

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2026-367-26>

УДК 629.33:658.512.4

ПЕЛЬО РОМАН

Національний університет "Львівська політехніка"

<https://orcid.org/0000-0002-9359-8931>

e-mail: Roman.A.Pelio@lpnu.ua

СОРОКІВСЬКИЙ ОЛЕГ

Національний університет "Львівська політехніка"

<https://orcid.org/0000-0002-5685-1440>

e-mail: oleh.i.sorokivskiy@lpnu.ua

НІКІПЧУК СЕРГІЙ

Національний університет "Львівська політехніка"

<https://orcid.org/0000-0003-2499-9990>

e-mail: Serhij.V.Nikipchuk@lpnu.ua

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОСЕРВІСНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УМОВАХ СУЧАСНИХ СТО

У статті розглянуто прикладне завдання підвищення результативності роботи станції технічного обслуговування транспортних засобів шляхом поєднання процесного аналізу, нормування ремонтних операцій, елементів цифрового планування та розрахунку параметрів масового обслуговування. Актуальність дослідження визначається тим, що сучасні СТО працюють в умовах нерівномірного потоку заявок, зростання складності автомобільних систем, дефіциту кваліфікованих виконавців, коливань доступності запасних частин і підвищення вимог клієнтів до строків виконання робіт. На відміну від підходів, які обмежуються загальним описом цифровізації сервісу або окремими рекомендаціями щодо організації робочих місць, у роботі запропоновано послідовну методику оцінювання ефективності СТО через взаємозв'язок технічних, організаційних та економічних показників. Методологічну основу становлять хронометраж типових операцій, побудова карти процесу «заявка - приймання - діагностика - ремонт - контроль - видача», розрахунок завантаження постів за моделлю М/М/с, порівняльна оцінка базового та удосконаленого варіантів організації робіт, а також аналіз чутливості часу перебування автомобіля в системі до зміни інтенсивності надходження заявок. На умовному виробничому прикладі СТО з чотирма постами показано, що скорочення непродуктивних переходів, попереднє комплектування запасних частин, електронний запис, пріоритизація робіт і введення контрольних точок якості можуть зменшити середній час очікування у черзі з 40,1 до 11,7 хв, а середній цикл перебування автомобіля в системі - зі 110,7 до 68,8 хв. Отримані результати свідчать, що підвищення ефективності СТО доцільно розглядати не лише як збільшення кількості постів або персоналу, а передусім як оптимізацію потоку робіт, зниження втрат часу та стабілізацію якості виконання операцій. Практична цінність дослідження полягає у можливості використання запропонованої методики для оперативного аудиту СТО, обґрунтування змін у плануванні змін, визначення вузьких місць, формування KPI майстрів-приймальників і ремонтних бригад, а також підготовки до впровадження цифрової системи керування сервісними замовленнями.

Ключові слова: автосервісне обслуговування, станція технічного обслуговування, транспортний засіб, технічне обслуговування, система масового обслуговування, цифровізація, ремонтний пост, продуктивність, якість сервісу.

PELO ROMAN, SOROKIVSKYI OLEH, NIKIPCHUK SERGIJ

Lviv Polytechnic National University

IMPROVING THE EFFICIENCY OF VEHICLE AFTER-SALES SERVICE UNDER THE CONDITIONS OF MODERN SERVICE STATIONS

The article considers an applied problem of improving the operational efficiency of a vehicle service station by combining process analysis, standardization of repair operations, digital scheduling elements and calculation of queueing-system parameters. The relevance of the study is determined by the fact that modern service stations operate under uneven customer demand, increasing complexity of vehicle systems, shortage of qualified technicians, unstable availability of spare parts and higher customer expectations regarding repair time and service transparency. In contrast to approaches limited to a general discussion of service digitalization or separate recommendations for workplace organization, the paper proposes a consistent method for evaluating service-station efficiency through the interrelation of technical, organizational and economic indicators. The methodology is based on timing of typical operations, development of the process map "request - reception - diagnostics - repair - quality control - vehicle handover", calculation of workstation utilization using the M/M/c queueing model, comparative evaluation of the baseline and improved workflow, and sensitivity analysis of vehicle time in the system depending on the intensity of arriving service requests. Using an illustrative production case of a service station with four work bays, it is shown that reduction of non-productive transitions, preliminary spare-parts preparation, online appointment scheduling, prioritization of service jobs and introduction of quality-control checkpoints can reduce the average waiting time in the queue from 40.1 to 11.7 minutes, while the average vehicle cycle time in the system decreases from 110.7 to 68.8 minutes. The results confirm that improving service-station performance should not be interpreted only as increasing the number of work bays or personnel, but primarily as optimizing workflow, reducing time losses and stabilizing the quality of operations. The practical value of the study lies in the possibility of applying the proposed method for operational audits of service stations, justification of changes in shift planning, identification of bottlenecks, development of KPI indicators for service advisors and repair teams, and preparation for the implementation of a digital service-order management system.

Keywords: vehicle service, service station, vehicle, maintenance, queueing system, digitalization, repair bay, productivity, service quality.

Стаття надійшла до редакції / Received 11.02.2026

Прийнята до друку / Accepted 17.07.2026

Опубліковано / Published 31.07.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Пельо Роман, Сороківський Олег, Нікіпчук Сергій

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Сучасна станція технічного обслуговування транспортних засобів є не лише ремонтною дільницею, а складною сервісно-виробничою системою, у якій одночасно взаємодіють клієнтський потік, діагностичне обладнання, ремонтні пости, склад запасних частин, майстри-приймальники, механіки, електрики, фахівці з кузовних робіт та інформаційна система обліку замовлень. Практика роботи СТО показує, що навіть за достатнього технічного оснащення ефективність сервісу може знижуватися через нерівномірне завантаження постів, повторні переміщення автомобілів, затримки на погодженні вартості ремонту, очікування запасних частин та відсутність прозорості пріоритетності заявок.

Особливість автосервісного обслуговування полягає у поєднанні типовості та невизначеності. Частина операцій може бути нормована за картами ТО, однак фактичний обсяг робіт часто уточнюється після діагностики. Через це СТО має працювати не як жорстка лінія, а як адаптивна система, здатна швидко перерозподіляти ресурси між постами й виконавцями. У таких умовах підвищення ефективності не може зводитися лише до придбання додаткового обладнання. Часто більший ефект дає зміна логіки маршрутизації замовлення, попередня підготовка робочого місця та нормування інформаційних переходів.

Проблема дослідження полягає у відсутності простого інженерного підходу, який дозволяв би керівнику або технологу СТО кількісно оцінити, наскільки організаційні зміни впливають на час очікування клієнта, завантаження постів, пропускну здатність та частку робіт, виконаних у день звернення. Саме тому в роботі запропоновано поєднати процесний опис сервісного циклу з розрахунком параметрів системи масового обслуговування.

Аналіз досліджень і публікацій

У сучасних дослідженнях ефективність технічного обслуговування транспортних засобів розглядається переважно в трьох напрямках: процесна організація сервісу, математичне моделювання черг та цифровізація післяпродажного обслуговування. Bitkowska, Sliż, Tenbrink і Piasecka досліджували застосування process mining на прикладі авторизованої станції обслуговування легкових автомобілів у Польщі та показали, що цифровий слід сервісних замовлень може бути використаний для виявлення фактичної логіки ремонтного процесу [1]. Grooss запропонував концептуальну рамку цифровізації ремонтно-обслуговувальних процесів у малих і середніх підприємствах, акцентуючи увагу на поєднанні технологічних та організаційних чинників [2].

Silva, Puga Mendoza, Peralta Enríquez, Aranda López і Torres Mendoza використали дискретно-подійне моделювання для аналізу замовлень на коригувальне технічне обслуговування транспортного парку, що дало змогу виявити вузькі місця процесу [3]. Težak і Sever застосували теорію масового обслуговування для оптимізації роботи сервісних майстерень автобусної компанії та довели, що за високого завантаження найбільш результативними є рішення, спрямовані на збільшення продуктивності окремої сервісної станції, а не лише на зміну тривалості робочого дня [4]. Sugianto та Abdul Haq аналізували фактори, що впливають на показники черги в автомобільній майстерні, серед яких кількість серверів, досвід персоналу, планування робочої зони та інтенсивність потоку клієнтів [5].

Питання управління чергами у виробничих і ремонтних майстернях розглядали Okonkwo, Okokpuije, Odo та Fayomi, які запропонували модифікацію черги на основі багатопріоритетної стратегії [6]. Premono, Victor і Sutrisno досліджували оптимізацію планування майстерні технічного обслуговування автомобілів експериментальними методами [7]. Sun, Ng, Wu і Cheng проаналізували оптимізацію післяпродажних сервісів із урахуванням запасних частин та часу роботи ремонтника [8]. У сукупності ці праці підтверджують, що автосервіс необхідно оцінювати як сервісно-виробничу систему з випадковим потоком заявок, обмеженими ресурсами та змінною трудомісткістю операцій.

Невирішеною частиною проблеми залишається адаптація зазначених підходів до умов типової української СТО, де одночасно присутні ручне погодження робіт, часткова цифровізація запису, залежність від складу запасних частин, нерівномірне завантаження майстрів та відсутність єдиного набору оперативних KPI. Саме цю прогалину й покладено в основу подальшого дослідження.

Формулювання цілей статті

Метою статті є розроблення та апробація інженерно-організаційного підходу до підвищення ефективності автосервісного обслуговування транспортних засобів в умовах сучасної СТО на основі процесного аналізу, нормування операцій та розрахунку параметрів системи масового обслуговування.

Для досягнення мети поставлено такі завдання: сформувати карту типового сервісного процесу СТО; визначити основні чинники втрат часу; запропонувати набір організаційно-технічних заходів; виконати розрахунок показників черги для базового та удосконаленого варіантів; оцінити практичний ефект від впровадження запропонованих змін.

Методологія дослідження

Об'єктом дослідження є процес автосервісного обслуговування транспортних засобів на СТО універсального типу. Предметом дослідження є залежність показників ефективності сервісу від організації потоку заявок, завантаження ремонтних постів, тривалості підготовчо-завершальних операцій та стабільності забезпечення запасними частинами.

Основна гіпотеза полягає в тому, що скорочення непродуктивних переходів і цифрове керування сервісним замовленням забезпечують більший приріст ефективності, ніж просте збільшення кількості виконавців без зміни логіки процесу. У роботі прийнято припущення, що потік заявок протягом робочого дня може бути наближено описаний пуассонівським законом, а середня тривалість виконання сервісної операції - експоненційним розподілом. Таке припущення є спрощенням, але воно дає можливість швидко оцінити вплив організаційних рішень на параметри черги.

Для розрахунків використано модель багатоканальної системи масового обслуговування М/М/с. Інтенсивність надходження заявок позначено λ , інтенсивність обслуговування одним постом - μ , кількість ремонтних постів - c . Коефіцієнт завантаження системи визначено за формулою:

$$\rho = \lambda / (c \cdot \mu), \quad (1)$$

де ρ - коефіцієнт завантаження ремонтних постів; λ - середня кількість заявок за годину; μ - середня кількість автомобілів, які може обслужити один пост за годину; c - кількість постів.

Ймовірність очікування у черзі за формулою Ерланга С визначено як:

$$P_{0ч} = [(\lambda/\mu)^c / (c! \cdot (1-\rho))] \cdot P_0, \quad (2)$$

де P_0 - імовірність відсутності заявок у системі. Середню довжину черги L_q та середній час очікування W_q розраховано за виразами:

$$L_q = P_{0ч} \cdot \rho / (1 - \rho); \quad W_q = L_q / \lambda. \quad (3)$$

Інструменти ІІІ не повинні використовуватися як джерело фіктивних наукових результатів; усі числові показники цієї роботи мають підтверджуватися фактичними спостереженнями або прозорими розрахунками. Для реальної подачі статті доцільно замінити умовні дані на фактичні дані конкретної СТО за 20-30 робочих днів, а будь-яке використання цифрових інструментів для мовного редагування, візуалізації або розрахунків задекларувати відповідно до політики журналу.

Таблиця 1

Вихідні параметри для розрахункового прикладу роботи СТО

Показник	Позначення	Базовий варіант	Удосконалений варіант
Кількість ремонтних постів	c	4	4
Потік заявок, авто/год	λ	2,6	2,6
Інтенсивність обслуговування одним постом, авто/год	μ	0,85	1,05
Середня тривалість обслуговування одним постом, хв	$1/\mu$	70,6	57,1
Тривалість зміни, год	T	10	10

Виклад основного матеріалу

Типовий сервісний цикл СТО складається з інформаційної, діагностичної, ремонтної та контрольної частин. На практиці найбільші втрати часу виникають не під час безпосереднього виконання ремонтної операції, а на межах між етапами: очікування приймання, уточнення дефектів, погодження додаткових робіт, пошук запасних частин, повторне переміщення автомобіля між постами, очікування майстра для заключної перевірки. Тому технологічна карта процесу повинна охоплювати не лише операції механіка, а й усі допоміжні переходи.

На рис. 1 наведено узагальнену модель удосконаленого процесу обслуговування. Її особливістю є наявність зворотного зв'язку від контролю якості до аналітики КРІ та попереднього замовлення запасних частин. Така логіка дозволяє перетворити сервісне замовлення з набору розрізнених дій на керований технологічний маршрут.

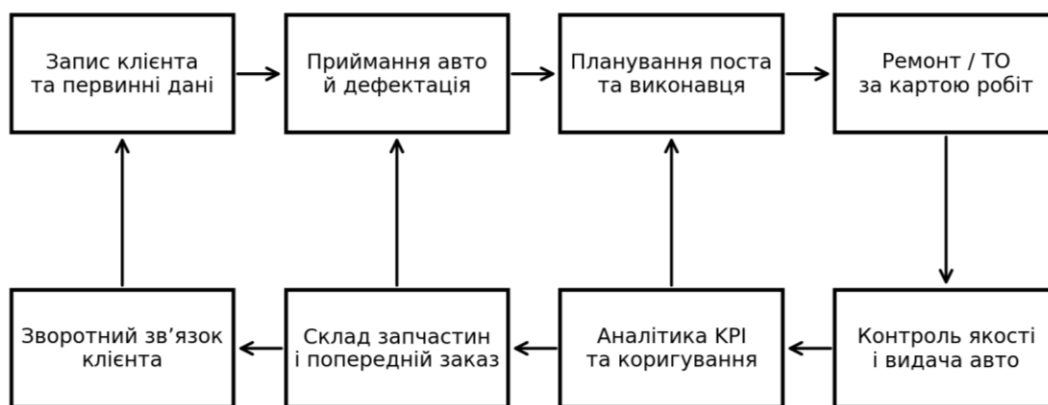


Рис. 1. Узагальнена схема керування сервісним циклом сучасної СТО

Для практичного використання запропоновано п'ять груп заходів: електронний запис з розподілом заявок за типом робіт; попередня перевірка наявності критичних запасних частин; нормування підготовчо-завершальних операцій; введення короткого контрольного листа якості; щоденний аналіз КРІ за майстром, постом і типом робіт. Такий набір заходів не потребує повної перебудови СТО, але змінює інформаційну дисципліну та зменшує випадковість у маршруті автомобіля.

Таблиця 2

Основні втрати часу в базовому процесі СТО та запропоновані дії

Вузьке місце	Прояв проблеми	Запропонована дія	Очікуваний ефект
Нерівномірний запис	пікові черги зранку	слоти за типами робіт	зниження W_q
Очікування запчастин	простій поста	попередня комплектація	скорочення циклу
Ручне погодження	затримка рішення клієнта	електронне погодження кошторису	менше простоїв
Невизначений пріоритет	термінові роботи блокують план	матриця пріоритетів	стабільність плану
Повторні дефекти	повторний заїзд	контрольний лист якості	зменшення рекламаций

Матрицю впливу організаційних чинників на основні результати роботи СТО подано на рис. 2. Найбільший вплив на час виконання має нормування робіт, на чергу - електронний запис і розподіл майстрів, а на повторні звернення - наявність запасних частин та контроль якості.

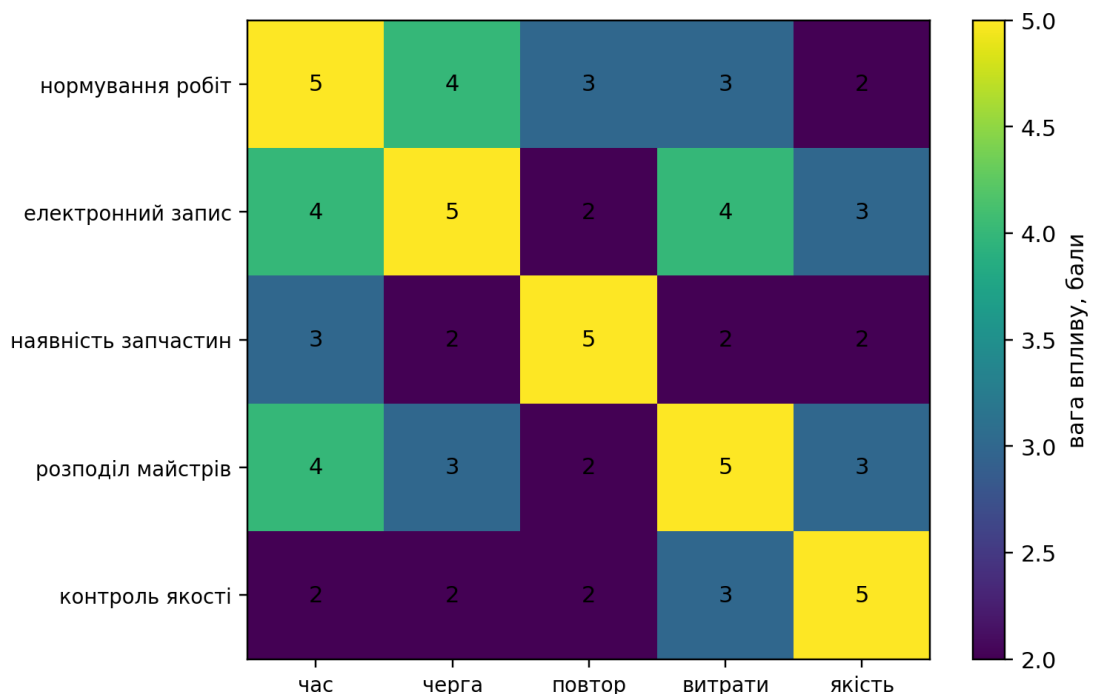


Рис. 2. Матриця впливу організаційних чинників на показники ефективності СТО

Розрахунок показників ефективності

За прийнятими вихідними даними для базового варіанта СТО інтенсивність потоку заявок становить $\lambda = 2,6$ авто/год, кількість постів $c = 4$, а інтенсивність обслуговування одним постом $\mu = 0,85$ авто/год. Тоді коефіцієнт завантаження дорівнює $\rho = 0,765$. Це значення ще не є критичним, але наближення ρ до 0,8 означає високу чутливість системи до будь-якого збільшення тривалості операцій або нерівномірності потоку.

Після впровадження організаційно-технічних заходів середня інтенсивність обслуговування одного поста зростає до $\mu = 1,05$ авто/год, що відповідає зменшенню середньої тривалості обслуговування з 70,6 до 57,1 хв. За тієї самої кількості постів і потоку заявок коефіцієнт завантаження зменшується до $\rho = 0,619$. Отже, СТО отримує резерв пропускну здатності без фізичного збільшення виробничої площі.

Як видно з табл. 3, найбільший відносний ефект спостерігається за показниками, пов'язаними з чергою. Середній час очікування зменшується на 70,8 %, хоча середня тривалість обслуговування одного автомобіля зменшується лише на 19,1 %. Це типовий ефект для систем масового обслуговування: коли завантаження наближається до критичної зони, навіть невелике зменшення тривалості операції суттєво знижує очікування.

Таблиця 3

Порівняння розрахункових параметрів базового та удосконаленого процесів

Показник	Одиниця	Базовий варіант	Удосконалений варіант	Зміна
Коефіцієнт завантаження постів ρ	-	0,765	0,619	-19,1 %
Ймовірність очікування $P_{оч}$	-	0,534	0,312	-41,6 %
Середня довжина черги L_q	авто	1,74	0,51	-70,8 %
Середній час очікування W_q	хв	40,1	11,7	-70,8 %
Середній час у системі W	хв	110,7	68,8	-37,8 %
Пропускна здатність за зміну	авто/зміну	26,0	31,2	+20,0 %

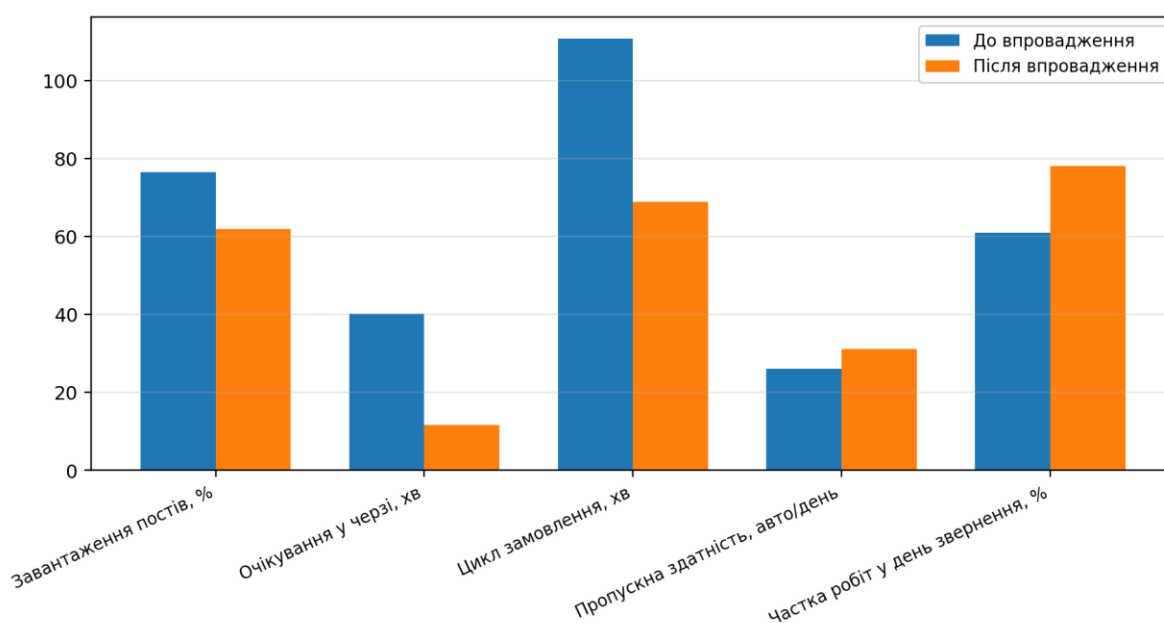


Рис. 3. Порівняння ключових показників роботи СТО до та після впровадження заходів

Обговорення результатів

Отримані результати узгоджуються з висновками сучасних досліджень, у яких підкреслюється важливість не лише технічного оснащення сервісу, а й керування потоком замовлень, цифрового відстеження процесу та стабілізації трудомісткості операцій [1-5]. Для СТО малого або середнього розміру найбільш доступними є заходи, які не потребують значних капітальних витрат: зміна правил запису, підготовка запасних частин до прибуття автомобіля, контрольний лист приймання, розподіл робіт за складністю та використання електронного погодження додаткових операцій.

Практично важливим є те, що зменшення завантаження постів із 76,5 до 61,9 % не означає падіння продуктивності. Навпаки, СТО отримує керований резерв, який дозволяє приймати термінові заявки, компенсувати нерівномірність потоку та знижувати ризик затримок. Надмірне завантаження постів часто створює ілюзію ефективності, однак у реальності воно збільшує черги, кількість конфліктів із клієнтами та ймовірність помилок у діагностиці.

На рис. 4 наведено аналіз чутливості середнього часу перебування автомобіля в системі до зміни потоку заявок. У базовому процесі збільшення λ понад 2,8 авто/год різко підвищує час перебування в системі. Удосконалений процес демонструє нижчу чутливість до зростання потоку, що є важливим для сезонних періодів, коли клієнтські звернення накопичуються нерівномірно.

Запропонована методика має також економічне значення. Якщо прийняти, що середній маржинальний дохід від одного замовлення становить 900 грн, то збільшення пропускної здатності на 5,2 авто за зміну потенційно створює додатковий маржинальний результат 4680 грн за зміну. За 22 робочі дні це становить приблизно 102 960 грн на місяць. Цей розрахунок не враховує можливе зростання лояльності клієнтів і повторних звернень, тому його доцільно розглядати як обережну оцінку.

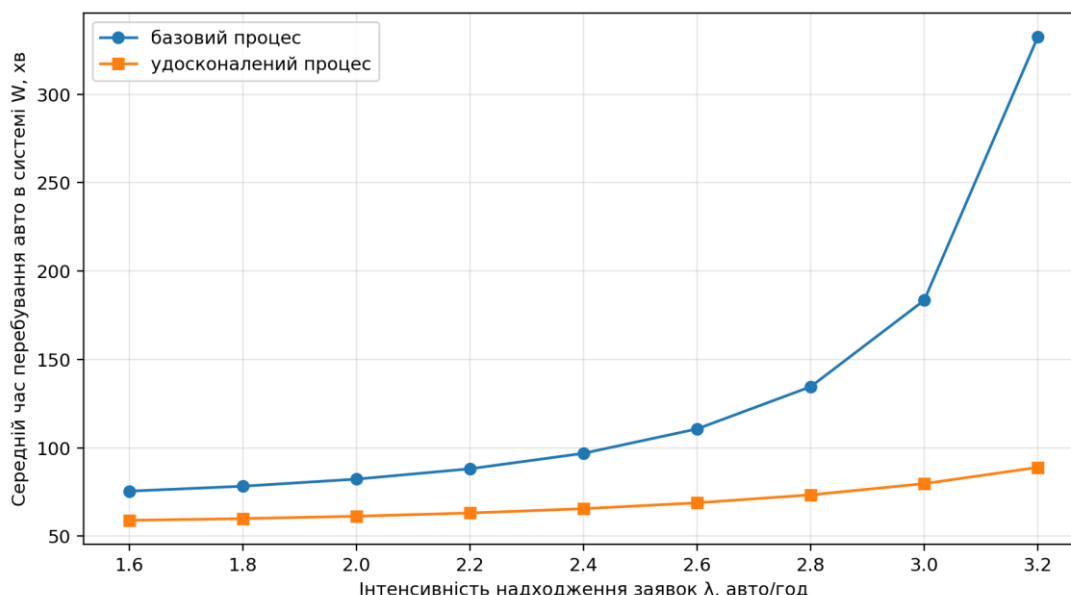


Рис. 4. Чутливість середнього часу перебування автомобіля в системі до інтенсивності потоку заявок

Водночас слід зазначити обмеження дослідження. Модель М/М/с не враховує різну трудомісткість слюсарних, діагностичних, електротехнічних і кузовних робіт. Для більш точного аналізу доцільно застосовувати дискретно-подійне моделювання, у якому кожне замовлення має власний маршрут, набір ресурсів і ймовірність очікування запасних частин. Проте для первинного аудиту СТО запропонований підхід є достатньо простим, прозорим і придатним для практичного використання.

Практичні рекомендації для сучасних СТО

1. Запровадити класифікацію заявок за трудомісткістю: швидкі роботи до 30 хв, стандартні роботи до 2 год, комплексні роботи понад 2 год, діагностичні роботи з невизначеним обсягом.
2. Відокремити інформаційний потік від виробничого: погодження вартості, замовлення запасних частин і комунікація з клієнтом не повинні блокувати ремонтний пост.
3. Використовувати короткі карти якості для типових операцій: заміна гальмівних колодок, заміна мастила, діагностика підвіски, шиномонтаж, планове ТО.
4. Формувати щоденний звіт КРІ: кількість закритих замовлень, середній цикл, частка робіт у день звернення, повторні звернення, простой через запасні частини, відхилення від нормативного часу.
5. Розглядати цифровізацію не як окрему програму, а як інструмент дисципліни процесу: електронна черга має бути пов'язана з робочими постами, складом, виконавцями та контрольними точками якості.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

1. Підвищення ефективності автосервісного обслуговування транспортних засобів доцільно розглядати як комплексне завдання оптимізації виробничого та інформаційного потоку СТО. Просте збільшення кількості постів або персоналу не гарантує зменшення черг, якщо залишаються не врегульованими погодження робіт, забезпечення запасними частинами та контроль якості.
2. Запропоновано інженерно-організаційну методику оцінювання роботи СТО, яка поєднує карту сервісного процесу, аналіз втрат часу, розрахунок показників системи масового обслуговування та порівняння базового й удосконаленого варіантів організації робіт.
3. На розрахунковому прикладі СТО з чотирма ремонтними постами встановлено, що зростання інтенсивності обслуговування одного поста з 0,85 до 1,05 авто/год забезпечує зменшення середнього часу очікування у черзі з 40,1 до 11,7 хв, а середнього часу перебування автомобіля в системі - зі 110,7 до 68,8 хв.
4. Наукова новизна роботи полягає в адаптації апарату систем масового обслуговування до умов типової СТО через зв'язування розрахункових показників черги з конкретними організаційно-технічними заходами: електронним записом, попереднім комплектуванням запасних частин, нормуванням операцій, пріоритезацією робіт та контрольними листами якості.
5. Практична цінність результатів полягає у можливості використання запропонованого підходу для швидкого аудиту сервісного центру, підготовки до впровадження цифрової системи керування замовленнями та обґрунтування змін у плануванні роботи постів і виконавців.

Напрямки подальших досліджень

Подальші дослідження доцільно спрямувати на побудову дискретно-подійної моделі СТО з урахуванням різних типів робіт, ймовірності відсутності запасних частин, кваліфікації виконавців, повторних звернень і сезонної нерівномірності потоку клієнтів. Окремим напрямом є розроблення цифрової панелі керування КРІ для майстра-приймальника та керівника сервісу.

Література

1. Bitkowska A., Sliż P., Tenbrink C., Piasecka A. Application of Process Mining on the Example of an Authorized Passenger Car Service Station in Poland. *Foundations of Management*. - 2020. - Vol. 12. - No. 1. - P. 125-136. DOI: <https://doi.org/10.2478/fman-2020-0010>
2. Grooss O. F. Digitalization of maintenance activities in small and medium-sized enterprises: A conceptual framework. *Computers in Industry*. 2024. Vol. 154. Article 104039. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.104039>
3. Silva G. A. P., Puga Mendoza A., Peralta Enríquez J., Aranda López A., Torres Mendoza R. Discrete event simulation analysis of vehicle maintenance orders. *Procedia Computer Science*. - 2025. - Vol. 253. - P. 1412-1421. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.01.186>
4. Težak S., Sever D. Optimization of Operations in Bus Company Service Workshops Using Queueing Theory. *Vehicles*. - 2025. - Vol. 7. - No. 3. - Article 82. DOI: <https://doi.org/10.3390/vehicles7030082>
5. Sugianto W., Abdul Haq R. H. Analysis of Factors that Influence Automobile Workshop Queue Performance Using Design of Experiments. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*. - 2024. - Vol. 16. - No. 2. - P. 303-317.
6. Okonkwo U. C., Okokpujie I. P., Odo B. N., Fayomi O. S. I. Workshop Queue System Modification Through Multi Priority Strategy. *Journal of Physics: Conference Series*. - 2019. - Vol. 1378. - Article 022030. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1378/2/022030>
7. Premono A., Victor M., Sutrisno H. H. An experimental study of a car maintenance workshop layout optimization. *AIP Conference Proceedings*. - 2020. - Vol. 2217. - Article 030019. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0000585>
8. Sun M., Ng C. T., Wu F., Cheng T. C. E. Optimization of after-sales services with spare parts consumption and repairman travel. *International Journal of Production Economics*. - 2022. - Vol. 244. - Article 108382. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108382>
9. Okaishi W. Al, Zaarane A., Slimani I., Atouf I. A Vehicular Queue Length Measurement System in Real-Time Based on SSD Network. *Transport and Telecommunication*. - 2021. - Vol. 22. - No. 1. - P. 29-37. DOI: <https://doi.org/10.2478/ttj-2021-0003>
10. Li K., Pan Y., Liu B., Cheng B. The setting and optimization of quick queue with customer loss. *Journal of Industrial and Management Optimization*. - 2020. - Vol. 16. - No. 3. - P. 1539-1553. DOI: <https://doi.org/10.3934/jimo.2019016>
11. Ravner L., Sakuma Y. Strategic arrivals to a queue with service rate uncertainty. *Queueing Systems*. - 2021. - Vol. 97. - P. 303-341. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11134-020-09683-7>
12. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. Київ : Держспоживстандарт України, 2011. - 26 с.
13. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. - 30 с.
14. Правила надання послуг з технічного обслуговування і ремонту колісних транспортних засобів : наказ Міністерства інфраструктури України від 28.11.2014 № 615.

References

1. Bitkowska A., Sliż P., Tenbrink C., Piasecka A. Application of Process Mining on the Example of an Authorized Passenger Car Service Station in Poland. *Foundations of Management*. - 2020. - Vol. 12. - No. 1. - P. 125-136. DOI: <https://doi.org/10.2478/fman-2020-0010>
2. Grooss O. F. Digitalization of maintenance activities in small and medium-sized enterprises: A conceptual framework. *Computers in Industry*. 2024. Vol. 154. Article 104039. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.104039>
3. Silva G. A. P., Puga Mendoza A., Peralta Enríquez J., Aranda López A., Torres Mendoza R. Discrete event simulation analysis of vehicle maintenance orders. *Procedia Computer Science*. - 2025. - Vol. 253. - P. 1412-1421. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.01.186>
4. Težak S., Sever D. Optimization of Operations in Bus Company Service Workshops Using Queueing Theory. *Vehicles*. - 2025. - Vol. 7. - No. 3. - Article 82. DOI: <https://doi.org/10.3390/vehicles7030082>
5. Sugianto W., Abdul Haq R. H. Analysis of Factors that Influence Automobile Workshop Queue Performance Using Design of Experiments. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*. - 2024. - Vol. 16. - No. 2. - P. 303-317.
6. Okonkwo U. C., Okokpujie I. P., Odo B. N., Fayomi O. S. I. Workshop Queue System Modification Through Multi Priority Strategy. *Journal of Physics: Conference Series*. - 2019. - Vol. 1378. - Article 022030. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1378/2/022030>
7. Premono A., Victor M., Sutrisno H. H. An experimental study of a car maintenance workshop layout optimization. *AIP Conference Proceedings*. - 2020. - Vol. 2217. - Article 030019. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0000585>
8. Sun M., Ng C. T., Wu F., Cheng T. C. E. Optimization of after-sales services with spare parts consumption and repairman travel. *International Journal of Production Economics*. - 2022. - Vol. 244. - Article 108382. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108382>
9. Okaishi W. Al, Zaarane A., Slimani I., Atouf I. A Vehicular Queue Length Measurement System in Real-Time Based on SSD Network. *Transport and Telecommunication*. - 2021. - Vol. 22. - No. 1. - P. 29-37. DOI: <https://doi.org/10.2478/ttj-2021-0003>
10. Li K., Pan Y., Liu B., Cheng B. The setting and optimization of quick queue with customer loss. *Journal of Industrial and Management Optimization*. - 2020. - Vol. 16. - No. 3. - P. 1539-1553. DOI: <https://doi.org/10.3934/jimo.2019016>
11. Ravner L., Sakuma Y. Strategic arrivals to a queue with service rate uncertainty. *Queueing Systems*. - 2021. - Vol. 97. - P. 303-341. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11134-020-09683-7>
12. DSTU 3649:2010. Kolisni transportni zasoby. Vymohy shchodo bezpechnosti tekhnichnoho stanu ta metody kontroliuvannia. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2011. - 26 s.
13. DSTU ISO 9001:2015. Systemy upravlinnia yakistiu. Vymohy. Kyiv : DP «UkrNDNTs», 2016. - 30 s.
14. Pravyly nadannia posluh z tekhnichnoho obsluhovuvannia i remontu kolisnykh transportnykh zasobiv : nakaz Ministerstva infrastruktury Ukrainy vid 28.11.2014 № 615.