

ВИЗНАЧЕННЯ ЦІЛЬОВОЇ ФУНКЦІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ВТРАТ СТО, ПОВ'ЯЗАНИХ З ТИПОМ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРИЙМАННЯ-ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ

Годованюк П.Д., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, pgodovanuk04@gmail.com, orcid.org/0000-0001-6331-8698

Хаврук В.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна, khavruk@gmail.com, orcid.org/0000-0002-4686-4109

Чуб А.М., Національний транспортний університет, Київ, Україна, anatoliy.chub@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0020-7007

DETERMINATION OF THE OBJECTIVE FUNCTION OF THE OPTIMIZATION OF LOSSES OF THE SERVICE STATION RELATED TO THE TYPE OF ORGANIZATION OF ACCEPTANCE AND DIAGNOSTICS OF VEHICLES

Hodovaniuk P.D., candidate of technical sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, khavruk@gmail.com, [org/0000-0001-6331-8698](https://orcid.org/0000-0001-6331-8698)

Khavruk V.O., National Transport University, Kyiv, Ukraine, khavruk@gmail.com, orcid.org/0000-0002-4686-4109

Chub A.M., National Transport University, Kyiv, Ukraine, khavruk@gmail.com, [org/0000-0002-0020-7007](https://orcid.org/0000-0002-0020-7007)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ ОПТИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ СТО, СВЯЗАННЫХ С ТИПОМ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИЕМКИ-ДИАГНОСТИКИ АВТОМОБИЛЕЙ

Годованюк П.Д., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, pgodovanuk04@gmail.com, orcid.org/0000-0001-6331-8698

Хаврук В.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина, khavruk@gmail.com, orcid.org/0000-0002-4686-4109

Чуб А.Н., Национальный транспортный университет, Киев, Украина, godovanuk04@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0020-7007

Постановка проблеми.

Важливе значення у формуванні рівня якості автосервісних послуг, що надаються станціями технічного обслуговування (СТО) має організація процесу «початкового» обслуговування – первинне діагностування автомобіля та приймання автомобіля в ремонт. Процес приймання автомобіля на СТО – один з найважливіших етапів взаємодії виконавця (СТО) та автовласника, що дозволяє правильно зафіксувати заявку клієнта, оцінити технічний стан автомобіля, обґрунтовано визначити і погоджувати необхідний обсяг і вартість автосервісних робіт, рекомендувати додаткові послуги. Все це сприяє формуванню довіри клієнта – автовласника, і, як наслідок, дозволяє забезпечити достатнє завантаження постів технічного обслуговування-ремонт (ТО-Р), тим самим підвищуючи прибуток СТО.

Як показує практичний досвід постійно існує протиріччя між усе зростаючими вимогами автовласників до автосервісу і недостатньо високим рівнем якості послуг, що надаються на СТО. Одним з шляхів часткового усунення цього протиріччя є розробка технологій, що дозволять підвищити рівень задоволеності клієнтів обслуговуванням, а також якість первинного діагностування на СТО перед прийманням автомобіля в ремонт.

Аналіз літературних джерел свідчить, що проблеми якості та організації ТО-Р автомобілів є важливими й актуальними, які розглядають з точки зору вибору оптимальних рішень, які можливо реалізувати в умовах автосервісу. Дані проблеми досить широко висвітлені в численних наукових публікаціях, зокрема, в дисертаційних роботах таких науковців, як: Афанасьєва С. В. [1], Майєра В. В. [2], Мержоева А. І. [3], Муравкіної Є. В. [4], Рижкова А. І. [5].

Аналіз української і зарубіжної літератури з проблем вдосконалення процесів ТО-Р та підвищення якості автосервісу показує, що окремі питання щодо оптимальної організації автосервісних робіт ще не отримали належного розвитку, а саме такі питання, як: підвищення клієнт-орієнтованості процесів ТО-Р автомобілів; взаємовплив основних виробничих структур процесів ТО-Р автомобілів.

Необхідно, також, зауважити, що в існуючих методиках, що дозволяють обґрунтувати оптимальну організацію процесів приймання-діагностування на СТО, часто використовують детерміновані методи, що не враховують випадкових процесів. Просте ж використання аналітичних методів теорії масового обслуговування не в повній мірі відображає суть процесів, що відбуваються на СТО. При цьому відсутність науково обґрунтованих методів вдосконалення організаційних структур виробничого процесу автосервісу за сучасних умов призводить до того, що потенційні можливості зони ТО-Р в СТО використовуються недостатньо і без очікуваного економічного ефекту. У зв'язку з цим завдання дослідження шляхів підвищення ефективності функціонування СТО на основі оптимізації окремих виробничих процесів (приймання-діагностування автомобілів) з використанням сучасного діагностичного обладнання є актуальним.

Метою статті є дослідження цільової функції оптимізації втрат на СТО, пов'язаних з типом організації приймання-діагностування автомобілів та з'ясувати алгоритми знаходження складових цільової функції на основі представлення СТО як системи масового обслуговування.

Виклад основного матеріалу.

Виконаємо побудову функціонального виразу для цільової функції як економічного критерію, що враховує в собі максимально можливу кількість складових, за якими відбувається зміна при «впровадженні» поста (постів) приймання-діагностування на СТО стосовно роботи того ж СТО, але без спеціально виділеного поста(ів) приймання-діагностування. Тоді цей вираз може бути представлений у вигляді декількох доданків [6, с. 91]:

$$C_{\Sigma} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 - Z_1 - Z_2 - Z_3 = f(n, k, N_{\text{перс}}, k_{\text{перс}}, k_{\text{клас марки}}, C_{\text{обл. (ВТБ)}}, \text{тип приймання}) \quad (1)$$

де C_{Σ} – сумарний критерій оцінки ефективності застосування тієї або іншої технології приймання-діагностування автомобіля на СТО;

C_1 – додатковий дохід СТО, обумовлений підвищенням пропускної здатності за рахунок попереднього діагностування на пості приймання;

C_2 – втрачений прибуток СТО через пропуск несправності, що не виявився ще при постановці на пост у ремонтній зоні, роботи з усунення якої могли б принести прибуток;

C_3 – втрачений прибуток СТО через «відтік клієнтів», викликаний невідповідністю очікувань клієнта й тією культурою виробництва на СТО, яку характеризує технологія приймання автомобіля на конкретній СТО;

C_4 – зниження втрат СТО через відтік клієнтів, викликаний (підвищеною) тривалістю очікування в черзі на пост приймання або на пости ТО-Р;

C_5 – зниження втрат СТО, пов'язаних з рекамаціями по низькій якості виконаного ремонту, викликаному невірною постановкою діагнозу по заявці клієнта або із пропуском несправності;

C_6 – додатковий прибуток СТО, обумовлений проведенням робіт із платного діагностування;

Z_1 – амортизаційні відрахування на додаткове обладнання поста приймання-діагностування;

Z_2 – витрати на утримання постів приймання (оренда площі, обігрів, освітлення і т.д.);

Z_3 – заробітна плата працівника(ів) на пості(-ах) приймання-діагностування.

Існує кілька варіантів реконструкції СТО, при яких порівняння різних досягнутих /наступних/ станів проводиться з різними, /попередніми/ станами.

Розглянемо докладніше вид функцій Z_1-Z_3 та C_1-C_6 . У зв'язку з тим, що оснащення поста приймання діагностичним обладнанням може бути різним, значення Z_1 залежить як від переліку виконуваних діагностичних робіт на даному обладнанні, так і від самого обраного обладнання. Опираючись на дані аналізу існуючого обладнання, вводимо функцію залежності вартості застосовуваного на пості обладнання від ступеня охоплення цим обладнанням максимально можливого на даний момент переліку перевірок діагностичних параметрів. Очевидно, що один і той самий (або близький) відсоток охоплення може бути при використанні, наприклад, обладнання для перевірки параметрів рульового керування, або обладнання для перевірки ходової частини або гальм

автомобіля. При цьому вартість усунення несправностей, їх частота, прибуток, який може одержати СТО при ремонті відповідних виявлених відмов і т.д. буде різною. Таким чином для повного охоплення можливих варіантів комбінацій обладнання на пості приймання-діагностування ми повинні були б проводити варіації параметрів обладнання за напрямками кожної системи автомобіля, тобто в багатомірному просторі діагностичних параметрів, що, крім обчислювальних і аналітичних складностей вимагає також дуже об'ємної статистичної бази даних як по існуючому на даний час діагностичному обладнанню, так і по ймовірностях відмов по всіх системах автомобіля. Процес збору, трудомісткість і тривалість збору таких даних може втратити актуальність і стати не конкурентоспроможними. Тому ринок ТО-Р автомобілів, що динамічно змінюється, визначає необхідність використовувати оперативні методи вивчення особливостей переліку виконуваних робіт у відповідності до певного сегмента автовласників. У зв'язку із цим необхідно виконати збір статистичних даних про особливості потоку заявок на конкретному СТО. Таким чином, використовуючи зібрані дані по СТО і результати досліджень щодо оптимізації оснащення (існуючого) поста приймання діагностичним обладнанням, можемо задати раціональну послідовність нарощування ступеня охоплення сукупності діагностичних параметрів шляхом поступового «підключення» обладнання для діагностування в чітко заданій послідовності систем автомобіля, наприклад, рульове керування, гальмівна система, ходова частина і т.д.). Відповідно до цієї послідовності, вводимо (узагальнену, усереднену) функцію залежності вартості комплексу обладнання (і відповідно амортизаційних відрахувань на це обладнання) від ступеня охоплення всього комплексу діагностичних параметрів тим обладнанням, яке буде на пості (постах) приймання-діагностування на СТО. Відповідно до вищесказаного можемо представити Z_1 як [6, с. 94]:

$$Z_1(\xi_d) = f_1(\xi_d) \cdot K_{ам} \cdot n, \quad (2)$$

де ξ_d – частка охоплення максимально можливого комплексу діагностичних параметрів застосовуваним обладнанням ($\max(\xi_d) = 1$); $f_1(\xi_d)$ – функція зміни вартості комплексу обладнання від ξ_d відповідно до раціональної (по системах автомобіля) послідовністю нарощування переліку охоплення діагностичних параметрів; $K_{ам}$ – коефіцієнт амортизаційних відрахувань; n – кількість постів приймання-діагностування, на яких встановлене обладнання.

Витрати на утримання поста Z_2 можуть бути представлені як [6, с. 94]:

$$Z_2(\xi_d) = n \cdot S(\xi_d) \cdot Z_m, \quad (3)$$

де $S(\xi_d)$ – площа одного поста приймання-діагностування, m^2 ; Z_m – витрати на оренду площі, на обігрів, освітлення, витрати енергії і т.д. на $1 m^2$ у рік.

Витрати Z_3 можуть бути представлені так [6, с. 94]:

$$Z_3 = n \cdot N_p \cdot Z_m(\xi_p), \quad (4)$$

де N_p – кількість робітників на постах приймання-діагностування; Z_m – заробітна плата працівника(-ів) на пості(-ах) приймання-діагностування за рік; ξ_p – кваліфікація працівника на пості(-ах) приймання-діагностування.

Розглянемо складові C_i . У подальших формулах приймаємо, що всі вхідні параметри залежать, крім явно зазначених залежностей, від кількості постів як у зоні ТО й Р, так і від кількості постів приймання, а також і від величини максимально припустимого значення довжини черги очікування.

Нехай ϵ потік заявок λ_H який забезпечує для СТО без поста приймання-діагностування коефіцієнт завантаження – середній по статистиці для СТО певного свого рівня (сегмента) (розмір, вартісна категорія, район функціонування). Тоді під підвищеною пропускну здатністю розуміємо збільшення потоку заявок до λ_K таким чином, щоб: коефіцієнт завантаження (основних постів ТО й Р) залишився тим же самим. Тоді [6, с. 95]:

$$C_1(\xi_d) = (\lambda_K(\xi_d) - \lambda_H) C_z \cdot D_w, \quad (5)$$

де C_z – середня вартість обслуговування однієї заявки; про; D_w – кількість днів роботи СТО за рік; λ_K і λ_H вимірюються в кількості заявок за день.

Нехай середня кількість додаткових несправностей, що припадає на одну заявку і яку може визначити діагностичний комплекс рівна $U_d(\xi_d)$. Тоді, враховуючи прийняті раніше позначення й вирази для інтенсивності надходження заявок на пости: приймання-діагностування $\lambda_d(\xi_d)$ [6, с. 95]:

$$C_2(\xi_d, \xi_p) = C_{z_1}(\xi_d) \cdot (\varphi \cdot U_3(\xi_d) \cdot K_{\text{ек}_1} + (1 - \varphi \cdot U_3(\xi_d)) \cdot K_{\text{пл}} \cdot K_{\text{ек}_2}) \times \\ \times U_d(\xi_d) \cdot K_{\text{кл}} \cdot \lambda_{\text{к}}(\xi_d) \cdot (1 - \chi(\xi_d)) \cdot D_w, \quad (6)$$

де C_{z_1} – середній прибуток від проведення робіт із усунення додатково виявленої несправності; $K_{\text{кл}}$ – частка клієнтів, які погоджуються на виконання робіт з усунення виявлених несправностей; $\chi(\xi_d)$ – функція відмови клієнтів, від проведення приймання-діагностування у зв'язку з перевищенням чергою максимально припустимого значення «т». Дорівнює ймовірності знаходження в стані ‘ $n+m$ ’ для СМО по зоні приймання.

Функція залежності вартісного параметра C_3 від наповнення діагностичного комплексу визначається з обробки статистичного опитування, з якого виводиться ступінь прихильності клієнтів до СТО в залежності від (якості) проведення первинного приймання (діагностування) автомобіля, наявності діагностичного обладнання на пості приймання-діагностування [6, с. 96]:

$$C_3 = \lambda_{\text{к}}(\xi_d) \cdot C_z \cdot D_w \cdot g(\xi_d), \quad (7)$$

де $g(\xi_d)$ – монотонно зростаюча функція, що має нульове значення при відсутності поста приймання на СТО і максимальне значення (при $\xi_d = 1$), що відповідає частці клієнтів, що відмовляються від послуг СТО після першого її відвідування з причин відсутності поста приймання-діагностування. Це значення визначається після обробки статистичних даних. У ході розрахунків параметрів математичної моделі функціонування СТО як СМО одними з вихідних параметрів є середнє завантаження постів ТО-Р, ймовірність відмови від очікування в черзі як на пости приймання-діагностування, так і на пости ТО-Р і т.п. Після розрахунків моделі СМО розрахунки C_4 проводиться у вигляді [6, с. 96]:

$$C_4 = (P_{k+r} \cdot \lambda_{\text{Н}} - P_{k+r}(\xi_d) \cdot \lambda_{\text{к}}(\xi_d)) \cdot C_z \cdot D_w, \quad (8)$$

де P_{k+r} – ймовірність відмови клієнта від очікування в черзі для СТО без поста приймання-діагностування, при потоці заявок $\lambda_{\text{Н}}$; $P_{k+r}(\xi_d)$ – теж саме що і P_{k+r} , але для СТО із постом приймання-діагностування. При потоці $\lambda_{\text{к}}(\xi_d)$, визначається після розрахунків СМО.

Вираз для C_5 будемо враховувати у вигляді [6, с. 96]:

$$C_5 = C_r \cdot K_r \cdot (1 - \xi_d) \cdot \lambda_{\text{к}}(\xi_d) \cdot C_z \cdot D_w, \quad (8)$$

де K_r – коефіцієнт пропорційності, що визначається із статистики по рекламаціях на СТО; C_r – середня вартість проведення робіт з рекламацій у зв'язку із пропусками несправностей.

Вираз для C_6 будується з врахуванням того, що, на діагностування попадають 2 підпотоки автомобілів: 1) по необхідності/і по можливості існуючого діагностичного комплексу/уточнити неоднозначний прояв несправності й визначити необхідну роботу; 2) профілактичне діагностування за рекомендацією персоналу СТО. Відповідно C_6 буде [6, с. 97]:

$$C_6(\xi_d, \xi_p) = C_{z_{e,1}}(\xi_d) \cdot (\varphi \cdot U_3(\xi_d) \cdot K_{\text{ек}_1} + C_{z_{e,2}}(\xi_d) (1 - \varphi \cdot U_3(\xi_d)) \times \\ \times K_{\text{пл}} \cdot K_{\text{ек}_2}) \cdot \lambda_{\text{к}}(\xi_d) \cdot (1 - P_{k+r}(\xi_d)) \cdot D_w, \quad (9)$$

де $C_{z_{e,1}}(\xi_d)$ – вартість проведення робіт з діагностування одного автомобіля з 1-го підпотокую;

$C_{z_{e,2}}(\xi_d)$ – вартість проведення робіт з діагностування одного автомобіля з 2-го підпотокую.

При цьому необхідно мати на увазі, що функції $C_{z_{e,i}}(\xi_d)$ можуть у першому наближенні збігатися, і значення функції не завжди просто пропорційні затрачуваному на діагностування часу

або кількості інформації (по суті, самій величині ξ_d) до певного обсягу охоплених діагностичних параметрів бути взагалі безкоштовною, тому що виконання додатково виявлених ремонтних робіт приносить додатковий прибуток. У формулі для $C_6(\xi_d)$ урахується, що з метою залучення клієнтів діагностування по заздалегідь заявлених неоднозначним проявах несправностей проводиться безкоштовно. Для знаходження значень параметрів, що є визначальними складовими в побудові цільовій функції, слід визначити ймовірності знаходження системи в кожному стані. Як уже говорилося, для останнього прийнятого випадку представлення станів системи дані дві лінії незалежних станів системи по двом вісям:

1) кількість заявок, що перебувають на постах ТО-Р, включаючи робочі пости кількістю 'k' і «резервні пости», що представляють собою зарезервовані позиції черги з обмеженням на кількість заявок, що очікують, кількістю 'r';

2) кількість заявок, що перебувають на пості(ах) приймання-діагностування, включаючи робочі пости кількістю 'n', а також «резервні пости», що представляють із себе зарезервовані позиції черги з обмеженням на кількість очікуваних заявок, кількістю 'm' Відповідно системи рівнянь створюються окремо для кожної з системи станів.

Для СМО зони приймання-діагностування повна система рівнянь буде мати вигляд [6, с. 98]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial P_{d_0}}{\partial t} = -P_{d_0} \cdot \lambda_d + P_{d_1} \cdot \mu_d \\ \frac{\partial P_{d_1}}{\partial t} = -P_{d_1} \cdot (\lambda_d + \mu_d) + P_{d_0} \cdot \lambda_d + P_{d_2} \cdot 2\mu_d \\ \dots \dots \dots \\ \frac{\partial P_{d_j}}{\partial t} = -P_{d_j} \cdot (\lambda_d + j \cdot \mu_d) + P_{d_{j-1}} \cdot \lambda_d + P_{d_{j+1}} \cdot (j+1)\mu_d, \quad j < n \\ \dots \dots \dots \\ \frac{\partial P_{d_j}}{\partial t} = -P_{d_j} \cdot (\lambda_d + n \cdot \mu_d) + P_{d_{j-1}} \cdot \lambda_d + P_{d_{j+1}} \cdot n \cdot \mu_d, \quad j \geq n \\ \dots \dots \dots \\ \frac{\partial P_{n+m-1}}{\partial t} = -P_{d_{n+m-1}} \cdot \lambda_d + P_{d_{n+m}} \cdot \mu_d \end{array} \right. \quad (10)$$

Тут P_{d_j} – ймовірність того, що в системі «приймання-діагностування» перебуває j заявок; μ_d – інтенсивність виконання робіт з оформлення заявок і проведення діагностування. Зауважимо, що формування значення λ_d буде показано далі залежно від структури діагностичних засобів і від вхідного потоку.

Для розв'язку системи з цим рівнянням додається ще нормуюче рівняння:

$$1 = \sum_{i=0}^{n+m} P_{d_i} \quad (11)$$

При повному розв'язку даної системи диференціальних рівнянь ми можемо одержати розгорнуту поведінку в часі поля ймовірностей для обраної структури по кожній вершині від стартового стану до настання стабілізації. У теорії масового обслуговування показується [7–12], що при найпростішому вхідному потоці заявок і найпростішому вихідному потоці /обслуговування/ відбувається згладжування початкових коливальних процесів і стабілізація розв'язків. Для знаходження розв'язку прийнятого в даній роботі завдання (при відсутності змін структури СМО, а також параметрів, що враховуються потоків у часі) слід розглядати саме стаціонарний розв'язок системи. Цей розв'язок може бути знайдений більш простим шляхом. Оскільки при прагненні $t \rightarrow 0$ відбувається стабілізація всіх розв'язків, ліва частина всіх рівнянь у системі рівнянь (10) прирівнюється до нуля, в результаті потрібно розв'язати тільки систему лінійних рівнянь [6, с. 100]:

$$\left\{ \begin{array}{l}
0 = -P_{d_0} \cdot \lambda_d + P_{d_1} \cdot \mu_d \\
0 = -P_{d_1} \cdot (\lambda_d + \mu_d) + P_{d_0} \cdot \lambda_d + P_{d_2} \cdot 2\mu_d \\
\dots\dots\dots \\
0 = -P_{d_j} \cdot (\lambda_d + j \cdot \mu_d) + P_{d_{j-1}} \cdot \lambda_d + P_{d_{j+1}} \cdot (j+1)\mu_d, \quad j < n \\
\dots\dots\dots \\
0 = -P_{d_j} \cdot (\lambda_d + n \cdot \mu_d) + P_{d_{j-1}} \cdot \lambda_d + P_{d_{j+1}} \cdot n \cdot \mu_d, \quad j \geq n \\
\dots\dots\dots \\
0 = -P_{n+m-1} \cdot \lambda_d + P_{n+m} \cdot \mu_d \\
1 = \sum_{i=0}^{n+m} P_{d_i}
\end{array} \right. \quad (12)$$

В результаті одержимо наступні важливі й необхідні в подальших розрахунках розв'язки для даної системи-СМО зони приймання-діагностування:

1) ймовірність того, що в системі немає жодної вимоги, тобто вільні всі «робочі» пости й у черзі заявок немає. Цей параметр є базовим для розрахунків інших параметрів СМО [6, с. 100]:

$$P_{d_0} = \left[\sum_{i=1}^n \frac{\rho_d^i}{i!} + \frac{\rho_d^n}{n!} \sum_{s=1}^m \left(\frac{\rho_d}{n} \right)^s \right]^{-1}, \quad (13)$$

де ρ_d – приведена щільність потоку відмов (заявок) по системі «пост приймання-діагностування» [6, с. 100]:

$$\rho_d = \frac{\lambda_d}{\mu_d}, \quad (14)$$

2) ймовірність знаходження системи в стані « i »:

$$P_{d_i} = \frac{\rho_d^i}{i!} \cdot P_{d_0} \quad (1 \leq i \leq n) \quad (15)$$

$$P_{d_i} = \frac{\rho_d^i}{n! \cdot n^{(i-n)}} \cdot P_{d_0} \quad (n \leq i \leq n+m)$$

3) ймовірність відмови заявці, що надійшла, в обслуговуванні, тобто ймовірність знаходження системи в останньому допустимому стані ($N \geq n+m$):

$$P_{d_{n+m}} = \frac{\rho_d^{n+m}}{n! \cdot n^m} \cdot P_{d_0} \quad (16)$$

При цій події заявка, що вимагала проведення попереднього діагностування, надходить на ремонтні пости (або в чергу на пости ТО-Р) без проведення діагностування, на постах приймання.

4) середня кількість зайнятих постів приймання в режимі, що встановився [6, с. 101]:

$$G_d = \left[\sum_{i=0}^{n-1} \frac{\rho_d^{i+1}}{i!} + \frac{\rho_d^n}{(n-1)!} \cdot \sum_{s=1}^m \left(\frac{\rho_d}{n} \right)^s \right] \cdot P_{d_0} \quad (17)$$

Знаючи середню кількість зайнятих постів приймання-діагностування ми можемо порахувати середнє значення доходу в одиницю часу від проведення діагностування на постах приймання при

розрахунках економічних показників незалежно по обох лініях і при різних нормативах вартості на постах приймання-діагностування й на постах ТО-Р. Аналогічно проведеним розрахункам по лінії СМО «приймання-діагностування» проводяться розрахунки по лінії СМО «ТО-Р». Система рівнянь (18) [6, с. 101]:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 = -P_{u_0} \cdot \lambda_u + P_{u_1} \cdot \mu_u \\ 0 = -P_{u_1} \cdot (\lambda_u + \mu_u) + P_{u_0} \cdot \lambda_u + P_{u_2} \cdot 2\mu_u \\ \dots\dots\dots \\ 0 = -P_{u_j} \cdot (\lambda_u + j \cdot \mu_u) + P_{u_{j-1}} \cdot \lambda_u + P_{u_{j+1}} \cdot (j+1)\mu_u, j < n \\ \dots\dots\dots \\ 0 = -P_{u_j} \cdot (\lambda_u + n \cdot \mu_u) + P_{u_{j-1}} \cdot \lambda_u + P_{u_{j+1}} \cdot n \cdot \mu_u, j \geq n \\ \dots\dots\dots \\ 0 = -P_{n+m-1} \cdot \lambda_u + P_{n+m} \cdot \mu_u \\ 1 = \sum_{i=0}^{n+m} P_{u_i} \end{array} \right. \quad (18)$$

Приводить до знаходження розв'язків для СМО зони ТО-Р, аналогічним (13–17):

1) ймовірність того, що в системі немає жодної вимоги, тобто вільні всі «робочі» пости і в черзі заявок немає [6, с. 102]:

$$P_{u_0} = \left[\sum_{i=0}^k \frac{\rho_u^i}{i!} + \frac{\rho_u^k}{k!} \cdot \sum_{s=1}^r \left(\frac{\rho_u}{k} \right)^s \right]^{-1}, \quad (19)$$

2) ймовірність знаходження системи в стані «i»:

$$P_{u_i} = \frac{\rho_u^i}{i!} \cdot P_{u_0} \quad (1 \leq i \leq k) \quad (20)$$

$$P_{u_i} = \frac{\rho_u^i}{k! \cdot k^{(i-k)}} \cdot P_{u_0} \quad (k \leq i \leq k+r)$$

3) ймовірність відмови заявці, що надійшла, в обслуговуванні, тобто ймовірність знаходження системи в останньому допустимому стані (№ k+r). В цій СМО відмова від обслуговування (тобто відмова клієнта від очікування в черзі при перевищенні заданої величини, обумовленої із психологічних уявлень клієнта, шляхом обробки статистичних даних) призводить до втрати клієнта і зниження доходу СТО [6, с. 102]:

$$P_{u_{k+r}} = \frac{\rho_u^{k+r}}{k! \cdot k^r} \cdot P_{u_0} \quad (21)$$

4) середня кількість зайнятих постів в усталеному режимі [6, с. 102]:

$$G_u = \left[\sum_{i=0}^{k-1} \frac{\rho_u^{i+1}}{i!} + \frac{\rho_u^k}{(k-1)!} \cdot \sum_{s=1}^r \left(\frac{\rho_u}{k} \right)^s \right] \cdot P_{u_0} \quad (22)$$

Знаючи середню кількість зайнятих постів ТО-Р ми можемо порахувати середнє значення прибутку за одиницю часу від проведення робіт на постах ТО-Р. У формулах (18–22) прийняті позначення:

P_{u_j} – ймовірність того, що в системі постів і черги «ТО-Р» перебуває j заявок;

λ_u – інтенсивність надходження заявок на проведення робіт з ТО-Р автомобілів. Формування її значення буде показано далі залежно від структури діагностичних засобів і від вхідного потоку;

μ_u – інтенсивність виконання робіт з оформлення заявок і проведення діагностики. Цей параметр, на відміну від μ_d , є функцією від структури й оснащення обладнанням зони «приймання-діагностування»;

k – кількість постів ТО-Р;

r – максимальна кількість резервних місць у черзі – обмеження по черзі, при досягненні (перевищенні) якої всі вимоги, що надходять, відхиляються. У цій системі масового обслуговування (лінія ТО-Р) відхилення заявки, як уже говорилося вище, означає втрату клієнта;

ρ_u – наведена щільність потоку відмов по системі «пости ТО-Р», або мінімально необхідна кількість постів для СМО без обмеження черги:

$$\rho_u = \frac{\lambda_u}{\mu_u} \quad (23)$$

Як ми вже відзначали, розглянуті окремо лінії СМО пов'язані через вплив функціонування лінії «приймання-діагностування» на параметри, що визначають роботу лінії СМО «ТО-Р» – λ_u , і μ_u . Розглянемо, яким чином проявляється цей вплив у функціональному вигляді. Задамо в символічному вигляді згадані раніше функціональні залежності, що пов'язані зі структурою й повнотою використовуваного діагностичного комплексу. Вище вже були названі функція вартості комплексу $f_1(\xi_d)$, а також коефіцієнти φ , $K_{рд}$, $K_{ск}$ і $K_{кл}$, функції $U_3(\xi_d)$ і $U_d(\xi_d)$. Додамо до них також:

$K_{kd}(\xi_d)$ – коефіцієнт, що показує, на скільки знижується тривалість проведення робіт у зоні ТО-Р з усунення заявленої (заявлених) несправності(-ей) після проведення попереднього діагностичного тестування;

$T_{r-d}(\xi_d)$ – середній час ремонту по діагностованих складових однієї заявки, яка має несправності, що входять у список діагностованих згідно поточних можливостей поста приймання-діагностування (ξ_d), але обслуговується на постах ТО-Р без попереднього діагностування. При цьому повний (комплексний) середній час проведення робіт у зоні ТО-Р за подібною заявкою може бути прийнятий рівним [6, с. 104]:

$$T_{r-d-k}(\xi_d) = T_{r-d}(\xi_d) + t_s \cdot \varphi_H, \quad (24)$$

де t_s – середній час ремонту на постах ТО-Р за заявками, що не мають діагностованих несправностей (однозначні заявки) і недіагностованими складовими, за іншими заявками. В спрощеному варіанті можемо прийняти їхніми подібними й рівними.

φ_H – частка заявок, в яких є недіагностовані на пості приймання-діагностування несправності й однозначні роботи.

При цьому середній час ремонту T_ϕ за рештою заявками, що не входять у цю множину знаходимо з рівняння [6, с. 104]:

$$T_c = T_\phi(\xi_d) \cdot (1 - \varphi \cdot U_3(\xi_d) + T_{r-d-k}(\xi_d) \cdot \varphi \cdot U_3(\xi_d)) \quad (25)$$

і воно буде дорівнювати [6, с. 104]:

$$T_\phi(\xi_d) = (T_c - T_{r-d-k}(\xi_d) \cdot \varphi \cdot U_3(\xi_d)) / (1 - \varphi \cdot U_3(\xi_d)) \quad (26)$$

Тут T_c – середній час обслуговування однієї заявки при відсутності, поста приймання-діагностування.

Введемо також наступні часові характеристики:

$T_{дод}(\xi_d)$ – середній час проведення ремонтних робіт на постах ТО-Р по тих несправностях, які були додатково виявлені при проведенні приймання-діагностування;

$T_d(\xi_d)$ – середній час проведення робіт із приймання-діагностування по заявках, що включають прояв несправності, які можуть бути, продіагностовані при поточному рівні оснащення постів приймання-діагностування (потік S_2).

Вище вже була згадана величина $T_{cd}(\xi_d)$, докладний опис знаходження якої було відкладено. Тепер для знаходження формули для $T_{cd}(\xi_d)$ розглянемо, з яких «підпотоків» складається загальний змішаний потік заявок на пости ТО-Р. Цей змішаний потік залежить від структури діагностичного

комплексу дільниці приймання й від прийнятої політики проведення приймання-діагностування на СТО. Отже, загальний потік робіт (несправностей), які мають бути виконані на постах ТО-Р, формується з [6, с.105]:

1) однозначних робіт, (причому незалежно, чи були заявки, спрямовані на додаткове діагностування / з метою виявлення можливих додаткових несправностей/ або ні, відмовилися власники від проходження додаткової діагностики в принципі, або у зв'язку з великою чергою очікування в зону приймання-діагностування, або ні);

2) робіт з усунення неоднозначних несправностей, які були виявлені й спрямовані на пости ТО-Р з точними вказівками з проведення необхідних робіт;

3) робіт з усунення додаткових несправностей, які були виявлені при прийманні-діагностуванні (на яку погодився власник і не відмовився через велику чергу) і по яких власник погодився на проведення ремонтних робіт з їх усунення:

a) вихідна заявка містила неоднозначні продіагностовані несправності;

b) вихідна заявка містила неоднозначні несправності, які не можуть бути продіагностовані при поточному комплексі діагностичних засобів на постах приймання-діагностування;

c) вихідна заявка не містила неоднозначних несправностей;

4) робіт з усунення неоднозначних несправностей, які, хоча й попадали в «спектр можливостей» існуючого діагностичного комплексу, але не були продіагностовані у зв'язку з тим, що черга очікування на пост(и) приймання-діагностування перевищувала задане обмеження, і тому були спрямовані на пости ТО-Р без уточнення (з вихідним) часу проведення ремонтних робіт;

5) робіт з усунення неоднозначних несправностей, які не попадали в «спектр можливостей» існуючого діагностичного комплексу.

Таблиця 1 – Середні значення « T » виконання робіт в зоні ТО-Р за потоками несправностей та їх частка в загальному потоці [6, с. 106]

Table 1 –The average value of « T » of work in the area of maintenance and repair of fault flows and their share in the total flow [6, p. 106]

Індекс потоку	Середній час « T »	Частка в загальному потоці заявок
1	t_s	$P_1 = \varphi_n$
2	$T_{r-d}(\xi_d) / K_{ad}(\xi_d)$	$P_2 = \varphi \cdot U_3(\xi_d) \cdot (1 - P_{d_{m+n}}(\xi_d))$
3a	$T_{доп_1}(\xi_d) \cdot U_{d_1}(\xi_d)$	$P_{3a} = K_{кл} \cdot K_{ск_1} \cdot \varphi \cdot U_3(\xi_d) \cdot (1 - P_{d_{m+n}}(\xi_d))$
3b	$T_{доп_2}(\xi_d) \cdot U_{d_2}(\xi_d)$	$P_{3b} = K_{кл} \cdot K_{ск_1} \cdot \varphi \cdot (1 - U_3(\xi_d)) \cdot K_{рд} \cdot K_{кc_2} \cdot (1 - P_{d_{m+n}}(\xi_d))$
3c	$T_{доп_2}(\xi_d) \cdot U_{d_2}(\xi_d)$	$P_{3c} = K_{кл} \cdot (1 - \varphi) \cdot K_{рд} \cdot K_{кc_2} \cdot (1 - P_{d_{m+n}}(\xi_d))$
4	$T_{r-d}(\xi_d)$	$P_4 = \varphi \cdot U_3(\xi_d) \cdot P_{d_{m+n}}(\xi_d)$
5	$T_{n-r-d}(\xi_d)$	$P_5 = \varphi \cdot (1 - U_3(\xi_d))$

Розглянемо чому рівні середні значення часу « T » виконання робіт у зоні ТО-Р потоків несправностей та їх частка в загальному потоці (ймовірності « P »). Відповідні вирази наведені в табл. 1. Тут для величини $T_{доп_1}(\xi_d)$ і $T_{доп_2}(\xi_d)$ введені індекси для розрізнення походження величин – чи виявлені додаткові несправності попутно або по заявочній, тобто рекомендаційній діагностиці. Те ж стосується й величин $U_{d_1}(\xi_d)$ і $U_{d_2}(\xi_d)$.

В табл. 1 введена і не позначена раніше величина $T_{n-r-d}(\xi_d)$. Ця величина є середнім часом проведення робіт в зоні ТО-Р винятково по тим несправностям, які охоплені підпотоком №5. Для визначення значення цієї змінної складемо рівняння нормування для величин $T_{n-r-d}(\xi_d)$ і $T_{r-d}(\xi_d)$ [6, с. 107]:

$$T_{r-d}(1) = T_{n-r-d}(\xi_d) \cdot (1 - U_3(\xi_d) + T_{r-d}(\xi_d) U_3(\xi_d)) \quad (27)$$

звідки:

$$T_{n-r-d}(\xi_d) = (T_{r-d}(1) - T_{r-d}(\xi_d) \cdot U_3(\xi_d)) / (1 - U_3(\xi_d)) \quad (28)$$

Тоді можна зауважити, що по тому потоку, який попадає на діагностичні пости приймання середній час виконання заявки зміниться і становитиме:

$$\begin{aligned}
T_{d-r}(\xi_d) = & ((T_{r-d}(\xi_d) / K_{id}(\xi_d)) \cdot \varphi \cdot U_3(\xi_d) + t_s \cdot \varphi_H) + \\
& + (T_{доп_2}(\xi_d) \cdot U_{d_2}(\xi_d) \cdot (1 - \varphi \cdot U_3(\xi_d))) \cdot K_{рд} \cdot K_{ск_2} + \\
& + T_{доп_1}(\xi_d) \cdot U_{d_1}(\xi_d) \cdot K_{ск_1} \cdot \varphi \cdot U_3(\xi_d)) \cdot K_{кл} \times \\
& \times (1 - P_{d_{m+n}}(\xi_d) / (((1 - \varphi \cdot U_3(\xi_d)) \cdot K_{рд} \cdot K_{ск_2} + \\
& + K_{ск_1} \cdot \varphi \cdot U_3(\xi_d)) \cdot K_{кл} + \varphi \cdot U_3(\xi_d) \cdot (1 - P_{d_{m+n}}(\xi_d))))
\end{aligned} \tag{29}$$

Ці заявки становлять тільки частку від усього потоку. Для визначення повного результуючого впливу поста приймання-діагностування на інтенсивність виконання заявок на постах ТО-Р врахуємо частку всіх цих заявок в потоках, які вони складають. У відповідності з прийнятими позначеннями частки потоку, який входить на лінію «приймання-діагностування», рівні відповідно $\varphi \cdot U_3(\xi_d)$ та $\varphi \cdot (1 - \varphi \cdot (1 - U_3(\xi_d))) \cdot K_{рд} \cdot K_{ск_2}$ і при цьому величина потоку, на якому був зроблений вплив операцій, проведених при діагностиці (заявки, що «дочекалися» проведення діагностування), ще менше й (з урахуванням відмови заявки від очікування в черзі на пост діагностування) зменшується в пропорції $1 - P_{d_{m+n}}(\xi_d)$.

Отже, у результаті середній час виконання заявки на постах ТО-Р в залежності від оснащення поста приймання-діагностування може бути розраховане як [6, с. 108]:

$$\begin{aligned}
T_{cd}(\xi_d, \xi_p) = & t_s \cdot \varphi_H + (T_{r-d}(\xi_d) / K_{id}(\xi_d)) \cdot P_2 + \\
& + T_{доп_1}(\xi_d) \cdot U_{d_1}(\xi_d) \cdot P_{3a} + T_{доп_2}(\xi_d) \cdot U_{d_2}(\xi_d) \cdot P_{3b} + \\
& + T_{доп_2}(\xi_d) \cdot U_{d_2}(\xi_d) \cdot P_{3c} + T_{r-d}(\xi_d) \cdot P_4 + T_{n-r-d}(\xi_d) \cdot P_5
\end{aligned} \tag{30}$$

Тут для спрощення формули ймовірності дані в їхньому індексному вигляді, і далі з тою ж метою знімається вказівка на незалежний параметр ξ_d .

Спробуємо спростити й перевірити даний вираз. Приймаємо в подальшому [6, с. 108]:

$$T_{cd} = t_s \cdot \varphi_H + T_{r-d}(\xi_d) \cdot \varphi \cdot U_3(\xi_d) + T_{n-r-d}(\xi_d) \cdot \varphi \cdot (1 - U_3(\xi_d)) \tag{31}$$

$$\begin{aligned}
T_{cd} = & t_s \cdot \varphi_H + (T_{r-d} / K_{id}) \cdot P_2 + T_{доп_1} \cdot U_{d_1} \cdot P_{3a} + T_{доп_2} \cdot U_{d_2} \cdot P_{3b} + T_{доп_2} \cdot U_{d_2} \cdot P_{3c} + T_{r-d} \cdot P_4 + T_{n-r-d} \cdot P_5 = \\
= & t_s \cdot \varphi_H + (T_{r-d} / K_{id}) \cdot \varphi \cdot U_3 \cdot (1 - P_d) + T_{доп_1} \cdot U_{d_1} \cdot K_{кл} \cdot K_{ск_1} \cdot \varphi \cdot U_3 \cdot (1 - P_d) + \\
& + T_{доп_2} \cdot U_{d_2} \cdot K_{кл} \cdot \varphi \cdot (1 - U_3) \cdot K_{рд} \cdot K_{ск_2} \cdot (1 - P_d) + T_{доп_2} \cdot U_{d_2} \cdot K_{кл} \cdot (1 - \varphi) \times \\
& \times K_{рд} \cdot K_{ск_2} \cdot (1 - P_d) + T_{r-d} \cdot \varphi \cdot U_3 \cdot P_d + T_{n-r-d} \cdot \varphi \cdot (1 - U_3) = \\
= & t_s \cdot \varphi_H + (T_{r-d} / K_{id}) \cdot \varphi \cdot U_3 \cdot (1 - P_d) + T_{доп_1} \cdot U_{d_1} \cdot K_{кл} \cdot K_{ск_1} \cdot \varphi \cdot U_3 \cdot (1 - P_d) + \\
& + T_{доп_2} \cdot U_{d_2} \cdot K_{кл} \cdot \varphi \cdot (1 - U_3) \cdot K_{рд} \cdot K_{ск_2} \cdot (1 - P_d) + T_{r-d} \cdot \varphi \cdot U_3 \cdot P_d + T_{n-r-d} \cdot \varphi \cdot (1 - U_3) + \\
& + T_{r-d} \cdot \varphi \cdot U_3 - T_{r-d} \cdot \varphi \cdot U_3 = t_s \cdot \varphi_H + (T_{r-d} / K_{id}) \cdot \varphi \cdot U_3 \cdot (1 - P_d) + T_{доп_1} \cdot U_{d_1} \cdot K_{кл} \cdot K_{ск_1} \cdot \varphi \cdot U_3 \cdot (1 - P_d) + \tag{32} \\
& + T_{доп_2} \cdot U_{d_2} \cdot K_{кл} \cdot \varphi \cdot (1 - U_3) \cdot K_{рд} \cdot K_{ск_2} \cdot (1 - P_d) - T_{r-d} \cdot \varphi \cdot U_3 \cdot (1 - P_d) + \\
& + T_{n-r-d} \cdot \varphi \cdot U_3 \cdot (1 - P_d) + T_{r-d} \cdot \varphi \cdot U_3 \cdot (1 - P_d) = \\
= & T_c + (T_{r-d} / K_{id}) \cdot \varphi \cdot U_3 \cdot (1 - P_d) + T_{доп_1} \cdot U_{d_1} \cdot K_{кл} \cdot K_{ск_1} \cdot \varphi \cdot U_3 \cdot (1 - P_d) + \\
& + T_{доп_2} \cdot U_{d_2} \cdot K_{кл} \cdot \varphi \cdot (1 - U_3) \cdot K_{рд} \cdot K_{ск_2} \cdot (1 - P_d) - T_{r-d} \cdot \varphi \cdot U_3 \cdot (1 - P_d) = \\
= & T_c - T_{r-d} \cdot (1 - K_{id}) \cdot \varphi \cdot U_3 \cdot (1 - P_d) + T_{доп_1} \cdot U_{d_1} \cdot K_{кл} \cdot K_{ск_1} \cdot \varphi \cdot U_3 \cdot (1 - P_d) + \\
& + T_{доп_2} \cdot U_{d_2} \cdot K_{кл} \cdot \varphi \cdot (1 - U_3) \cdot K_{рд} \cdot K_{ск_2} \cdot (1 - P_d)
\end{aligned}$$

Остаточно одержуємо вираз, що містить вихідне значення часу T_c , додаткову складову, що показує зменшення тривалості у зв'язку з уточненням необхідних ремонтних робіт за рахунок діагностики й доповнення, що дають збільшення ремонтного часу за заявкою за рахунок усунення додатково виявлених несправностей.

Значення інтенсивності виконання робіт на постах ТО-Р визначатиметься [6, с. 110]:

$$\mu(\xi_d) = T_{3M} / T_{cd}(\xi_d) \quad (33)$$

де T_{3M} – тривалість (кількість годин) роботи СТО на добу.

Розглянемо значення інтенсивності виконання робіт на постах приймання-діагностування [6, с. 110]:

$$\mu_d(\xi_d) = T_{3M} / T_{d-s}(\xi_d) \quad (34)$$

де $T_{d-s}(\xi_d)$ – середній час обробки однієї, що попадає на ці пости, заявки. $T_{d-s}(\xi_d)$ буде визначатися по чотирьох складових (табл. 1) – потокам 2; 3а, 3б, 3с. Використаємо, наведені в табл. 1 вирази, для ймовірностей відповідних випадків з урахуванням того, що в даних розрахунках беруться до уваги тільки ті заявки, по яких була проведена робота на постах приймання-діагностування /не враховується складова $(1 - P_{d_{mn}}(\xi_d))$ [6, с. 110]:

$$T_{d-s}(\xi_d) = T_{d-m} \cdot \varphi \cdot U_3(\xi_d) + T_{dp_1}(\xi_d) \cdot K_{ck_1} \cdot \varphi \cdot U_3(\xi_d) + T_{dp_2}(\xi_d) \cdot (1 - \varphi \cdot U_3(\xi_d)) \cdot K_{рд} \cdot K_{ck_2} \quad (35)$$

де T_{d-m} – середній час проведення приймання-діагностування по заявленому неоднозначному прояву несправності;

$T_{dp_1}(\xi_d)$ – середній час проведення додаткового попереднього діагностування за заявкою, у якій утримувалися неоднозначні прояви несправностей. Залежить від кількості проведених діагностичних операцій і наявного обладнання;

$T_{dp_2}(\xi_d)$ – середній час проведення додаткового діагностування за заявкою, в якій або не містилися, неоднозначні прояви несправностей, або вони не підпадали під можливості існуючого на прийманні діагностичного комплексу 3 очевидних міркувань із великою точністю можемо прийняти [6, с. 110]:

$$T_{dp_2}(\xi_d) = T_{dp_1}(\xi_d) + T_{d-m} \quad (36)$$

і тоді:

$$T_{d-s}(\xi_d) = T_{d-m} \cdot \varphi \cdot U_3(\xi_d) \cdot (1 - K_{ck_1}) + T_{dp_2}(\xi_d) \cdot (K_{ck_1} \cdot \varphi \cdot U_3(\xi_d) + (1 - \varphi \cdot U_3(\xi_d)) \cdot K_{рд} \cdot K_{ck_2}) \quad (37)$$

Значення інтенсивності надходження заявок на пости приймання становитиме [6, с. 111]:

$$\lambda_d(\xi_d) = \lambda_u \cdot (\varphi \cdot U_3(\xi_d) + (1 - \varphi \cdot U_3(\xi_d)) \cdot K_{рд} \cdot K_{ck_2}) \quad (38)$$

Значення інтенсивності надходження заявок у систему λ_u приймається таким, щоб коефіцієнт заповнення постів залишався постійним. Для цього, побудувавши (шляхом послідовних підстановок) функцію залежності $G_u(\lambda_u)$ (при зафіксованому комплексі значень усіх інших параметрів, варіацією яких і проводиться аналіз залежності оптимальних розв'язків від потужності СТО і порівнявши її заданому значенню $K_{зан}$, знаходимо [6, с.111]:

$$\lambda_u = G_u^{-1}(K_{зан}) \quad (39)$$

де G_u^{-1} – зворотна функція до G_u .

Таким чином, одержуємо ланцюжок функцій. По ланцюжкові залежних змінних одержуємо [6, с. 111]:

$$\begin{aligned} \lambda_u &\rightarrow [\lambda_d(\xi_d), \mu_d(\xi_d)] \rightarrow P_{d_{mn}}(\xi_d) \rightarrow T_{cd}(\xi_d, m, n) \rightarrow \rho_u(\xi_d, m, n) \rightarrow \\ &\rightarrow K_{зан} = G_u(\xi_d, m, n, k, r) \rightarrow \lambda_u = G_u^{-1}(K_{зан}) \end{aligned} \quad (40)$$

і, отже, маємо залежність:

$$\lambda_u = \lambda_u(\xi_d, m, n, k, r, K_{зан}) \quad (41)$$

Такий підхід визначається методом оцінки збільшення потоку, що обслуговується, як різниця між λ_u до і після введення поста приймання-діагностування при фіксації коефіцієнта $K_{зан}$ заповнення постів зони ТО-Р. У той же час, при допущенні можливого значного збільшення вхідного потоку, виходячи з рівняння цільової функції (1) (постійна прив'язка клієнта до СТО із постом приймання і т.д.) – СТО при залишенні тієї ж кількості постів ТО-Р, що й раніше, може не впоратися з потоком робіт і неминуче втрачатиме клієнтів. У зв'язку із цим для того, щоб коректніше оцінити ефективність створення на СТО поста приймання, розглянемо зворотне завдання, а саме, після визначення λ_u , що відповідає заданому $K_{зан}$ при наявності поста(ів) приймання-діагностування, визначимо, з якого початкового λ_u СТО могло б піднятися /за рахунок описаного у формулі 1 / до цього рівня. Саме цю різницю й можна вважати максимально можливою вигодою. Крім того, усі розрахунки можуть проводитися для різних початкових $K_{зан}$, розраховуючи, до якого $K_{зан}$ СТО може піднятися, і приймати рішення чи можна при цьому переходити на іншу кількість постів ТО-Р. Тобто розрахунки – оцінка ефективності і її значення – можуть проводитися для декількох варіантів розвитку СТО. Для побудови, показаних вище функцій із статистичних спостережень приймемо, що ймовірності появи несправностей по системах №*i* в довільно взятій заявці відомі. Нехай є $P(a)$, $P(b)$ і т.д. Нехай є тривалості виконання відповідних робіт на постах ТО й $P-t(a)$, $t(b)$ і т.д., і є t_s – середній час ремонту на постах ТО-Р за заявками, що не мають виявлених несправностей і не діагностованих складових інших заявок. Приймемо можливість наявності в одній заявці декількох оголошених несправностей/(проявів несправностей). Допустимо також можливість пов'язаних несправностей усередині однієї групи (по прийнятій класифікації «нарощування» діагностичного обладнання) і незначну малу ймовірність взаємовпливу між групами. Тоді для $U_3(\xi_d)$ буде вірним (з урахуванням того, що ξ_d змінюється не безперервно а дискретно, за значеннями a , $a+b$, $a+b+c$ і т.д. – а безперервність з'являється при апроксимації по набору дискретних значень) [6, с. 113]:

$$\begin{aligned} U_3(\xi_d(a)) &= \frac{P(a)}{\varphi}; \\ U_3(\xi_d(a+b)) &= \frac{P(a) + P(b) \cdot (1 - P(a))}{\varphi} = \frac{\varphi \cdot U_3(\xi_d(a)) + P(b) \cdot (1 - \varphi \cdot U_3(\xi_d(a)))}{\varphi}; \\ U_3(\xi_d(a+b+c)) &= \frac{\varphi \cdot U_3(\xi_d(a+b)) + P(c) \cdot (1 - \varphi \cdot U_3(\xi_d(a+b)))}{\varphi} \\ &\dots \end{aligned} \quad (42)$$

інакше:

$$\begin{aligned} U_3(\xi_d(a)) &= \frac{P(v)}{\varphi} + U_3(\xi_{d_{v-1}}) \cdot (1 - P(v)); \\ U_3(\xi_{d_0}) &= 0 \end{aligned} \quad (43)$$

де v – номер «ступеня» охоплення сукупності діагностичних проявів по системах, включених в комплекс діагностування; ξ_{d_i} – частка охоплення повного можливого поля неоднозначних проявів несправностей на i -му кроці підключення (нарощування) діагностичного комплексу; $P(v)$ – ймовірність (повна, незалежна) появи в заявці несправностей з комплексу несправностей, «що підключаються» до діагностичних можливостей на « v »-му кроці нарощування діагностичного комплексу.

Відповідно для $T_{r-d}(\xi_d)$ буде вірним [6, с.113]:

$$T_{r-d}(\xi_d, \xi_p) = \frac{\sum_1^v P(i) \cdot t(i)}{\sum_1^v P(i)}, \quad (44)$$

де $t(i)$ – середня тривалість ремонтних робіт, проведених по несправностям, які можуть бути продіагностовані обладнанням, що підключаються на i -му кроці.

Розглянемо, чи існує і наскільки істотна різниця між параметрами, що задають величини додаткової трудомісткості, додаткового необхідного часу, що збільшує тривалість обробки однієї заявки за рахунок додатково виявлених несправностей автомобіля, а саме: $T_{\text{дод}_1}(\xi_d) \cdot U_{d_1}(\xi_d)$ і $T_{\text{дод}_2}(\xi_d) \cdot U_{d_2}(\xi_d)$ (формула 32; табл. 1). Кожний із наведених у формулі добутоків, що включають розглянуті величини, є додатковий сумарний час від відповідного підпотокі, тому для їх порівняння не обов'язково розрізняти кожну зі змінних у добутку. Отже, нехай на СТО є комплекс обладнання v -го кроку, і кожний «ступінь підключення діагностичного обладнання» має відповідний номер i . Нехай для автомобілів, що попадають на діагностування «профілактично», ймовірність виявлення додаткової, несправності по «профілю» обладнання, що підключається на кроці i , є P_{y_i} , а середня тривалість проведення ремонтних робіт з усунення виявленого дефекту – t_{y_i} . Тоді буде вірним [6, с. 114]:

$$T_{\text{дод}_2}(\xi_d, \xi_p) \cdot U_{d_2}(\xi_d, \xi_p) = \sum_1^v P_{y_i} \cdot t_{y_i} \quad (45)$$

У той же час для несправностей, що виявляються додатково, на потоці 3а (табл. 2.1) при вихідній несправності, що спричинила попадання автомобіля на діагностику, що входить в «профіль» устаткування, що підключається на кроці, наприклад, j , ймовірність P_{y_j} того, що й по цьому j -му «відрізку спектра» діагностичних параметрів також будуть виявлені ще несправності (тобто отримана не одна несправність), буде меншою, ніж P_{y_j} . Оскільки попадання заявок у рамках потоку 3а на діагностування відбувається по різним j -м підгрупам обладнання, остаточно для середньої добавки часу, «вихідної» із цього потоку, одержимо [6, с. 115]:

$$\begin{aligned} P_{\text{дод}_1}(\xi_d, \xi_p) \cdot U_{d_1}(\xi_d, \xi_p) &= \sum_{i=1}^v P_{y_i} \cdot t_{y_i} - \frac{\sum_{j=1}^v P(j) \cdot (P_{y_j} - P_{x_j}) \cdot t_{y_j}}{\sum_{j=1}^v P(j)} = \\ &= \sum_{i=1}^v \left\{ t_{y_i} \cdot \left(P_{y_i} - \frac{P(j) \cdot (P_{y_j} - P_{x_j})}{\sum_{j=1}^v P(j)} \right) \right\} = \sum_{i=1}^v \left\{ t_{y_i} \cdot P_{y_i} \left(1 - \frac{P(j) \cdot \left(1 - \frac{P_{x_j}}{P_{y_j}} \right)}{\sum_{j=1}^v P(j)} \right) \right\} \end{aligned} \quad (46)$$

Тобто різниця між двома розглянутими величинами виникає через те, що за заявками, яким було рекомендовано пройти діагностування з метою виявлення /можливих/ додаткових дефектів, у кожній з j -х груп діагностичних параметрів буде трохи більша ймовірність виявлення додаткової несправності. Оцінімо цю різницю. По-перше, кількість різних, найчастіше різнотипних несправностей, які можуть бути виявлені за допомогою діагностичного обладнання, що підключається на j -му кроці, значна, у зв'язку із чим становить не менш 0,7–0,8 від P_{y_j} . По-друге, як показали подальші розрахунки як з поділом $T_{\text{дод}_1}$ і $T_{\text{дод}_2}$, так і з їхнім об'єднанням, оптимальною структурою діагностичного комплексу в зоні приймання є така, при якій використовується комплекс не менше 5-го – 6-го кроку (при 8-ми кроках нарощування обладнання). Відповідно й відношення $P(j)$ до суми $P(j)$ по набраних кроках оснащення / при раціональній послідовності їх нарощування/ становить у такому разі не більш 0,20–0,25. Отже, оціночно в чутливій області прийняття рішення різниця між досліджуваними величинами складе 4–6%. Приймаючи до уваги також ту обставину, що існує певна кореляція між фактом виявлення додаткових несправностей і загальним технічним станом (віком) автомобіля, а також між станом автомобіля і ймовірністю того, що при заїзді на СТО автомобіль буде мати неоднозначні прояви (складних) несправностей, тобто в потоці «3а» автомобілі

в середньому будуть трохи більш «навантажені» прихованими дефектами, які ще не виявилися, для спрощення процедури збору даних при реальному застосуванні розроблюваної методики було ухвалено рішення допустити об'єднання досліджуваних величин і використовувати єдине позначення $T_{\text{дол}}(\xi_d)$ і $U_d(\xi_d)$. Тоді формула (32) перетворюється в [6, с. 116]:

$$\begin{aligned}
 T_{cd}(\xi_d) &= T_c - T_{r-d}(\xi_d) \cdot (1 - 1/K_{id}(\xi_d)) \cdot \varphi \cdot U_3(\xi_d) \cdot (1 - P_{d_{\text{ма}}}) + \\
 &+ T_{\text{дол}_1}(\xi_d) \cdot U_{d_1}(\xi_d) \cdot K_{\text{кл}} \cdot K_{\text{ск}_1} \cdot \varphi \cdot U_3(\xi_d) \cdot (1 - P_{d_{\text{ма}}}) + T_{\text{дол}_2} \cdot U_{d_2}(\xi_d) \times \\
 &\times K_{\text{кл}} \cdot (1 - \varphi \cdot U_3(\xi_d)) \cdot K_{\text{рд}} \cdot K_{\text{ск}_2} \cdot (1 - P_{d_{\text{ма}}}) = \\
 &= T_c - T_{r-d}(\xi_d) \cdot (1 - 1/K_{id}(\xi_d)) \cdot \varphi \cdot U_3(\xi_d) \cdot (1 - P_{d_{\text{ма}}}) + T_{\text{дол}}(\xi_d) \times \\
 &\times U_d(\xi_d) \cdot K_{\text{кл}} \cdot (1 - P_{d_{\text{ма}}}) \cdot (K_{\text{ск}_1} \cdot \varphi \cdot U_3(\xi_d) + (1 - \varphi \cdot U_3(\xi_d)) \cdot K_{\text{рд}} \cdot K_{\text{ск}_2})
 \end{aligned} \tag{47}$$

Висновки.

Отже, шляхом математичних перетворень було отримано формулу (47) для визначення середнього часу виконання заявки на постах ТО-Р в залежності від оснащення поста приймання-діагностування. Від даного показника залежать такі складові цільової функції оптимізації втрат, пов'язаних з типом організації приймання-діагностування автомобілів на СТО як: C_1 – додатковий дохід СТО, обумовлений підвищенням пропускної здатності за рахунок попереднього діагностування на пості приймання; C_2 – втрачений прибуток СТО через пропуск несправності, що не виявився ще при постановці на пост у ремонтній зоні, роботи з усунення якої могли б принести прибуток; C_3 – втрачений прибуток СТО через «відтік клієнтів», викликаний невідповідністю очікувань клієнта й тією культурою виробництва на СТО, яку характеризує технологія приймання автомобіля на конкретній СТО; C_4 – зниження втрат СТО через відтік клієнтів, викликаний (підвищеною) тривалістю очікування в черзі на пост приймання або на пости ТО-Р; C_5 – зниження втрат СТО, пов'язаних з рекламаціями по низькій якості виконаного ремонту, викликаному невірною постановкою діагнозу по заявці клієнта або із пропуском несправності.

Подальші дослідження проблеми якості та організації ТО-Р автомобілів в СТО необхідно виконувати на основі пошуку цільової функції оптимізації втрат, пов'язаних з процесами приймання-діагностування автомобілів на спеціалізованих постах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Афанасьев С. В. Разработка методики управления потенциалом производственной мощности предприятия автосервиса: дис... канд. техн. наук: 05.22.10 / Афанасьев Сергей Витальевич: Моск. гос. автомобил.-дорож. ин-т (техн. ун-т). – М., 2003. – 207 с.
2. Майер В. В. Разработка методов оценки технологий и выбора рациональных вариантов технологических процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Майер Владимир Викторович: Моск. автомоб.-дор. ин-т. – М., 1989. – 192 с.
3. Мержоев А. И. Совершенствование организации обслуживания и ремонта индивидуальных автомобилей: автореф. дисс... канд. экон. наук: 08.00.05 / Мержоев Алихан Исаевич: Московский ин-т экон. проблем комплексного развития народного хоз-ва. – М., 1981. – 21 с.
4. Муравкина Е. В. Методика управления качеством технического обслуживания и ремонта агрегатов и систем автомобиля: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Муравкина Екатерина Валерьевна: Моск. гос. автомобил.-дорож. ин-т (техн. ун-т). – М., 1994. – 173 с.
5. Рыжков А. И. Совершенствование управления качеством ТО автомобилей: дисс. канд. экон. наук: 08.00.20 / Рыжков Анатолий Иванович: Самарский гос. аэрокосмический ун-т им. акад. С. П. Королёва. – Самара, 1998. – 167 с.
6. Ахмеджанов Р. Ш. Повышение эффективности функционирования предприятий технического сервиса автомобилей: на примере участка приемки-выдачи: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Ахмеджанов Ринат Шамилович: Моск. гос. автомобил.-дорож. ин-т (техн. ун-т). – М., 2008. – 294 с.
7. Гнеденко Б. В. Введение в теорию массового обслуживания / Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко. – М.: Наука, 1987. – 336 с.
8. Прохоров Ю. В. Теория вероятностей / Ю. В. Прохоров, Ю. А. Розанов. – М.: Наука, 1987. 398 с.

9. Таха Хемди А. Введение в исследование операций / Хемди А. Таха; ун-т Арканзаса, Фейетвилл; [пер. с англ. и ред. А. А. Минько]. – 10-е изд. – М.: Диалектика-Вильямс, 2018. – 1056 с.
10. Фомин, Г. П. Системы и модели массового обслуживания в коммерческой деятельности: Учеб. пособие / Г. П. Фомин. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 144 с.
11. Алиев Т. И. Основы моделирования дискретных систем / Т. И. Алиев. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.
12. Климов Г. П. Теория массового обслуживания / Г. П. Климов. – 2-е изд., перераб. М.: Изд-во Московского ун-та, 2011. – 307 с.

REFERENCES

1. Afanasev S. V. (2003) *Razrabotka metodiki upravlenija potencialom proizvodstvennoj moshhnosti predpriyatija avtoservisa*. Diss. [Development of a methodology for managing the production capacity of a car service enterprise. Diss]. Moscow. 207 p. [in Russian].
2. Majer V. V. (1989) *Razrabotka metodov ocenki tehnologij i vybora racional'nyh variantov tehnologicheskikh processov tehničeskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobilej*. Diss. [Development of methods for assessing technologies and choosing rational options for technological processes of maintenance and repair of cars. Diss]. Moscow. 192 p. [in Russian].
3. Merzhoev A. I. (1981) *Sovershenstvovanie organizacii obsluzhivaniya i remonta individual'nyh avtomobilej*. Avtoreferat Diss. [Improving the organization of maintenance and repair of individual vehicles. Author's abstract.]. Moscow. 21 p. [in Russian].
4. Muravkina E. V. (1994) *Metodika upravlenija kachestvom tehničeskogo obsluzhivaniya i remonta agregatov i sistem avtomobilja*. Diss. [Methodology for managing the quality of maintenance and repair of vehicle units and systems. Diss]. Moscow. 173 p. [in Russian].
5. Ryzhkov A. I. (1998) *Sovershenstvovanie upravlenija kachestvom TO avtomobilej*. Diss. [Improving the quality management of vehicle maintenance. Diss]. Samara. 167 p. [in Russian].
6. Ahmedzhanov R. Sh. (2008) *Povyshenie jeffektivnosti funkcionirovanija predpriyatij tehničeskogo servisa avtomobilej: na primere uchastka priemki-vydachi*. Diss. [Improving the efficiency of functioning of enterprises of technical service of cars: on the example of the acceptance-delivery area. Diss]. Moscow. 294 p. [in Russian].
7. Gnedenko B. V. (1987) *Vvedenie v teoriju massovogo obsluzhivaniya* [Introduction to queuing theory]. Moscow, Nauka Publ. 336 p. [in Russian].
8. Prohorov Ju. V., Rozanov Ju. A. (1987) *Teorija verojatnostej* [Probability theory]. Moscow, Nauka Publ. 398 p. [in Russian].
9. Hamdy A. Taha (2018) *Vvedenie v issledovanie operacij* [Operations Research: An Introduction]. 10th Edition. Moscow, Dialektika-Vil'jams Publ. 1056 p. [in Russian].
10. Fomin, G. P. (2000) *Sistemy i modeli massovogo obsluzhivaniya v kommercheskoj dejatel'nosti* [Systems and models of queuing in commercial activities]. Moscow, Finansy i statistika Publ. 144 p. [in Russian].
11. Aliev T. I. (2009) *Osnovy modelirovanija diskretnyh sistem* [Discrete Modeling Basics]. St. Petersburg, SPbGU ITMO Publ. 363 p. [in Russian].
12. Klimov G. P. (2011) *Teorija massovogo obsluzhivaniya* [Queuing theory]. Moscow, Moscow University Publ. 307 p. [in Russian].

РЕФЕРАТ

Годованюк П. Д. Визначення цільової функції оптимізації втрат, пов'язаних з типом організації приймання-діагностування автомобілів на СТО / П.Д. Годованюк, В.О. Хаврук, А.М. Чуб // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2021. – Вип. 1 (48).

В статті розглядаються складові цільової функції оптимізації втрат СТО, пов'язаних із впровадженням поста (постів) приймання-діагностування з нарощуванням комплексу діагностичного обладнання. Зокрема цільова функція оптимізації втрат на СТО представлена у вигляді економічного критерію, що враховує в собі максимально можливу кількість складових, від яких залежить технологічна ефективність СТО та рівень «задоволеності» автовласників сервісними послугами.

Об'єкт дослідження – станція технічного обслуговування автомобілів.

Мета роботи – провести дослідження цільової функції оптимізації втрат СТО, пов'язаних з типом організації приймання-діагностування автомобілів та з'ясувати алгоритми знаходження складових цільової функції на основі представлення СТО як системи масового обслуговування.

Метод дослідження – аналіз та формалізація: кількісних показників цільової функції, методики формування групи подій, альтернативних рішень і розрахунку основних складових оптимізації втрат СТО як системи масового обслуговування.

Встановлено, що цільова функція оптимізації втрат СТО має економічну сутність і може бути представлена у вигляді комплексного критерію.

З'ясовано, що на основі теорії масового обслуговування для зони приймання-діагностування стає можливим знайти розв'язки системи рівнянь, які описують поточний її стан, а саме: 1) ймовірність того, що в системі немає жодної вимоги, тобто вільні всі «робочі» пости й у черзі заявок немає; 2) ймовірність знаходження системи в певному стані; 3) ймовірність відмови заявці, що надійшла, в обслуговуванні, тобто ймовірність знаходження системи в останньому допустимому стані; 4) середню кількість зайнятих постів приймання. Аналогічні розв'язки знайдені для зони ТО-Р.

Розглянуті та наведені формули для визначення складових тривалості виконання заявки.

Наведені формули для визначення середнього значення тривалості виконання робіт в зоні ТО-Р за потоками несправностей та їх частка в загальному потоці заявок.

Обґрунтована необхідність 5-го – 6-го кроку нарощування обладнання в зоні приймання-діагностування для виявлення додаткових несправностей (прихованих дефектів)

Встановлено, що середній час обробки заявки на постах приймання-діагностування включає три складових: 1) середній час проведення приймання-діагностування по заявленому неоднозначному прояву несправності; 2) середній час проведення додаткового попереднього діагностування за заявкою, у якій утримувалися неоднозначні прояви несправностей. Залежить від кількості проведених діагностичних операцій і наявного обладнання; 3) середній час проведення додаткового діагностування за заявкою, в якій або не містилися, неоднозначні прояви несправностей, або вони не підпадали під можливість існуючого на прийманні діагностичного комплексу.

Результати статті можуть бути використані для моделювання роботи СТО як системи масового обслуговування в комп'ютерних програмних продуктах і дасть змогу виявляти низьку ефективність діагностування по основних системах автомобілів в конкретно взятому СТО.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДІАГНОСТИЧНИЙ ПАРАМЕТР, ЗАЯВКА, ЙМОВІРНІСТЬ, НЕСПРАВНІСТЬ, ОБЛАДНАННЯ, ПОСТ, ПРИБУТОК, ПРИЙМАННЯ-ДІАГНОСТУВАННЯ, СИСТЕМА МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ, ЦІЛЬОВА ФУНКЦІЯ, ЧЕРГА.

ABSTRACT

Hodovaniuk P.D., Khavruk V.O., Chub A.M. Determination of the objective function of the optimization of losses of the service station related to the type of organization of acceptance and diagnostics of vehicles. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2021. – Issue 1 (48).

The article considers the components of the target function of optimization of HUNDRED losses associated with the introduction of the post (posts) of acceptance-diagnosis with the increase of the set of diagnostic equipment. In particular, the target function of optimizing losses at the service station is presented in the form of an economic criterion that takes into account the maximum possible number of components on which depends the technological efficiency of the service station and the level of "satisfaction" of car owners with services.

The object of research is a car service station.

The purpose of the work is to conduct a study of the target function of optimization of HUNDRED losses associated with the type of organization of acceptance-diagnosis of cars and to find out algorithms for finding the components of the target function based on the representation of HUNDRED as a queuing system.

Research method – analysis and formalization: quantitative indicators of the objective function, methods of forming a group of events, alternative solutions and calculation of the main components of optimization of HUNDRED losses as a queuing system.

It is established that the target function of optimization of HUNDRED losses has economic essence and can be presented in the form of complex criterion.

It is found that based on the theory of queuing for the area of reception-diagnosis it becomes possible to find solutions of the system of equations that describe its current state, namely: 1) the probability that the system has no requirements, ie free all "workers »Posts and no applications in the queue; 2) the probability of finding the system in a certain state; 3) the probability of denial of the received application for maintenance, ie the probability of finding the system in the last valid state; 4) the average number of occupied reception posts. Similar solutions were found for the TO-R zone.

The formulas for determining the components of the duration of the application are considered and given.

The formulas for determining the average value of the duration of work in the area of maintenance by the flow of faults and their share in the total flow of applications.

The necessity of the 5th – 6th step of building the equipment in the reception-diagnostic area for detection of additional malfunctions (hidden defects) is substantiated.

It is established that the average processing time of the application at the posts of acceptance-diagnosis includes three components: 1) the average time of acceptance-diagnosis of the declared ambiguous manifestation of the fault; 2) the average time of additional preliminary diagnosis on the application, which contained ambiguous manifestations of malfunctions. Depends on the number of diagnostic operations performed and the available equipment; 3) the average time of additional diagnosis on the application, which either did not contain ambiguous manifestations of malfunctions, or they did not fall within the capabilities of the existing diagnostic complex at the reception.

The results of the article can be used to model the operation of the service station as a queuing system in computer software products and will reveal the low efficiency of diagnosing the main systems of cars in a particular service station.

KEY WORDS: DIAGNOSTIC PARAMETER, APPLICATION, PROBABILITY, FAULT, EQUIPMENT, POST, PROFIT, ACCEPTANCE-DIAGNOSIS, SYSTEM.

РЕФЕРАТ

Годованюк П. Д. Определение целевой функции оптимизации потерь СТО, связанных с типом организации приёмки-диагностики автомобилей / П.Д. Годованюк, В.А. Хаврук, А.Н. Чуб // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2021. – Вып. 1 (48).

В статье рассматриваются составляющие целевой функции оптимизации потерь СТО, связанных с внедрением поста (постов) приемки-диагностики с наращиванием комплекса диагностического оборудования. В частности целевая функция оптимизации потерь на СТО представлена в виде экономического критерия, учитывающий в себе максимально возможное количество составляющих, от которых зависит технологическая эффективность СТО и уровень «удовлетворенности» автовладельцев сервисными услугами.

Объект исследования – станция технического обслуживания автомобилей.

Цель работы – провести исследования целевой функции оптимизации потерь СТО, связанных с типом организации приема-диагностики автомобилей и выяснить алгоритмы нахождения составляющих целевой функции на основе представления СТО как системы массового обслуживания.

Метод исследования – анализ и формализация: количественных показателей целевой функции, методики формирования группы событий, альтернативных решений и расчета основных составляющих оптимизации потерь СТО как системы массового обслуживания.

Установлено, что целевая функция оптимизации потерь СТО имеет экономическую сущность и может быть представлена в виде комплексного критерия.

Установлено, что на основе теории массового обслуживания для зоны приемки-диагностики становится возможным найти решения системы уравнений, описывающих текущее ее состояние, а именно: 1) вероятность того, что в системе нет ни одного требования, то есть свободные все «рабочие» посты и в очереди заявок не существует; 2) вероятность нахождения системы в определенном состоянии; 3) вероятность отказа заявке, поступившей в обслуживании, то есть вероятность нахождения системы в последнем допустимом состоянии; 4) среднее количество занятых постов приемки. Аналогичные решения найдены для зоны ТО-Р.

Рассмотрены и приведены формулы для определения составляющих продолжительности выполнения заявки.

Приведенные формулы для определения среднего значения продолжительности выполнения работ в зоне ТО-Р по потокам неисправностей и их доля в общем потоке заявок.

Обоснована необходимость 5-го – 6-го шага наращивания оборудования в зоне приема-диагностики для выявления дополнительных неисправностей (скрытых дефектов)

Установлено, что среднее время обработки заявки на постах приема-диагностики включает три составляющих: 1) среднее время проведения приема-диагностики по заявленному неоднозначному проявлению неисправности; 2) среднее время проведения дополнительного предварительного диагностирования по заявке, в которой содержались неоднозначные проявления неисправностей.

Зависит от количества проведенных диагностических операций и имеющегося оборудования; 3) среднее время проведения дополнительного диагностирования по заявке, в которой либо не содержались, неоднозначные проявления неисправностей, или они не попадали под возможности существующего на приеме диагностического комплекса.

Результаты статьи могут быть использованы для моделирования работы СТО как системы массового обслуживания в программных продуктах и позволит выявлять низкую эффективность диагностирования по основным системам автомобилей в конкретно взятом СТО.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ПАРАМЕТР, ЗАЯВКА, ВЕРОЯТНОСТЬ, ОТКАЗ, ОБОРУДОВАНИЕ, ПОСТ, ПРИБЫЛЬ, ПРИЁМКА-ДИАГНОСТИКА, СИСТЕМА МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, ЦЕЛЕВАЯ ФУНКЦИЯ, ОЧЕРЕДЬ.

АВТОРИ:

Годованюк Петро Дмитрович, Національний транспортний університет, доцент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, e-mail: pgodovanuk04@gmail.com, тел.+380505492210, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка 1, к.410.

Хаврук Володимир Олександрович, Національний транспортний університет, асистент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, e-mail: khavruk@gmail.com, тел.+380950187190, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка 1, к.410.

Чуб Анатолій Миколайович, Національний транспортний університет, старший викладач кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, e-mail: anatoliy.chub@gmail.com, тел.+380664255090, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка 1, к.410.

AUTHORS:

Hodovaniuk Petro, National Transport University, associate professor to chair of technical operation of cars and autoservice, e-mail: khavruk@gmail.com, tel.+380505492210, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovycha-Pavlenka str. 1, of. 410.

Khavruk Volodymir, National Transport University, assistant to chair of technical operation of cars and autoservice, e-mail: khavruk@gmail.com, tel.+380950187190, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovycha-Pavlenka str. 1, of. 410.

Chub Anatolii, National Transport University, associate professor to chair of technical operation of cars and autoservice, e-mail: khavruk@gmail.com, tel.+380664255090, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovycha-Pavlenka str. 1, of. 410.

АВТОРЫ:

Годованюк Пётр Дмитриевич, Национальный транспортный университет, ассистент кафедры технической эксплуатации автомобилей и автосервиса, e-mail: pgodovanuk04@gmail.com, тел.+380505492210, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленко 1, к. 410.

Хаврук Владимир Александрович, Национальный транспортный университет, ассистент кафедры технической эксплуатации автомобилей и автосервиса, e-mail: khavruk@gmail.com, тел.+380950187190, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленко 1, к. 410.

Чуб Анатолий Николаевич, Национальный транспортный университет, старший преподаватель кафедры технической эксплуатации автомобилей и автосервиса, e-mail: anatoliy.chub@gmail.com, тел.+380664255090, Украина, 01010, м. Киев, ул. Омеляновича-Павленко 1, к.410.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Жаров Константин Сергійович, кандидат технічних наук, начальник Центру оцінки Відповідності КТЗ та наукових досліджень системи технічного регулювання ДП «ДержавтотрансНДІпроект», e-mail: kzharov@insat.org.ua, тел.+38(044)201-08-98. Україна, 03113, м. Київ, вул. Перемоги 57, к.1308.

Посвятенко Едуард Карпович, доктор технічних наук, Національний транспортний університет, професор кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, тел.+380442809805, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка 1, к.102.

REVIEWERS:

Zharov Konstantin Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Head of the Center for Conformity Assessment of Vehicles and Research of the Technical Regulation System of the State Enterprise «DerzhavtotransNDIproekt», e-mail: kzharov@insat.org.ua, tel. + 38 (044) 201-08-98. Ukraine, 03113, Kyiv, street Victory 57, room 1308.

Posviatenko Eduard, Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, department of manufactures, repair and materials technology, Kyiv, tel.+380442010806, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovycha-Pavlenka str. 1, of. 102.