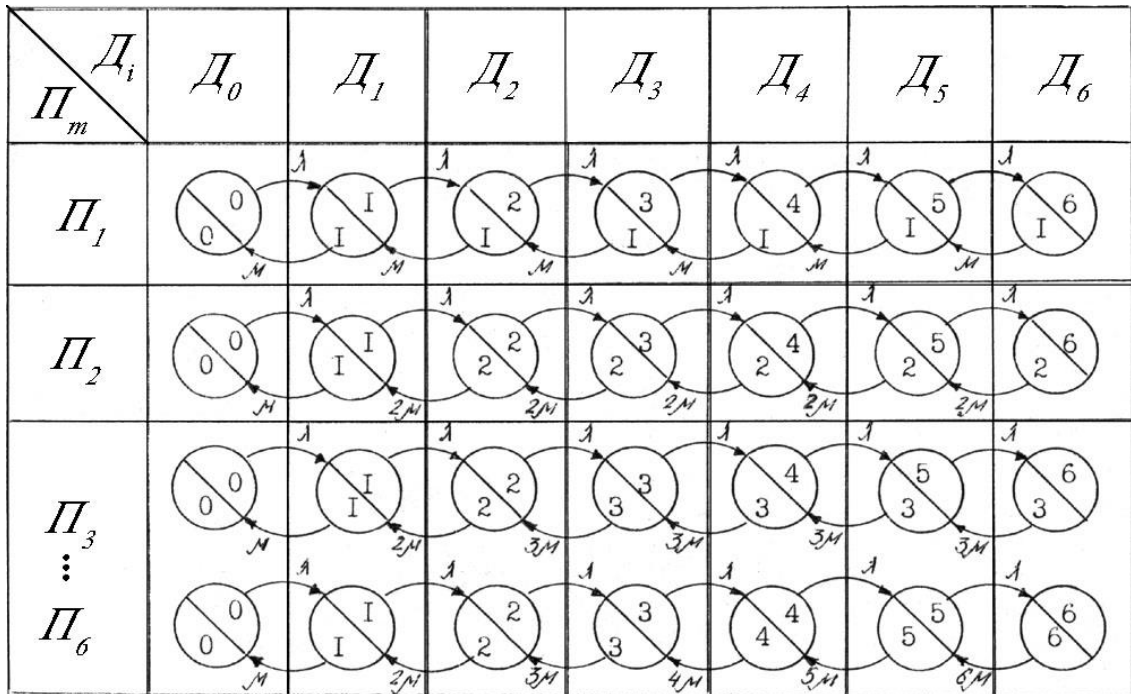



Рис. 3. Матриця гри у задачі аналізу взаємодії моторного відділення із зоною ремонту для випадку $i = 6$

Використаний у матриці (рис. 3) принцип запису чисел  дасть змогу отримати наступне: у разі застосування в моторному відділенні трьох постів (рядок P_3), виникатимуть такі комбінації параметрів стану:

- $i = 0; j = 0$ – відсутня потреба у ремонті силових агрегатів в зоні ремонту, відсутні ремонтвані двигуни у відділенні;
- $i = 1; j = 1$ – одна потреба в зоні, один двигун у відділенні;
- $i = 2; j = 2$ – дві потреби в зоні, два двигуни у відділенні;
- $i = 3; j = 3$ – три потреби в зоні, три двигуни у відділенні;
- $i = 4; j = 3$ – чотири потреби в зоні, три двигуни у відділенні;
- $i = 5; j = 3$ – п'ять потреб в зоні, три двигуни у відділенні;
- $i = 6; j = 3$ – шість потреб в зоні, три двигуни у відділенні.

Вище сказане формує якісну оцінку гри. Для кількісної оцінки необхідно визначити ймовірності появи окремих станів. У зв'язку з цим звернемо увагу, що вибір деякої чистої стратегії P_m фактично задає статистичний закон дії неконтрольованого чинника [12,13]. Цей закон визначається властивостями дискретних марковських ланцюгів міжстанових переходів. Ланцюги, накладені на матрицю гри (рис. 3) означають, що ігрова задача аналізу доповнюється задачею розрахунку параметрів марковських процесів.

На графах міжстанових переходів, позначення λ , однієї частини дуг відноситься до інтенсивності заповнення постів зони ремонту автотранспортними засобами – потребами в ремонті двигунів. Для визначення інтенсивності використаємо залежність [11,14]:

$$\lambda = \frac{A_c \times \alpha_B \times \varpi \times M(\ell)}{1000}, \tag{1}$$

де A_c – спискова кількість автотранспортних засобів; a_B – коефіцієнт випуску рухомого складу; ω – параметр потоку відмов, 1/1000 км; $M(l)$ – математичне сподівання середньодобового пробігу автотранспортного засобу, км.

В той же час, позначення μ стосується інтенсивності виконання ремонту на одному посту моторного відділення. Тому розрахунок часу цього ремонту t_p необхідно здійснювати з урахуванням часу додаткових технологічних операцій: демонтаж двигуна і його монтаж після проведення ремонту. Якщо вважати t_p випадковою величиною, що визначає розподіл часу між незаконними подіями, які появляються з постійною інтенсивністю, то застосуємо експоненціальний закон її статистичного розподілу [15,16]:

$$\mu = \rho / M(t_p), \quad (2)$$

де $M(t_p)$ – математичне сподівання t_p ; ρ – коефіцієнт приведення одиниць виміру часу ремонту до одиниць виміру інтенсивності подій в комплексі “зона ремонту – моторне відділення”.

За умови одновимірних часу ремонту і подій в потоках переходів, коефіцієнт приведення $\rho = 1$. Якщо реєстрація тривалості ремонту визначається годинами, а потоки подій календарними днями, то формула (2) набуде вигляду:

$$\rho = t_{zm} \times n_{zm}, \quad (3)$$

де t_{zm} – тривалість однієї робочої зміни; n_{zm} – кількість робочих змін в добу.

Для визначення ймовірностей $P_m(i,j)$ появи параметрів стану комплексу “зона ремонту – моторне відділення” скористаємося залежностями [15]:

$$P_m(0,0) = \left[\sum_{i=0}^m \left(\frac{\lambda}{\mu i!} \right)^i + \frac{1}{m!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^m \sum_{r=1}^v \left(\frac{\lambda}{\mu m} \right)^r \right]^{-1};$$

$$P_m(i, j=1) = \frac{1}{i!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^i \times P_m(0,0), \dots (1 \leq i \leq m); \quad (4)$$

$$P_m(i = m + r, j = m) = \frac{1}{m!} \left(\frac{\lambda}{\mu m} \right)^r \times \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^m \times P_m(0,0), \dots (1 \leq r \leq v, v = I - m).$$

Формули (4) є не що іншим, як розв’язком рівнянь Колмогорова для стаціонарного режиму переходів між станами [15,17]. Використовуючи результати розрахунків за вище поданими формулами (4), зможемо кількісно оцінити різні варіанти комплексу. З метою мінімізації сукупних втрат часу в основу оцінки закладемо показник Q_{mi} , що визначається за формулою:

$$Q_{mi} = \gamma_n \Delta_n(j, m) + \gamma_o \Delta_o(i, m), \quad (5)$$

де $\Delta_n(\cdot)$ і $\Delta_o(\cdot)$ – відносні втрати часу від вимушеного простою одного поста моторного відділення і затримки ремонту двигуна; γ_n, γ_o – “вагові” коефіцієнти, якими кількісно встановлюється важливість втрат часу кожного виду.

Втрати часу для кожного стану визначаємо за формулами:

$$Q_{mi} = \gamma_n \Delta_n(j, m) + \gamma_o \Delta_o(i, m); \quad (6)$$

$$Q_{mi} = \gamma_n \Delta_n(j, m) + \gamma_o \Delta_o(i, m). \quad (7)$$

Дані вирази мають право на існування лише за припущення, що у режимі неперервного чередування станів умовні ймовірності $P_m(i,j)$ стають еквівалентними тривалості збереження відповідної комбінації параметрів стану.

Результати розрахунку за формулами (5-7) дають змогу заповнити матрицю гри $\|Q_{mi}\|$ даними про “недоцільність” і тим самим знову перевести задачу аналізу в рамки ігрової моделі. Це означає, що бажаний розв’язок слід шукати з умов мінімізації показника Q_{mi} . Якщо мати на увазі структуру матриці гри (рис. 3), то оптимальною вважається стратегія проектування моторного відділення Π_m , якою забезпечуються найнижчі часові “недоцільні” варіанти за стовпцями. Проте у нашому випадку на такий розв’язок не варто очікувати, оскільки мінімізація обох складових правої частини рівняння (5) є практично неможливою.

У якості оптимальної стратегії Π_m можна також розглядати мінімізацію верхньої ціни гри:

$$q(m) = \max_m Q_{mi} \rightarrow \min_i \tag{8}$$

За умови незадовільності мінімальної стратегії (умова 8) остаточну оцінку проектних варіантів здійснюватимемо за результатами порядкового сумування показників Q_{mi} . Такий спосіб забезпечить визначення середніх часових втрат [15]:

$$F(m) = \frac{1}{I+1} \sum_{i=0}^I Q_{mi} \tag{9}$$

Результатом оптимальної стратегії стосовно моторного відділення буде визначення числа його постів:

$$m = \text{Arg min } F(m). \quad m \in (\overline{1, I}) \tag{10}$$

Власне це і є результатом розв’язку поставленої задачі. Цю методику необхідно перевірити та підтвердити практично.

Апробація методики розрахунку необхідної кількості постів моторного відділення. Для прикладу розглянемо моторне відділення, що наближено відповідатиме умовам сучасного АТП-14630 у м. Львові. Як початкові дані використаємо результати звітів технічного відділу за останні роки. На їх основі констатуємо: параметр потоку відмов двигунів ω з 90%-ою ймовірністю перебуває в діапазоні 0,015-0,06 (1/тис. км). Досліджувалися автобуси БАЗ-А049, БАЗ-А079.

Використавши середні значення параметра ω , спискову чисельність рухомого складу A_c ($A_c = 100$ одиниць), коефіцієнта випуску $\alpha_e = 0,85$ з урахуванням очікуваного рівня математичного сподівання середньодобового пробігу одного автобуса $M(l) = 400$ км за формулою (1) визначаємо інтенсивність заповнення постів зони ремонту: $\lambda = 2$ 1/день.

Інтенсивність виконання ремонту на посту моторного відділення μ визначаємо за формулами (2) і (3), опираючись на передбачувані рівні середнього часу одного ремонту. За умови $M(t_p) = 2$ години за однозмінного режиму роботи матимемо: $\mu = 4$ 1/день.

Використовуючи визначені значення λ і μ , на підставі формули (4) визначимо ймовірність появи допустимих станів в дискретних марковських ланцюгах, накладених на матрицю гри. Результати розрахунків подано в табл. 1. Розрахунки показали, що матрицю $\|Q_{ij}\|$ можна істотно скоротити.

Варіювання параметром $m = \overline{1, 6}$ на стратегії D_0, D_1, D_2, D_3 припадало від 94,5% до 99,9% всього часу роботу комплексу “зона ремонту – моторна дільниця”. Зростання $i \geq 4$ призводить до швидкого падіння значень ймовірності $P_m(i, j)$, а отже в таблицю результатів їх не внесено.

Табл. 1.

Результати розрахунку ймовірностей виникнення допустимих станів комплексу “зона ремонту – моторна дільниця”

Стратегія P_m формування відділення	Ймовірність $P_m(i, j)$			
	$P_m(0, 0)$	$P_m(1, j)$	$P_m(2, j)$	$P_m(3, j)$
P_1	0,504	0,252	0,126	0,063
P_2	0,592	0,296	0,074	0,018
P_3	0,005	0,303	0,076	0,013

На підставі даних табл. 1, розраховано показники оцінки ефективності використання робочого часу (табл. 2). Дана матриця містить лише ті комбінації параметрів стану, що володіють достатньо високою ймовірністю, а отже реально впливають на показники роботи всього комплексу “зона ремонту – моторна дільниця”.

Слід зауважити, що в процесі розрахунку показників Q_{mi} (5) значення “вагових” коефіцієнтів приймалися на підставі співвідношення $\gamma_n / \gamma_0 = 1 / 10$ та нормувальною умовою $\gamma_n + \gamma_0 = 1, 0$.

Відношення “вагових” коефіцієнтів прийняте, на основі приблизного співвідношення між вартостями обладнання поста і одного двигуна автобуса великого класу.

Табл. 2.

Дані для оцінки ефективності проектних рішень

$P_m \backslash D_i$	D_0	D_1	D_2	D_3	$F(m)$
P_1	0,05	0	0,126	0,126	$4,31 \times 10^{-2}$
P_2	0,118 <i>min max</i>	0,03	0	0,018	$2,37 \times 10^{-2} = \min_i$
P_3	0,182	0,06	0,008	0	$3,57 \times 10^{-2}$

Аналіз отриманих результатів (табл. 2) свідчать, що оптимальною для впровадження виступатиме стратегія P_2 для якої $q(2) = 0,118 = \min_i \max_m$.

Це вказує на переваги варіанту з двопостовим ($m = 2$) виконанням моторного відділення. Для констатації правильності висновку за формулою (9) отриманих результатів, розраховуємо середньостатистичні значення показників Q_{ij} за кожною із стратегій P_m . В результаті приходимо до висновку: функція $F(m)$ має один глобальний мінімум в діапазоні $m = 1, j$

$$F(2) = 2,37 \times 10^{-2} = \min_i$$

Координата екстремуму $F(m)$ співпадає з попередньо отриманим числом $m = 2$. Тобто вибір на користь запропонованого варіанту моторного відділення з двома постами підтвердився.

Висновки. Подано оригінальну методику аналізу прийнятих проектних рішень, що насамперед призначена для пошуку раціональних варіантів організації комплексу “зона ремонту – моторна дільниця” за умови запровадження індивідуального методу ремонту в якості засобу подолання браку оборотних агрегатів.

Описаний підхід до розв’язання проектної задачі у поєднаннях ігрової моделі та моделі марковського дискретного процесу може бути реалізований і в інших практичних випадках, зокрема в процесі виявлення способів раціональної організації взаємодії різних груп стохастичних об’єктів з технологічним рухом заявок поміж ними. Такі групи, наприклад, можуть утворювати засоби ремонту підприємства і суб’єктів ремонту (профілактичних робіт).

Запропоновані в роботі підходи та отримані результати досліджень можна застосовувати в процесі виконання технічного обслуговування і ремонту різних видів спеціалізованих транспортних засобів, що використовуються в галузях народного господарства.

Список використаних джерел

1. Технічна експлуатація та надійність автомобілів / Форнальчик Є.Ю., Оліскевич М.С., Мاستикаш О.Л., Пельо Р.А.: Навч. посібник. – Львів: Афіша, 2004. – 492 с. [ISBN 966-325-029-1](#)
2. Румянцев С.И., Боднев А.Г., Бойко Н.Г. и др. Ремонт автомобилей. Издание 2. – М.: Транспорт, 2010. – 327 с.
3. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни і визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 36 с.
4. Лесько В.І., Кузьмінець М.П., Міщук Є.О. Експлуатація і ремонт машин: конспект лекцій. Частина 1 / В.І. Лесько, М.П. Кузьмінець, Є.О. Міщук. – К.: КНУБА, 2015. – 83 с.
5. Савін Ю.Х. Методика визначення доцільності створення виробничих підрозділів з обслуговування та ремонту транспортних засобів / Ю.Х. Савін, М.В. Митко // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. – № 2. – С. 130–138.
6. Шаша И.К. Выбор критерия оценки эксплуатационной надежности автомобилей / И.К. Шаша, А.О. Иванченко, И.В. Рогозин // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2014. – № 3(40) – С. 149-151.
7. Удосконалення математичної моделі зміни технічного стану автобронетанкової техніки / І.К. Шаша, А.О. Иванченко, В.О. Темніков, І.В. Цебрюк // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2015. – № 4(21). – С. 138-142.
8. Андрусенко С.І. Технології підвищення ефективності виробничо-технічної бази підприємств автомобільного транспорту: Навч. посібник / С.І. Андрусенко, О.С. Бугайчук // К.: “Медін-форм”, 2017. – 212 с.
9. Кіндрацький Б.І. Програмне регулювання виробничих процесів на підприємствах автомобільного транспорту / Б.І. Кіндрацький, О.Л. Мاستикаш: Монографія. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2012. – 114 с. [ISBN 978-966-7585-10-5](#)
10. Рогозін І.В. Проблеми технічного обслуговування і ремонту засобів рухомості озброєння та військової техніки Повітряних Сил Збройних Сил України за технічним станом / І.В. Рогозін, О.Б. Куренко, С.М. Новічонок // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2012. – № 3. – С. 150-152.
11. Мاستикаш О.Л. Оптимізація параметрів шинного комплексу методами математичного моделювання // Машинознавство, 2006. – № 3. – С. 41-46.

-
12. Дослідження операцій. Ч. 3. Ухвалення рішень і теорія ігор / М.Я. Бартіш, І.М. Дудзяний. – Львів: Видавничий центр Львівського національного університету ім. Івана Франка, 2011. – 277 с.: іл. – Бібліогр.: с. 271-272 (36 назв).
 13. Павленко П.М. Математичне моделювання систем і процесів / Павленко П.М., Філоненко С.Ф., Чередніков О.М., Трейтяк В.В.: Навч. посібник. – К.: НАУ, 2017. – 392 с.
 14. Теорія ймовірностей та математична статистика: Навч. Посібник / Г.І. Кармелюк. – К.: Центр учбової літератури, 2017. – 576 с.
 15. Теорія ймовірностей та математична статистика / В. Барковський, Н. Барковська, О. Лопатин. – К.: Центр учбової літератури, 2019. – 424 с.
 16. Голоскоков О.Є. Основи теорії експоненціальних систем масового обслуговування. Навч. посібник / О.Є. Голоскоков, А.О. Голоскокова, Є.О. Мошко. – Харків.: НТУ “ХПІ”, 2017. – 312 с.
 17. Катренко А. В. Дослідження операцій: Підручник. – Львів: Магнолія Плюс, 2015. – 352 с.