

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра автомобілів і транспортних технологій

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»**

**ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗПОДІЛУ РОБІТ ЗА ВИДАМИ НА
ПІДПРИЄМСТВІ АВТОМОБІЛЬНОГО СЕРВІСУ З
НОРМУВАННЯМ ТРУДОМІСТКОСТІ ТА ПЛАНУВАННЯМ
ПОТУЖНОСТЕЙ**

спеціальність 274 Автомобільний транспорт
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Автомобільний транспорт»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи АТм-21
Ігор ЖИЛКО

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Валерій ДЕМБІЦЬКИЙ

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 2025 р.
гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент,
Олег СІТОВСЬКИЙ

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії
Кафедра автомобілів і транспортних технологій
Ступінь вищої освіти: магістр
Галузь знань: 27 Транспорт
Спеціальність: 274 Автомобільний транспорт
Освітня програма: «Автомобільний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В. ОНИЩУК

«__» _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Жилко Ігор Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Обґрунтування розподілу робіт за видами на підприємстві автомобільного сервісу з нормуванням трудомісткості та плануванням потужностей»

Керівник роботи: к.т.н., доцент Дембіцький Валерій Миколайович

затверджені наказом вищого навчального закладу від «26» листопада 2025 р. № 499/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «09» грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: *структура та номенклатура робіт СТО, статистика трудомісткостей робіт, виробничі показники та дані завантаження постів, характеристики потоків замовлень, нормативно-правові вимоги до ТО і ремонту, а також фактичні дані реального сервісного підприємства для виконання розрахунків.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

1. Аналіз нормативно-ринкових вимог та сучасних підходів до організації робіт СТО.

2. Формування класифікації робіт та оновленого каталогу трудомісткостей (SRT).

3. Побудова матриці ABC×XYZ та сегментація портфеля робіт.

4. Розроблення моделей планування та балансування потужностей на основі теорії черг.

5. Прикладний розрахунок пропускної здатності та виявлення вузьких місць на базі реальної СТО.

6. Обґрунтування операційних політик та рекомендацій щодо оптимізації виробничої програми.

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

Титульний аркуш, мета, об'єкт, предмет, завдання досліджень; основні результати досліджень, висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «05» лютого 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналіз нормативно-ринкових вимог та сучасних підходів до організації робіт СТО.</i>	04.10.2025	
2	<i>Формування класифікації робіт та оновленого каталогу трудомісткостей (SRT).</i>	18.10.2025	
3	<i>Побудова матриці ABC×XYZ та сегментація портфеля робіт.</i>	25.10.2025	
4	<i>Розроблення моделей планування та балансування потужностей на основі теорії черг.</i>	08.11.2025	
5	<i>Прикладний розрахунок пропускної здатності та виявлення вузьких місць на базі реальної СТО.</i>	15.11.2025	
6	<i>Обґрунтування операційних політик та рекомендацій щодо оптимізації виробничої програми.</i>	22.11.2025	
7	<i>Перевірка кваліфікаційної роботи керівником</i>	26.11.2025	
8	<i>Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу відповідно діючих вимог</i>	29.11.2024	
9	<i>Перевірка роботи на плагіат</i>	після 01.12.2025	
10	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	згідно графіка захистів	

Здобувач вищої освіти

_____ (І. ЖИЛКО)
(підпис) (ініціали, прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (В. ДЕМБІЦЬКИЙ)
(підпис) (ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Жилко І.С. Обґрунтування розподілу робіт за видами на підприємстві автомобільного сервісу з нормуванням трудомісткості та плануванням потужностей.

Кваліфікаційна робота магістра освітньої програми «Автомобільний транспорт» спеціальності 274 Автомобільний транспорт. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота магістра складається з вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилань. Обсяг кваліфікаційної роботи становить 64 сторінки основного тексту, 17 таблиць, 10 рисунків та 36 джерел за переліком посилань.

Кваліфікаційна робота присвячена розробленню інтегрованої методики раціонального розподілу робіт на підприємстві автомобільного сервісу з урахуванням цифрової трансформації, появи електронно-програмних процедур, підвищеної варіативності попиту та сучасних нормативно-ринкових вимог ЄС/України. У роботі обґрунтовано процесну класифікацію робіт СТО, сформовано оновлений каталог SRT, розроблено матрицю ABC×XYZ для сегментації номенклатури послуг, а також побудовано моделі планування й балансування потужностей із використанням стохастичних підходів та теорії черг. Практична частина містить аналіз реальної СТО, ідентифікацію «вузьких місць» та демонстрацію ефекту від застосування запропонованих політик, що забезпечують скорочення часу очікування, підвищення пропускну здатності та ефективності роботи без додаткових капітальних інвестицій.

Ключові слова: станція технічного обслуговування, розподіл робіт, трудомісткість, фактичний час виконання, варіативність попиту, матриця ABC×XYZ, цифрові сервісні операції, калібрування, програмування та кодування, високовольтні системи, теорія черг, планування потужностей, виробничі процеси СТО, нормативно-ринкові вимоги.

ANNOTATION

Zhilko I.S. Justification of the distribution of work by type at an automobile service enterprise with labor intensity rationing and capacity planning.

Master's qualification work of the educational program "Automobile Transport" specialty 274 Automobile Transport. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The master's qualification work consists of an introduction, three sections, conclusions, a list of references. The volume of the qualification work is 64 pages of the main text, 17 tables, 10 figures and 36 sources according to the list of references.

The qualification work is devoted to the development of an integrated methodology for the rational distribution of work at an automobile service enterprise taking into account digital transformation, the emergence of electronic software procedures, increased variability of demand and modern regulatory and market requirements of the EU/Ukraine. The paper substantiates the process classification of service station work, forms an updated SRT catalog, develops an ABC×XYZ matrix for segmenting the range of services, and builds models for planning and balancing capacities using stochastic approaches and queueing theory. The practical part contains an analysis of a real service station, identification of “bottlenecks” and demonstration of the effect of applying the proposed policies, which ensure a reduction in waiting time, increased throughput and efficiency without additional capital investments.

Keywords: service station, work distribution, labor intensity, actual execution time, demand variability, ABC×XYZ matrix, digital service operations, calibration, programming and coding, high-voltage systems, queueing theory, capacity planning, service station production processes, regulatory and market requirements.

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Стан питання щодо розподілу робіт на підприємствах автомобільного сервісу	10
1.1 Класифікація робіт СТО.	10
1.2 Види робіт технічного обслуговування.	15
1.3 Види робіт поточного ремонту.	18
1.4 Формування переліку робіт по ТО і ремонту автомобілів.	20
Висновки до розділу.	22
2 Обґрунтування розподілу робіт та нормування трудомісткості.	25
2.1 Аналіз сучасних підходів до сегментації робіт за трудомісткістю та варіативністю попиту.	25
2.2 Каталог робіт по ТО і ремонту автомобілів.	29
2.3 Ефективність функціонування виробничої системи.	39
Висновки до розділу.	42
3 Планування потужностей СТО.	44
3.1 Планування потужності підприємства.	44
3.2 Балансування потужності підприємства.	48
3.3 Визначення ефективності функціонування ТзОВ «Дукат-Ойл».	51
3.4 Моделювання мережі пунктів контролю технічного стану автомобілів в межах Волинської області.	62
Висновки до розділу.	60
Висновки.	62
Перелік джерел посилання	64

ВСТУП

Актуальність дослідження зумовлена структурною трансформацією післяпродажного обслуговування автомобілів: стрімким зростанням частки електронно-програмних операцій (кодування, оновлення ПЗ, калібрування ADAS), появою високовольтних (HV) робіт, подовженням інтервалів класичного ТО та сезонно-нерівномірним попитом на «швидкі» послуги. За цих умов традиційні підходи до нормування та планування потужностей СТО втрачають ефективність: збільшується дисперсія тривалості робіт, виникають локальні «вузькі місця» в діагностиці/електроніці, ускладнюється балансування постів і черги стають основним джерелом втрат часу й маржі. Потрібна оновлена методологія, що об'єднає каталожні норми часу (SRT) із інструментами керування варіативністю та прикладними моделями теорії черг для операційних рішень на рівні зміни й тижня.

Другий блок чинників пов'язаний із нормативно-ринковими вимогами ЄС/України до доступу до ремонтної інформації (RMI), простежуваності операцій і підтверджуваності якості: офіційне включення «транзакційних» послуг (перепрограмування, калібрування) у рамку післяпродажного сервісу висуває нові вимоги до просторової організації СТО, компетентностей персоналу й метрології (валідаційні тести). На тлі конкуренції за клієнта та дефіциту кваліфікованих кадрів особливої ваги набуває науково обґрунтоване проектування виробничої програми, карти процесів і тактів ліній, що гарантує виконання плану без капіталомістких розширень.

Третій вимір актуальності — економічний та управлінський. Коливання попиту (сезонність, кампанії оновлень ПЗ, нерегулярні звернення) роблять класичне «середньодобове» планування неточним; натомість підприємствам потрібні портфельні моделі, які задають доцільні частки видів робіт для СТО різної потужності, а також алгоритми оперативного балансування (розмежування потоків, ліміти незавершеного виробництва, тощо). Запропонована в роботі інтегрована методика – від сучасної класифікації робіт і оновлених SRT-

діапазонів до ABC×XYZ-сегментації та застосування наближень Кінгмана у вузлах типу G/G/1 — напряду підсилює керованість якості, скорочує час очікування і підвищує рентабельність без обов'язкових капітальних інвестицій, що робить тему науково й практично значущою для українських СТО у період цифрової трансформації з європейськими практиками.

Мета роботи —обґрунтувати та розробити концепцію розподілу робіт за видами на підприємствах автомобільного сервісу, включно з нормуванням трудомісткості та моделями планування й балансування потужностей, щоб забезпечити скорочення часу проходження, стабілізацію такту, підвищення ефективності та якості обслуговування.

Об'єктом досліджень є технологічні процеси підприємств автомобільного сервісу, зокрема формування портфелів робіт і використання постів, персоналу та оснащення під час надання послуг ТО й поточного ремонту.

Предметом досліджень є методи та моделі розподілу робіт за видами і нормування їх трудомісткості, а також підходи до планування та балансування потужностей для забезпечення стабільного такту, скорочення часу проходження й підвищення ефективності та якості обслуговування.

Завдання роботи:

- проаналізувати сучасні ринково-нормативні підходи в ЄС/Україні до післяпродажного сервісу, узагальнити класифікації робіт СТО;
- розробити й обґрунтувати процесну модель СТО, зіставивши її з ринково-нормативними ознаками;
- побудувати матрицю ABC×XYZ (важливість × передбачуваність) для номенклатури робіт та сформувати оновлений каталог видів робіт із типізованими діапазонами SRT;
- провести дослідження та сформувати орієнтовні частки видів робіт для СТО різної потужності;
- провести прикладний розрахунок на базі реальної СТО, виявити вузькі місця та показати ефект від запропонованих політик формування потужностей підприємства.

Науково-практичну цінність становить інтегрований підхід, що поєднує нормування часу, портфельну сегментацію попиту і стохастичні моделі для науково обґрунтованого розподілу робіт і планування потужностей СТО. На практиці це дає каталог сучасних SRT, портфелі за масштабом підприємства та операційні політики, які на реальному кейсі зменшують черги й підвищують пропускну здатність без капітальних інвестицій.

Методи досліджень, застосовані у кваліфікаційній роботі, спираються на положення математичного моделювання й дослідження операцій, стохастичних моделей теорії черг, а також порівняльного та нормативного аналізу. Емпірична частина виконана методами статистичного аналізу та імітаційного моделювання на персональному комп'ютері із використанням сучасного програмного забезпечення, з використанням виробничих даних СТО та офіційних довідково-нормативних джерел.

Апробація результатів роботи. Опубліковано тези доповіді І. Жилко. Нормування трудомісткості та планування потужностей для раціонального розподілу робіт на підприємстві автомобільного сервісу \ \ Тези V студентської науково-технічної конференції факультету транспорту та механічної інженерії “Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії”. Луцьк: ЛНТУ – 2025р.– с. 246-248.

На захист виносяться: інтегрована процесна класифікація робіт СТО з урахуванням цифрових процедур, оновлений каталог і класи SRT, матриця $ABC \times XYZ$ та портфельні структури для різних потужностей, розрахункові моделі пропускну здатності й черг із практичними політиками балансування.

1 СТАН ПИТАННЯ ЩОДО РОЗПОДІЛУ РОБІТ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АВТОМОБІЛЬНОГО СЕРВІСУ

1.1 Класифікація робіт СТО

Класифікація робіт станції технічного обслуговування (СТО) доцільна за процесною логікою сервісного ланцюга «приймання → діагностування → виконання робіт → контроль якості → видача/супровід», а також за нормативно-ринковими ознаками: планові (регламентні) роботи, відновні (ремонт), гарантійні/кампанії виробника, позапланові/аварійні, кузовні та фарбувальні, спеціальні (програмування, калібрування ADAS), шиномонтаж і геометрія коліс, електромобільні HV-операції (для електромобілів) та операції клієнтського сервісу. Такий підхід узгоджується з європейською рамкою доступу до ремонту та технічного обслуговування (Repair & Maintenance Information – RMI), де «ремонт і технічне обслуговування» охоплюють як механічні, так і електронні транзакційні послуги (перепрограмування, технічна підтримка) для незалежних операторів [1].

1) Діагностичні роботи. Включають первинний огляд, OBD-зчитування/інтерпретацію кодів, поглиблені системні тести (електрика/електроніка, паливні/впускні/випускні системи), дорожні тести, вимірювання параметрів шасі. У професійних стандартах і переліках завдань ASE це окремі кластери завдань у напрямках А6 «Електричні/електронні системи», А8 «Діагностика двигуна», А4 «Підвіска та рульове керування» тощо, що систематизують типові діагностичні дії та критерії прийнятності [2; 3].

2) Регламентне технічне обслуговування (ТО). Це планові операції з періодичністю, встановленою виробником: заміна робочих рідин/фільтрів, регулювання, огляди безпеки, оновлення програмного забезпечення (ПЗ) за сервісними бюлетенями. Регуляторна база ЄС прямо включає «транзакційні послуги, такі як перепрограмування», до складу RMI для ринку післяпродажного обслуговування, що відносить їх до сфер доступу для СТО (в т.ч. незалежних) [1]. Переліки стандартних робіт ТО широко деталізовані у професійних

стандартах підготовки персоналу (ASE Education Foundation) як типові інспекційні/виконавчі завдання [4].

3) Ремонтні роботи (механічні/агрегатні). Охоплюють відновлення працездатності агрегатів та систем: двигун (A1, A8), трансмісія (A2–A3), гальма (A5), підвіска/рульове керування (A4), системи кондиціонування/опалення (A7), дизель для легкових (A9). Кожен напрям має чіткий перелік процедур і контрольних точок якості, що слугує практичною матрицею класифікації ремонтних операцій на СТО [2; 3].

4) Кузовні та фарбувальні роботи. Включають відновлення геометрії кузова, рихтування, зварювання, підготовку та фарбування, заміну й калібрування елементів, що впливають на безпеку (сенсори паркування, камери, радары в бамперах/решітках). Для сучасних авто кузовний ремонт дедалі частіше інтегрований з електронною діагностикою та післяремонтним калібруванням допоміжних систем керування (ADAS), що в ЄС також відноситься до RMI-послуг [1].

5) Гарантійні роботи та сервісні кампанії виробника. Це операції, що виконуються відповідно до політик інструкцій з експлуатації виробників (OEM) і умов гарантії/відкликать, з обов'язковим доступом до технічної документації/програмного забезпечення і дотриманням стандартів сервісного центру. Правила конкуренції на ринку післяпродажного обслуговування підкреслюють доступ незалежних СТО до технічної інформації та рівні умови доступу, що впливає на обсяг і класи робіт, які вони можуть законно виконувати [5; 6; 7].

6) Позапланові (аварійні) роботи. Включають усунення відмов у дорозі, термінові ремонти, відновлення після ДТП, екстрені діагностичні/ремонтні втручання. Ринкова й правова рамка ЄС щодо RMI гарантує можливість швидкого доступу СТО до даних/ПЗ для виконання таких робіт, що напряду впливає на час циклу послуги [1; 8].

7) Шиномонтаж, балансування та геометрія коліс/шасі. Виділяються в окремий клас через специфічне обладнання, вимоги до безпеки та прямий вплив

на безпеку руху; в переліках завдань ASE вони системно віднесені до А4 (підвіска/рульове керування) і А5 (гальма) та передбачають окремі контрольні операції [2].

8) Спеціальні електронні роботи: програмування, кодування, калібрування систем (включно з ADAS). Сюди належать оновлення модулів, онлайн-кодування, захищені функції сервісного доступу (SFD), калібрування камер/радарів після ремонту. Такі операції прямо визначені як «транзакційні послуги» в складі RMI і вимагають підтвердженої компетентності персоналу та належних засобів доступу [1; 6].

9) Роботи з високовольтними системами електромобілів (HV). Окремий клас через підвищені ризики й спеціальні допуски: діагностика/ремонт HV-акумуляторів, інверторів, електроприводу; відключення HV-контур; терморегуляція. У сучасних стандартах підготовки персоналу (ASE, програми L3 для гібридів/EV) ці роботи виділено як специфічні компетентності з окремими процедурами безпеки [2; 4].

10) Операції клієнтського сервісу й супроводу процесу. Приймання/оцінка замовлення, формування кошторису, погодження додаткових робіт, контроль якості/тест-драйв, видача, гарантійний супровід. Система керування сервісом у профільній літературі групує ці операції як окремий контур створення цінності, що безпосередньо впливає на продуктивність і рентабельність СТО [9].

Під час формування виробничої програми СТО та підбору постів/дільниць в Україні застосовують дещо відмінне групування:

1. Приймання та клієнтський сервіс: реєстрація замовлення, огляд із клієнтом, формування переліку робіт/кошторису, видача авто. Ці операції прямо визначені «Правилами надання послуг з ТО і ремонту КТЗ» як складові процесу надання послуг і мають бути врегульовані документально (договір, акт, гарантійні умови) [10].

2. Діагностування: первинне/поглиблене, перевірка гальм/підвіски/світла на стендах, вимірювання викидів тощо. Вимоги до контрольованих параметрів та методів контролю визначаються ДСТУ 3649:2010 (безпечність технічного

стану), що впливає на номенклатуру діагностичного обладнання і завдання дільниці діагностування [11], [12].

3. Регламентне технічне обслуговування (ТО): періодичні операції за документацією виробника (заміни рідин/фільтрів, регулювання, контрольні огляди, інколи — оновлення ПЗ). У правовому полі України це належить до «послуг з технічного обслуговування», із вимогами до виконавця, його компетентності та обладнання, установленими Технічним регламентом з ТО і ремонту (КМУ №643) [12].

4. Ремонт (поточний/агрегатний): механічні, електротехнічні, кузовні, фарбувальні тощо — класифікуються як «послуги з ремонту» у Правилах [10], а до виконавця/обладнання застосовуються вимоги Технічного регламенту [12]. Для проектування це означає виділення відповідних дільниць/

5. Спеціальні роботи: шиномонтаж/балансування, регулювання кутів установки коліс.

6. Мийка та передремонтна підготовка (за потреби — окремий блок, особливо при кузовному виробництві). У профільних методичних матеріалах ВНЗ ці зони відносять до обслуговувальних/підготовчих, що впливають на маршрут руху авто і логістику [13], [14].

У ЄС правова рамка післяпродажного обслуговування побудована навколо доступу до RMI та принципів конкуренції: Регламент (EU) 2018/858 прямо гарантує незалежним СТО доступ до технічної інформації, діагностування, перепрограмування й «транзакційних послуг», а також вимоги до кіберзахищеного доступу (secure gateways) [1] (див. також рис. 1). Це доповнюють MVBBER і настанови ЄК, що забезпечують рівні умови для незалежних та авторизованих сервісів під час виконання гарантійних робіт і кампаній відкликання [5; 6]. Практично це означає: при проектуванні європейських СТО планують виділені пости/зони під онлайн-кодування, ADAS-калібрування, оновлення ПЗ, а також чітко нормують компетентності персоналу під EV/HV та електроніку (часто з опорою на уніфіковані переліки завдань на кшталт ASE) [4].

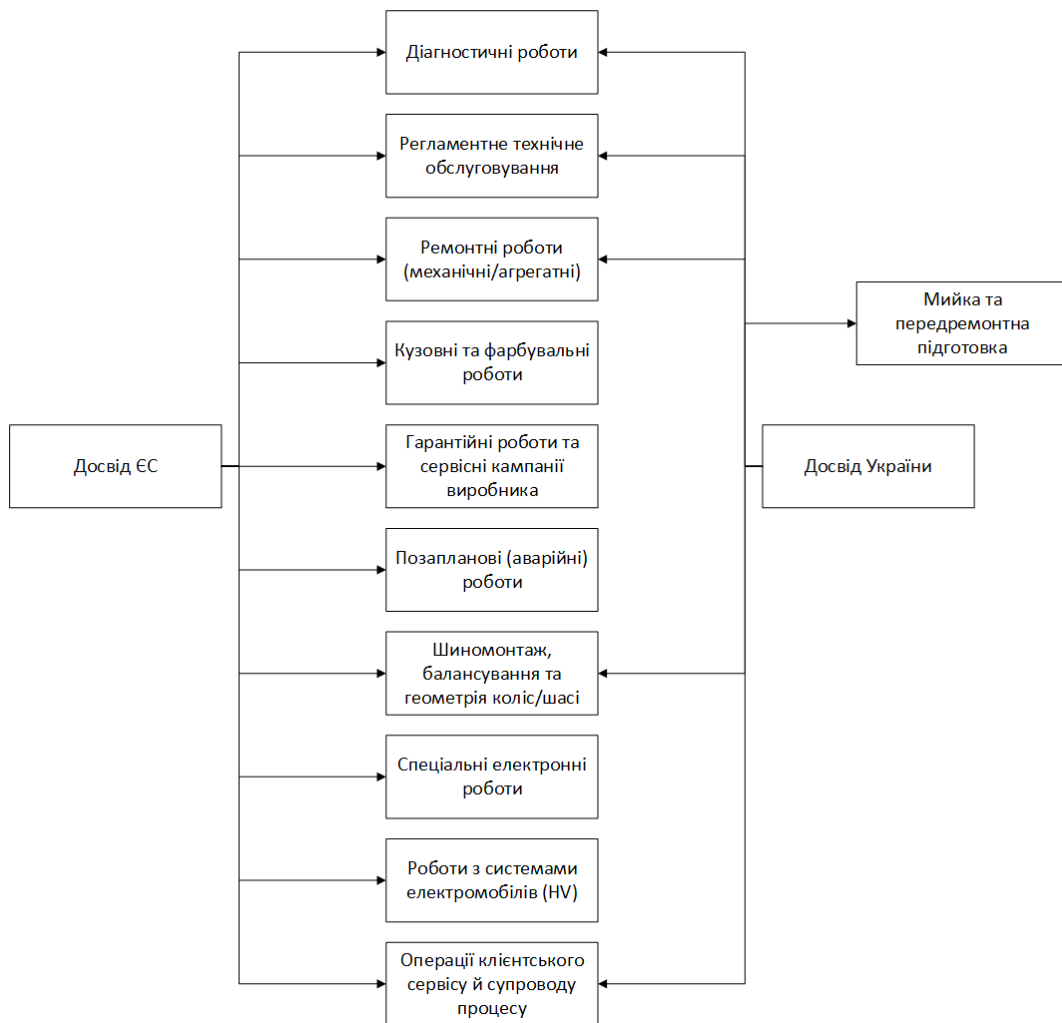


Рисунок 1.1 – Класифікація робіт в Україні та ЄС

В Україні базові поняття та групи робіт (ТО/ремонт/діагностика/спецроботи) закріплені «Правилами надання послуг...» Мінінфраструктури та Технічним регламентом КМУ №643, які визначають вимоги до виконавця й оснащення, але не деталізують механізми транскордонного RMI-доступу в тій мірі, як європейські акти [10; 12], (див. також рис. 1). Норми контролю технічного стану (ДСТУ 3649:2010) задають перелік вимірюваних параметрів і, відповідно, мінімально необхідну діагностичну інфраструктуру; проте стандартизовані модулі на кшталт обов'язкових ADAS-полів чи окремих HV-боксів упроваджуються нерівномірно й часто залежать від профілю СТО та локального попиту [11]. У гарантійних процесах доступ незалежних сервісів до OEM-інформації забезпечується переважно через

договірні відносини з виробниками/імпортерами, а не завдяки наднаціональній конкурентійній рамці, як у ЄС [5; 6; 10].

Підсумовуючи: у ЄС класи робіт і просторово-технологічні рішення сильніше «прив'язані» до цифрових сервісів RMI, ADAS/EV-компетенцій і конкурентійних гарантій доступу; в Україні – до нормативного розмежування ТО/ремонт, переліку контрольних параметрів та вимог до оснащення, із поступовим розширенням практик електронного доступу та HV/ADAS-інфраструктури [1; 4; 10–12].

1.2 Види робіт технічного обслуговування

У сучасній практиці ТО охоплює не лише класичні інспекційні/виконавчі операції, а й «транзакційні послуги» (перепрограмування, кодування, калібрування), які в ЄС юридично віднесені до RMI з гарантованим доступом для незалежних СТО через регламент типового схвалення 2018/858 (OBD, RMI, безпечні шлюзи доступу) [1]. В Україні перелік і порядок надання послуг ТО та ремонту визначається Правилами Мінінфраструктури, що регулюють взаємовідносини із замовником, гарантії та вимоги до виконавця [10].

Діагностичні роботи в межах ТО включають первинний огляд, OBD-зчитування/інтерпретацію кодів, стендові вимірювання (гальма/підвіска/світло/викиди), дорожні випробування для підтвердження скарги/усунення міжсистемних ефектів. У професійних стандартах ASE завдання діагностування структуруються за напрямками А4 (підвіска/рульове керування), А5 (гальма), А6 (електрика/електроніка) та А8 (діагностування двигуна), що задає типові контрольні точки й очікувані результати перевірок [2; 3, 15]. У ЄС доступ до OBD/RMI для виконання таких перевірок забезпечується прямо нормами 2018/858, що уможливорює використання виробничих порталів/онлайн-послуг під час ТО [1]. В Україні контрольовані параметри та методи перевірок технічного стану визначені ДСТУ 3649:2010, що впливає на номенклатуру діагностичного обладнання ділянки ТО [11].

Регулювальні операції ТО включають налаштування зазорів/положень/параметрів систем (гальмівні механізми, рульовий привід, приводи дроселя/ГРМ у межах регламентів виробника), а також процедури калібрування/онлайн-кодування модулів у випадках, коли це передбачено бюлетенями або програмами оновлень. Європейська практика трактує перепрограмування/калібрування як складову RMI з рівними умовами доступу (MVBER та супровідні настанови про конкуренцію), тому під час ТО офіційно допускаються транзакційні сеанси на порталах виробників або через авторизовані інтерфейси [1; 5]. У програмах підготовки персоналу (ASE Education Foundation, 2024) регулювальні й калібрувальні завдання рознесено по відповідних системних кластерах і пов'язано з вимогами до обладнання/компетентностей [16]. Для робіт із системами допомоги водію (ADAS) європейські методичні документи вимагають чітких процедур калібрування (статична/динамічна), ідентифікації комплектації за VIN та доступу до OEM-інструкцій у складі RMI [17].

Кріпильні операції ТО—це відновлення/перевірка затягування різьбових з'єднань відповідно до моментів/кутів, заданих виробником (підвіска, гальма, колесні з'єднання, вузли двигуна). Для забезпечення відтворюваності затягування в ЄС і в міжнародній практиці застосовують калібровані динамометричні інструменти; процедури калібрування та оцінки невизначеності визначені ISO 6789-2:2017 (інтервали, методики, вимоги до лабораторій), що напряму впливає на систему якості ТО та періодичність перевірок інструменту [18]. У стандартах підготовки ASE відповідні завдання/перевірки входять до кластера A4/A5 (підвіска/гальма), де фіксуються контрольні моменти/перевірки після складання [2; 3].

Змащування у межах ТО охоплює заміну/долив мастил і робочих рідин, обробку вузлів, що потребують періодичного змащення, та верифікацію сумісності мастил із системами післяобробки відпрацьованих газів. У ЄС та міжнародній галузевій практиці добір моторних оливо базується на актуальних секвенціях ACEA (оновлення 2023 для легкових), що встановлюють вимоги до

стабільності в'язкості, рівня SAPS, економії пального й сумісності з каталітичними нейтралізаторами/DPF—це безпосередньо визначає інтервали ТО та перелік допусків, які слід витримати в сервісній карті [19]. В Україні нормативно-правова рамка не деталізує класи мастил, але Правила надання послуг вимагають виконання ТО згідно з документацією виробника, тому добір олив/інтервалів фіксується в наряд-замовленнях і картках ТО, а контроль параметрів після ТО корелює з переліком показників ДСТУ 3649:2010 [10; 11].

Порівняння підходів ЄС і України:

1. Цифровізація ТО. В ЄС регуляторно закріплено інтеграцію «електронних» процедур (перепрограмування/калібрування) у ТО через RMI та рівний доступ незалежних СТО; в Україні порядок ТО/ремонту й гарантій оформлюється Правилами, а електронний доступ реалізується переважно договірно або через комерційні платформи.

2. Стандартизація компетентностей. Європейські/міжнародні навчальні рамки (ASE) детально структурують діагностичні, регулювальні, змащувальні та кріпильні завдання за системами, що полегшує нормування часу та контроль якості; українська практика більше спирається на вимоги до виконавця, перелік контрольованих параметрів (ДСТУ 3649:2010) та внутрішні регламенти СТО.

3. Безпека й вимірюваність. Для кріпильних робіт у ЄС широко застосовуються вимоги ISO 6789-2:2017 щодо калібрування моментних інструментів, тоді як в Україні це імплементується через системи менеджменту якості/акредитацію лабораторій та внутрішні процедури СТО.

4. Мастильні матеріали. У ЄС вибір мастил суворо узгоджується з актуальними секвенціями ACEA (2023), що відбиті в сервісних політиках OEM; в Україні такі вимоги приймаються з документації виробника при оформленні робіт за Правилами [10].

1.3 Види робіт поточного ремонту

Поточний ремонт (ПР) – це комплекс робіт з відновлення працездатності вузлів і систем КТЗ без зміни базової конструкції, що виконується за потребою за результатами діагностування, огляду або звернення споживача. В Україні порядок надання таких послуг та документування визначено Правилами надання послуг з ТО і ремонту (наказ МІУ №615), а вимоги до виконавця/оснащення — Технічним регламентом з ТО і ремонту (КМУ №643) [10, 12], тоді як у ЄС рамкові умови доступу незалежних СТО до техінформації/OBD/перепрограмування закріплені Regulation (EU) 2018/858 (RMI) [1]. Це впливає і на номенклатуру робіт ПР, і на методи їх виконання.

Ключові групи робіт ПР та їх зміст:

1) Діагностичні роботи (у складі ПР). Поглиблене усунення відмов із використанням OBD, системних тестів електрики/електроніки, дорожніх випробувань; структуровано у професійних переліках завдань ASE (A4—підвіска/кермо; A5—гальма; A6—електрика/електроніка; A8—діагностика двигуна), які задають контрольні точки та очікувані результати перевірок [2, 3]. У ЄС доступ до RMI/OBD для таких робіт гарантовано 2018/858 (включно з «транзакційними» онлайн-послугами OEM), що скорочує цикл пошуку причин відмов [1].

2) Акумуляторні та електротехнічні роботи (12V / HV). Для 12V: перевірка/заряд, тестування пускового струму, заміна АКБ, ремонт проводки/генератора/стартера. Для високовольтних систем EV/HEV: відключення HV-контур, діагностика інвертора/тягової батареї, роботи під підвищеною напругою. Європейські вимоги до безпеки робіт із електротягою визначені ISO 6469-3:2018 та UNECE R100, що задають бар'єри/ізоляцію/захист від ураження; виконання робіт ПР передбачає компетентності та процедурні допуски [20; 21]. У переліках завдань ASE (L3/EV та A6/A8) такі операції виокремлені як специфічні й ризик-орієнтовані [2, 3].

3) Кузовні та фарбувальні роботи. Відновлення геометрії кузова, рихтування/зварювання, підготовка та фарбування; післяремонтна калібрування ADAS (камери/радар) стає невід'ємною частиною ПР, оскільки датчики інтегровані в бампери/решітки/скло. Доступ до інструкцій/специфікацій калібрування забезпечується в ЄС через RMI 2018/858; методичні вимоги до інформації з ремонту/калібрування опрацьовує CEN/TC301 WG6 (ADAS RMI) [17]. В Україні організаційні вимоги та документообіг регламентуються Правилами МІУ №615 [10].

4) Шиномонтажні, балансувальні та роботи з геометрією шасі. Зняття/монтаж шин, ремонт покришок, балансування коліс; регулювання кутів встановлення коліс із використанням 3D-стендів. У професійних класифікаціях ASE ці роботи відносять до A4/A5 із визначенням контрольних операцій (момент затягування, перевірка підвіски/гальм) [2].

5) Роботи з гальмами та підвіскою. Заміна колодок/дисків, супортів, шлангів; ремонт/налаштування стоянкового гальма; заміна шарових опор, амортизаторів, важелів, втулок; перевірка рульових тяг/рейки. Стандарти задач ASE (A4/A5) визначають процедури контролю якості після ПР (випробування, пуски, road-test) [2]. В Україні мінімальні контрольні параметри після втручань (ефективність гальм, люфти підвіски, світлотехніка тощо) корелюють із ДСТУ 3649:2010 [11].

6) Теплотехнічні та кліматичні роботи (HVAC). Діагностика герметичності, заміна компонентів кондиціонера/обігріву, обслуговування фреонового контуру з урахуванням типу холодоагента; належить до кластера ASE A7 (Heating & Air Conditioning) [2]. В ЄС інформація щодо специфікацій холодоагентів/процедур доступна в RMI-вмісті OEM.

7) Системи живлення/впуск–випуск та контроль викидів. Очищення/заміна інжекторів, насосів, фільтрів; обслуговування EGR/DPF/SCR; ремонт елементів випуску. Для підтвердження результату ПР застосовують стендові вимірювання/OBD-моніторинг (ASE A8, дизель A9) [2].

8) Інші операції ПР (скло/освітлення/кузовна фурнітура/електроніка). Заміна/ремонт скла та освітлювальних приладів (із наступною перевіркою світлотехніки), заміна прошивок модулів за бюлетенями, робота з клієнтськими скаргами та контроль якості. У ЄС перепрограмування/кодування прямо віднесено до RMI як транзакційні послуги (on-line доступ із платним доступом) [2].

1.4 Формування переліку робіт по ТО і ремонту автомобілів

Перелік робіт для станції технічного обслуговування доцільно формувати від «матриці систем/завдань» ASE A1–A9 (двигун, автоматична/механічна трансмісія, підвіска/кермо, гальма, електрика/електроніка, діагностика двигуна, HVAC, дизель тощо), де кожен кластер містить детальні описи із типовими операціями ТО, діагностування, регулювання та відновлення [2]. Така рамка зручна для нормування часу, побудови маршрутних карт і планування потужностей (пости/устаткування/компетентності) [4]. У контексті ЄС «транзакційні» послуги (перепрограмування, кодування, калібрування ADAS) віднесено до RMI із регламентованим доступом незалежних СТО [1], а в Україні порядок надання послуг, документування та гарантій — до Правил МІУ №615; контрольовані параметри технічного стану — за ДСТУ 3649:2010 [10; 11].

Карта систем і робіт (на основі A1–A9) має вигляд:

1. A1/A8 Двигун та діагностика двигуна. Інспекція/тести систем запалювання та упорскування, вимірювання параметрів, аналіз OBD DTC, перевірка компресії/витоків; регулювання та відновлення працездатності вузлів (датчики, виконавчі механізми, паливо-повітряний тракт) [2]. Для виконання електронних процедур (оновлення ПЗ, адаптації) у ЄС використовується RMI-доступ до порталів OEM [1].

2. A2/A3 Трансмісія (автоматична/механічна). Перевірки стану ATF/МКПП, тести гідроблоків/соленоїдів/мехатроніки, регулювання тяг/тросів, зняття/установка агрегатів, відновлювальні роботи [2].

3. А4 Підвіска та рульове керування. Огляди та вимірювання люфтів, геометрія коліс, перевірка/заміна шарнірів, амортизаторів, рульових тяг; підйом/випробування після ремонту [2]. Контрольні параметри (люфти/геометрія/ефективність) корелюють із переліком показників ДСТУ 3649:2010 [11].

4. А5 Гальма. Інспекція гальмівних механізмів/гідравліки/ABS, вимірювання товщин/биття, заміна колодок/дисків/шлангів, фінішні тести (в т.ч. на стенді) [2].

5. А6 Електрика/електроніка. Тестування АКБ/стартер-генератор, шини даних, освітлення, мережеві діаграми; у частині електронних функцій — кодування/перепрограмування модулів через RMI (ЄС) [1; 2].

6. А7 HVAC. Перевірка герметичності, тиск/температура, заміна компресора/осушувача/вентилів, вакуумування/заправлення, функціональна перевірка [2].

7. А9 Дизель (легковий). Перевірка паливної апаратури, впорскування, EGR/DPF/SCR; стендові/OBD тести, калібрувальні адаптації за бюлетенями [2].

Групування робіт під ТО/ремонт має вигляд:

- ТО (інспекційно-регламентний контур): перевірки/вимірювання (А1–А9), сервісні заміни, регулювання, ADAS-калібрування/оновлення ПЗ за бюлетенями. В ЄС ці «електронні» дії включено до RMI як частину післяпродажних послуг із прозорим доступом для незалежних СТО [1]; в Україні — виконуються «згідно з документацією виробника» в межах Правил №615 [10] та фіксуються у наряд-замовленнях.

- Поточний ремонт (відновлювальний контур): дефектування за результатами діагностування, заміна/ремонт вузлів (А1–А9), контрольні тести. Переліки ASE задають контрольні точки якості (дорожні тести, повторні вимірювання), що полегшує нормування та планування [2; 4].

Фрагмент специфікації робіт по технічному обслуговуванню та ремонту автомобіля наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Фрагмент специфікації робіт по технічному обслуговуванню та ремонту автомобіля, згідно [2]

Кластер ASE	Типові роботи ТО	Типові роботи поточного ремонту	Ключові перевірки/вихідні критерії
A1/A8 Двигун і діагностика	Інспекції, сканування OBD, оновлення ПЗ/адаптації	Заміна датчиків/актюаторів, ремонт паливної, усунення підсмоктувань	Відсутність DTC, норми параметрів, road-test
A2/A3 Трансмісія	Інспекція рівнів/витоків, базові регулювання	Ремонт мехатроніки/зчеплення, заміна ущільнень/вузлів	Робота без ривків/пробуксовок; тести соленоїдів
A4 Підвіска/кермо	Візуальний огляд, стенд геометрії	Заміна шарнірів/амортизаторів/рейки	Геометрія в допусках; відсутність люфтів
A5 Гальма	Інспекція, вимір товщин, сервісні заміни	Ремонт супортів/гідравліки/ABS	Ефективність/стабільність гальмування
A6 Електрика/електроніка	Тест АКБ/заряд, перевірка мереж	Ремонт генератора/стартеру, кодування модулів	Токи/напруги в нормі, відсутність DTC
A7 HVAC	Перевірка герметичності, сервіс контуру	Заміна компресора/осушувача/розширювача	Параметри тиску/температури, продуктивність
A9 Дизель	Інспекція фільтрів/датчиків, адаптації	Ремонт/чистка інжекторів, EGR/DPF/SCR	Димність/OBD монітори в нормі

Під кожен кластер формуються робочі місця/пости та компетенції. Наприклад, A4/A5 потребують підіймачів і стендів (геометрія/гальма), A6 — стабільних джерел живлення, діагностичного обладнання, доступу до RMI; A1/A8/A9 — димомір/газоаналізатор, стенди для елементів систем живлення, обладнання для перевірки під впуск/випуск.

Висновки до розділу

На підставі виконаного огляду нормативної бази, професійних стандартів і практик організації робіт СТО сформовано такі узагальнення та прикладні висновки:

1. Запропонована процесна класифікація робіт СТО (приймання → діагностування → виконання → контроль якості → видача/супровід) узгоджена з ринково-нормативними ознаками (ТО, ремонт, гарантія/відкликання, аварійні, кузовні/фарбувальні, шиномонтаж/геометрія, спеціальні електронні операції, HV-роботи, клієнтський сервіс) і охоплює сучасні «транзакційні» послуги (кодування, перепрограмування, калібрування ADAS).

2. Технічне обслуговування у сучасному розумінні включає не лише інспекційні/регламентні операції, а й електронні процедури (оновлення ПЗ, кодування, калібрування), що прямо впливають на планування постів (стабілізоване живлення, доступ до RMI, зони ADAS-калібрування) і на вимоги до компетентностей персоналу.

3. Поточний ремонт структуровано за системами автомобіля (двигун, трансмісія, гальма, підвіска/кермо, HVAC, електрика/електроніка, кузовні роботи, шини/геометрія, живлення/впуск–випуск), причому післяремонтне калібрування ADAS та безпечне виконання HV-операцій стають обов’язковими елементами відновлювального циклу.

4. Матриця компетентностей і робіт ASE A1–A9 є універсальною «карткою» для формування номенклатури ТО/ПР, нормування часу, побудови маршрутних карт і диспозиції ресурсів.

5. Порівняльний аналіз показує: в ЄС просторово-технологічні рішення СТО сильніше «прив’язані» до цифрових сервісів RMI, ADAS/EV-компетенцій і конкуренційних гарантій доступу; в Україні — до нормативного розмежування ТО/ремонт, переліку контрольних параметрів та вимог до оснащення, із поступовою конвергенцією до європейської моделі.

6. Для проєктування виробничої програми СТО це означає необхідність: виділяти окремі пости/зони під онлайн-кодування й ADAS-калібрування; забезпечувати інфраструктуру для діагностики та випробувань (стенди геометрії, гальм, газоаналіз/димомір, HV-засоби безпеки); впроваджувати метрологічно контрольовані процеси (зокрема для кріпильних операцій) та стандартизувати контроль якості (дорожні тести, повторні вимірювання).

7. Сформовані положення створюють методичну базу для наступних розділів роботи: розрахунку потужностей і виробничої структури, підбору обладнання та штатних позицій, побудови карти процесів і системи якості сервісного підприємства.

2 ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗПОДІЛУ РОБІТ ТА НОРМУВАННЯ ТРУДОМІСТКОСТІ

2.1 Аналіз сучасних підходів до сегментації робіт за трудомісткістю та варіативністю попиту

Сегментація робіт сервісного підприємства автомобільного транспорту (СТО) традиційно ґрунтується на двох ортогональних вимірах (рис. 2.1):

- трудомісткість (фактичний час операції, еталонний (каталожний) час операції; фактичний час операції; час підготовчо-завершальних операцій);
- варіативність попиту (частота звернень, сезонність, прогнозованість).

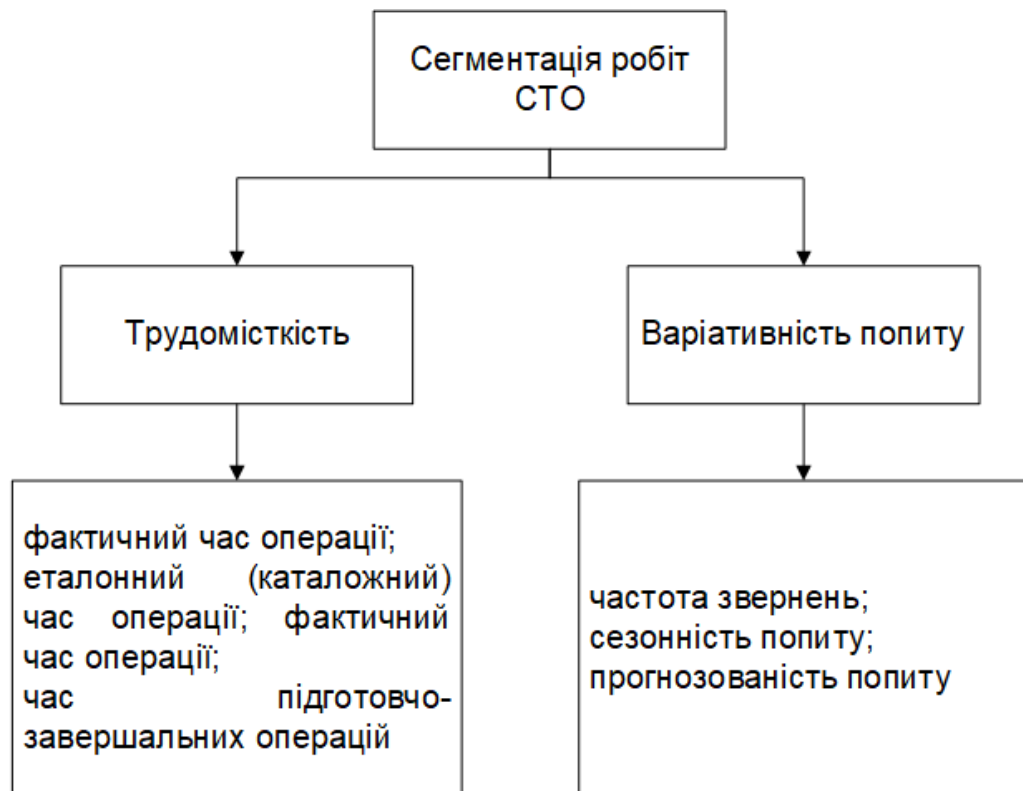


Рисунок 2.1 – Сегментація робіт СТО

У міжнародній практиці базою для нормування виступають «еталонні норми» (flat rate, SRT), що визначають еталонний час на типові операції – від заміни гальмівних колодок до калібрування датчиків; це дозволяє будувати тарифікацію, планувати завантаження постів і ризики дохідності на рівні

замовлення. Описовий огляд механізмів каталожних норм часу (Standard Repair Time, SRT) (переваги/ризиків для продуктивності й дохідності) наведено у профільних галузевих джерелах, які підтверджують доцільність опори на каталоги трудомісткості при диспетчеризації й мотивації персоналу [22].

За українським регуляторним полем сегментація робіт і нормування пов'язані з вимогами «Правил надання послуг з технічного обслуговування і ремонту колісних транспортних засобів» (Наказ Мінінфраструктури № 615 від 28.11.2014) [10], де встановлені обов'язкові документи (наряд-замовлення, акти приймання/передачі), базові класи послуг і вимоги до їх оформлення; це створює рамку для прозорості калькуляції трудомісткості, розмежування ТО/ПР, шиномонтажних, кузовних, електронних і спеціальних операцій. Додатково національні стандарти щодо технічного стану та методів контролю (ДСТУ 3649:2010) унаочнюють перелік контрольованих параметрів і випробувань, що впливають на структуру операцій і наявність постів випробування/діагностики [11].

Європейський контекст посилює «цифрову» складову сегментації: доступ незалежних СТО до інформації з ремонту та обслуговування (RMI), OBD/онлайн-сервісів, безпечних каналів доступу визначено Регламентом (ЄС) 2018/858 (ст. 61–62, Додаток X) і супровідними актами; це прямо впливає на номенклатуру робіт (кодування, оновлення ПЗ, калібрування ADAS) та їх трудомісткість, бо включає налаштування, перевірки безпеки та документообіг [1]. На конкурентному вимірі збережено режим секторної вибіркової винятковості для авто-афтермаркету: у 2023 р. ЄС продовжив дію механізму MVBEX через Регламент (ЄС) 2023/822 і настанови 2023/1331 (до 31.05.2028), що підтримує умови доступу й запобігає «закриттю» ринку післяпродажного обслуговування; аналогічні оновлення відбулись у Великій Британії (MVBEO, 2023) [23], [24], [25], [26]. Це означає, що у світовій практиці «електронні» операції (ADAS/HV, телеметрія, оновлення ПЗ) виділяють в окремі сегменти з підвищеною підготовчо-завершальною часткою (set-up), вищими вимогами до метрології й інформаційної безпеки, що підвищує планові SRT порівняно з

механічними регламентними роботами. Додатково галузеві асоціації (напр., FIGIEFA) публікують практичні гіді щодо робіт у гарантійний період і доказовості дотримання вимог OEM, що також впливає на структуру процесів і розклад робіт [27].

Другий вимір – варіативність попиту – у сервісних операціях доцільно описувати через комбінацію ABC/XYZ-класифікації: ABC (внесок у дохід/маржинальність, частота) \times XYZ (стабільність/прогнозованість: X—стабільний, Y—помірна варіація, Z—нерегулярний попит). Для СТО це дозволяє розділити портфель робіт на: X-A/B «швидкі лінії» (ТО, фільтри, гальма), Y-B/C «середні» (дрібний/середній ремонт, типові електронні процедури), Z-B/C «важкі/проектні» (кузов, складні діагностичні й HV-роботи), для яких застосовують різні правила слотування й буферизації (канбан-черги для XA/XB, змішані вікна для Y-, *проектні слоти й майстер-пости для Z-*) [28].

Математично вплив варіативності попиту й тривалості робіт на час очікування та пропускну здатність описується законами варіативності виробничих систем: за Норр & Spearman і похідними оглядами підвищення коефіцієнта варіації прибуттів/обслуговування різко збільшує черги при високій завантаженості, тому роботи з великою дисперсією часу слід або розділяти на фази з контрольними точками, або відокремлювати в спеціальні буфери/майстер-зони, щоб не блокувати «швидкі лінії» [29].

Звідси витікає практична матриця сегментації «трудомісткість \times варіативність попиту» для СТО (рис. 2.2):

- низька трудомісткість \times низька варіативність (XA/XB): регламентні ТО, «швидкі» заміни; принципи рівномірного розкладу; короткий час операції; вузькі часові вікна; стандартні контрольні карти;

- середня трудомісткість \times помірна варіативність (YB/YC): типові ремонти вузлів, базове кодування/калібрування; комбінований підхід (частково стандартизовані операції + вікна для невизначеності);

- висока трудомісткість \times висока варіативність (ZB/ZC): кузов/фарбування, складні електронні/ADAS/HV-процедури, діагностування невизначених

несправностей, окремі операції із значним нормативним часом і високими вимогами до інструментів.

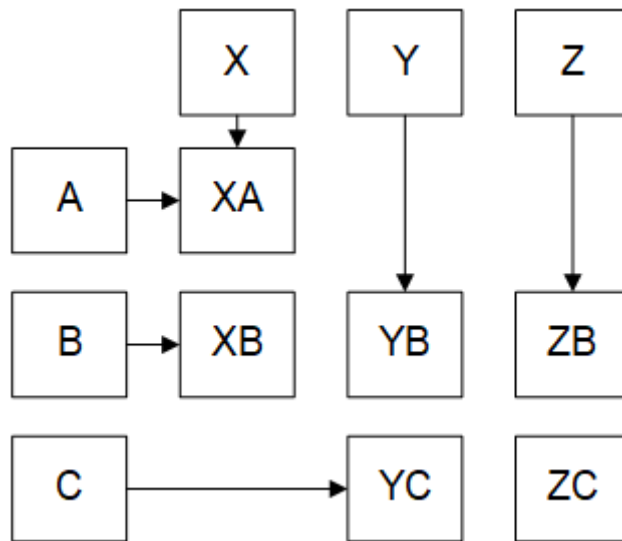


Рисунок 2.2 – Матриця сегментації робіт для СТО

Для України включення європейських вимог (RMI/OBD, MVBBER) означає зміщення практики нормування від суто «механічних» SRT до «кіберфізичних» пакетів робіт, що формує нові «еталонні» трудомісткості та стандартизовані контрольні листи якості. Одночасно національні вимоги законодавства [10], [11] забезпечують процесну дисципліну документування, приймання/видачі, гарантій і перевірок (випробувань), уможливаючи прозору калькуляцію ціни/вартості години та обґрунтоване використання SRT для споживача й контролюючих органів.

Таким чином сучасний підхід до сегментації портфеля робіт СТО – це поєднання каталожних норм часу і керування варіативністю (ABC/XYZ, буферизація, рівномірне завантаження, спеціалізація постів), з врахуванням цифрових вимог.

2.2 Каталог робіт по ТО і ремонту автомобілів

Розподіл робіт за видами та обсягом виконання на міських СТО, наведений у [30] (див. також табл. 2.1) на сьогоднішній момент не в повній мірі відповідає дійсності.

Таблиця 2.1 – Розподіл обсягу робіт за видами і місцем їх виконання на міських станціях технічного обслуговування автомобілів, згідно [30]

Види робіт	Розподіл обсягу робіт у відсотках залежно від:						
	Кількості робочих постів					Місця їх виконання	
	До 5	6...10	11...20	21...30	більше 30	на робочих постах	на виробничих дільницях
1. Діагностичні	6	5	4	4	3	100	-
2. ТО в повному об'ємі	35	25	15	10	6	100	-
3. Змащувальні	5	4	3	2	2	100	-
4. Регулювання кутів встановлення коліс	10	5	4	4	3	100	-
5. Ремонт і регулювання гальм	10	5	3	3	2	100	-
6. Електротехнічні	5	5	4	4	3	80	20
7. ТО системи живлення	5	5	4	4	3	70	30
8. Акумуляторні	1	2	2	2	2	10	90
9. Шиномонтажні	7	5	2	1	1	30	70
10. Ремонт вузлів, систем і агрегатів	16	10	8	8	8	50	50
11. Кузовні та арматурні	-	10	25	28	35	75	25
12. Малярні	-	10	16	20	25	100	-
13. Оббивні	-	1	3	3	2	50	50
14. Слюсарно-механічні	-	8	7	7	5	-	100

У сучасних умовах функціонування СТО розподіл обсягів робіт за видами та місцем виконання істотно відрізняється від історично усталених таблиць (табл. 2.1), [31], [32]. Насамперед зросла частка діагностичних операцій. Цьому сприяє висока електронізація автомобіля, наявність десятків електронних блоків керування, систем допомоги водієві (ADAS) та розгалужених шин даних. Практично кожне замовлення починається з прийнятно-діагностичної перевірки, до якої додаються попередні та післяремонтні тести; у підсумку діагностика формується як самостійний сегмент робіт із відчутною часткою у

фонді робочого часу. Водночас питома вага традиційного технічного обслуговування в «повному обсязі» зменшилася через подовжені інтервали сервісу та безобслуговувальні вузли. Натомість виокремилися так звані «швидкі лінії» – операції малої трудомісткості з високою повторюваністю (заміна рідин і фільтрів, гальмівних колодок, сезонна заміна коліс), що забезпечують стабільне завантаження постів і прогнозовану дохідність. Клас змащувальних робіт як самостійний напрям фактично зник, оскільки мастильні карти інтегровані у регламентні процедури ТО.

Стабільно значущими залишаються регулювання кутів установа коліс і пов'язані з ними вимірювально-калібрувальні дії, причому після втручань у підвіску, кузов чи інші вузли до програми обов'язково входить калібрування елементів ADAS [31]. Так само зберігається масовий характер робіт із ремонту та регулювання гальм, одна спостерігається їх тенденція до інтеграції в «швидкі» пакети. Натомість блок «електротехнічні/електронні» істотно розширився і фактично розщепився на три піднапрями: класична електрика й електроніка (датчики, джгути, енкодери), програмні процедури (оновлення, кодування, прописування компонентів, робота з телематикою) та власне калібрування ADAS.

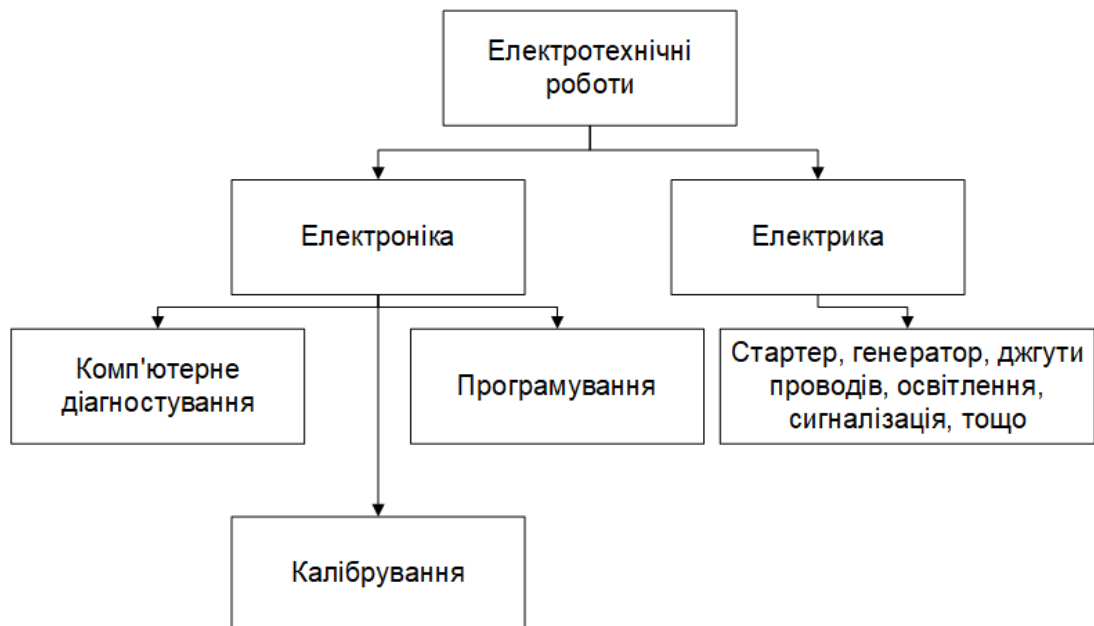


Рисунок 2.3 – Сегментація електротехнічних робіт

Кожний із цих піднапрямів потребує специфічної підготовки – стабілізованого живлення під час перепрограмування, надійного мережевого доступу до порталів виробників, маркованого простору з мішенями та контрольованим освітленням для калібрування. Роботи із систем живлення ДВЗ поступово втрачають «механічний» характер, натомість домінують модульні заміни з подальшими електронними адаптаціями (інжектори, насоси високого тиску, системи DPF/SCR). Акумуляторні операції перемістилися в «швидкі»: разом із заміною передбачають тестування параметрів та реєстрацію батареї в електронному блоці. Шиномонтаж набув виразної сезонності: у пікові тижні його частка різко зростає, хоча у середньорічному балансі займає обмежений відсоток часу. Ремонт вузлів і агрегатів на незалежних СТО стає більш селективним: прості вузли виконують на місці, а складні (автоматичні трансмісії, турбокомпресори, рульові рейки) дедалі частіше замінюють модульно або передають у спеціалізовані центри. Кузовні, арматурні, малярні та оббивні роботи для малих і значної частини середніх СТО переважно винесено на аутсорсинг; у великих комплексах вони функціонують як окремі виробничі дільниці, інтегровані з потоками калібрування ADAS і заміни скла. Слюсарно-механічні операції як окремий масив звузилися, оскільки більшість таких дій входить до пакетів ТО, гальмівних, підвісочних і агрегатних робіт.

Новим для сучасної структури є виокремлення трьох сегментів, яких не було в «класичному» переліку: програмування та оновлення програмного забезпечення, калібрування ADAS і обслуговування високовольтних систем гібридних та електричних автомобілів. Сукупно вони формують помітну частку фонду часу, особливо в середніх і великих СТО, і вимагають не лише спеціального оснащення, а й допусків персоналу та оновленої системи охорони праці.

Місце виконання робіт також зазнало еволюції. На універсальних робочих постах сьогодні виконують більшість «швидких» і частину «середніх» операцій (ТО, гальма, підвіска, базова електрика, акумулятори, шини, первинна діагностика). Спеціалізовані дільниці формуються для геометрії ходової частини

з інтегрованим ADAS-калібруванням, для кузовних і фарбувальних процесів, для складних агрегатів і високовольтних робіт; у середніх СТО вони вже займають відчутну частку річного фонду часу, а у великих поступово наближаються до половини. Окрема прийнятно-діагностична зона з короткими сканами, візуальною інспекцією та фотофіксацією дефектів стала «нульовою точкою» кожного замовлення і суттєво впливає на прозорість кошторису та швидкість подальших рішень.

Вплив розміру підприємства проявляється у ступені спеціалізації. Для СТО до п'яти постів портфель «швидких» робіт домінує, а складні агрегати та кузовні процеси здебільшого передаються назовні. У межах 6–10 постів доцільно інвестувати в окремий пост геометрії, повноцінний клімат-сервіс та розширені електронні процедури; з'являються перші епізоди калібрування ADAS. На рівні 11–20 постів формується власна діагностична дільниця, стабільний потік геометрії, частина агрегатних робіт виконується на місці, а ADAS і початковий високовольтний сервіс стають регулярними. Для 21–30 постів і більше характерна повна спеціалізація за системними кластерами (швидкі лінії; підвіска/гальма; електроніка/кодування; геометрія/ADAS; окремо — HV), тоді як у комплексах понад 30 постів зазвичай присутні власний кузовний блок, фарбувальні камери та виділені зони високої напруги.

Ці зміни тягнуть організаційні наслідки для нормування й планування. Еталонні норми часу (SRT) мають доповнюватися обліком підготовчо-завершальних операцій: під'єднання стабілізованого живлення під час перепрограмування, авторизації в OEM-порталах, тарування стендів і розгортання калібрувальних мішеней. Таким чином, сучасний розподіл робіт для СТО характеризується зростанням електронно-програмних і вимірювально-калібрувальних сегментів, формуванням спеціалізованих дільниць у міру зростання підприємства та переходом від суто механічного нормування до поєднання SRT із керуванням варіативністю попиту й підвищеними вимогами до безпеки та якості.

На основі вищенаведеного аналізу, здійснено розподіл робіт СТО за видами, з врахуванням трудомісткості та швидкості виконання (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Розподіл робіт сучасного СТО за видами, з врахуванням трудомісткості та швидкості виконання

Вид робіт	Трудомісткість	Швидкість виконання (лінія)	Обґрунтування необхідності
Приймально-діагностична перевірка (сканування, візуальна інспекція)	Низька	Швидка	Стартова точка кожного замовлення: виявлення обсягу робіт, фіксація стану, прозорий кошторис.
Поглиблена діагностика систем (електрика/механіка, дорожній тест)	Середня	Середня	Уточнення причин несправностей, зниження ризику «переробок», підтвердження результатів ремонту.
Регламентне ТО (рідина, фільтри, ремені, свічки тощо)	Низька–середня	Швидка	Висока повторюваність і прогнозованість; базове джерело завантаження постів.
Гальмівні роботи (колодки/диски, супорти, стоянкове гальмо)	Середня	Швидка–середня	Безпека руху, частий знос; часто поєднується з ТО.
Підвіска/рульове керування (шарніри, амортизатори, рейка)	Середня	Середня	Комфорт/стійкість; після втручань обов'язкова геометрія та, за потреби, калібрування ADAS.
Геометрія ходової (розвал/сходження)	Низька–середня	Середня	Критично після робіт по підвісці/кузову; впливає на знос шин і стабільність.
Калібрування ADAS (камера/радар/лідар)	Середня–висока	Середня–довга	Налагодження системи (мішені, площина, освітлення); безпека та юридична відповідальність.
Електрика/електроніка (датчики, джгути, АКП, CAN/LIN)	Середня	Середня	Необхідно практично для усіх видів втручань
Програмування/кодування/оновлення ПЗ	Середня	Середня	Потребується під час заміни елементів, після ремонту, тощо
Акумуляторні роботи (тест SOH/CCA, заміна AGM/EFB з реєстрацією)	Низька	Швидка	Типові швидкі операції, але з вимогою електронної реєстрації в ЕБУ.

Вид робіт	Трудомісткість	Швидкість виконання (лінія)	Обґрунтування необхідності
Системи живлення ДВЗ, викиди (інжектори, ПНВТ, DPF/SCR)	Середня–висока	Середня–довга	Комбінація механіки та електронних адаптацій; чистота палива/екологія.
Системи охолодження/клімат (радіатор, помпа, кондиціонер, теплові насоси)	Середня	Середня	Комфорт/надійність
Шинно-монтажні та сезонні роботи	Низька	Швидка	Висока сезонність
Скло/склопакети (заміна/калібрування камер)	Середня	Середня	Пов'язано з ADAS-калібруванням.
Кузовні/арматурні роботи	Висока	Довга	Багатоетапний процес (розбирання, жорсткість, геометрія).
Малярні роботи	Висока	Довга	Необхідно після відновлення кузова, кузовних робіт, ДТП, тощо
Високовольтні EV/HEV операції (батарея, ізоляція, інвертор, BMS)	Середня–висока	Середня–довга	Гібридні та електричні автомобілі
Двигун/трансмсія/агрегати (АКПП/варіатор/роздавальна коробка/турбіна, тощо) – модульна заміна	Середня	Середня	Швидший оборот, менше ризиків; потреба в адаптації/програмуванні.
Двигун/трансмсія/агрегати – ремонт підрозділами глибокого відновлення	Висока	Довга	Вимагає спецобладнання та чистих, спеціальних зон (відділень); доцільно у великих СТО або спеццентрах.
Випускна система (каталізатор/сажовий фільтр/датчики)	Середня	Середня	Вплив на екологію/потужність; інколи потребує регенерацій та перепрограмування.
Допоміжні сервісні пакети (дезінфекція клімату, антикор, аксесуари)	Низька	Швидка	Зручно поєднувати з ТО.

На основі таблиці 2.1, з врахуванням таблиці 2.2 розроблено оновлений розподіл робіт за видами на СТО, з врахуванням сучасних конструкцій транспортних засобів (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Пропонований розподіл робіт за видами на СТО, з врахуванням сучасних конструкцій транспортних засобів

Вид робіт (сучасна класифікація)	Типовий діапазон SRT, год
Приймально-діагностична перевірка	0.2–0.5
Поглиблена діагностика систем	0.8–2.0
Регламентне ТО / «швидкі» пакети	0.6–1.8
Гальмівні роботи	0.6–2.0
Підвіска / рульове керування	1.0–3.0
Геометрія ходової (розвал/сходження)	0.6–1.2
Калібрування ADAS (камера/радар/лідари)	1.2–3.0
Електрика / електроніка (датчики, джгути, CAN/LIN)	0.7–2.5
Програмування / кодування / оновлення ПЗ	0.4–1.2
Акумуляторні роботи (тест/заміна з реєстрацією)	0.3–0.7
Система живлення ДВЗ та викиди (інжектори, DPF/SCR)	1.0–3.5
Охолодження та клімат (вакуумування/заправка, ТН)	0.8–2.0
Шиномонтаж / сезонні роботи (комплект)	0.4–0.8
Скло (заміна; супутні налаштування камер)	1.5–3.0
Кузовні / арматурні роботи	4.0–20.0
Малярні роботи (підготовка+фарбування)	6.0–24.0
EV/HEV: високовольтні операції (BMS, батарея)	1.0–4.0
Двигун/трансмсія/агрегати — модульна заміна	1.5–4.0
Двигун/трансмсія/агрегати — глибокий ремонт	8.0–30.0
Випускна система (каталізатор, датчики, регенерації)	0.8–2.5
Допоміжні сервіси (дезінфекція клімату, антикор, аксесуари)	0.2–0.8

Так, як саме еталонний час робіт/операції (SRT) визначає швидкість їх виконання, то можна виділити кілька класів SRT, наведених в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Класифікація еталонного часу виконання робіт

Клас SRT	Орієнтир, год
Дуже короткі	$\leq 0,5$
Короткі	0,5–1,0
Середні	1–2
Довгі	2–4
Дуже довгі/проектні	>4

Якщо розглядати доцільність планування певних видів робіт на СТО залежно від її потужності (кількості постів), то варто здійснювати оцінку пропускної здатності постів.

Кількість робочих постів з виконання робіт певного виду визначається за залежністю [30]:

$$X_{PI} = \frac{T_P \cdot \varphi}{D_P \cdot T_{3M} \cdot C \cdot P_{PI} \cdot \eta_{po} \cdot \eta_o \cdot \eta_c}, \quad (2.1)$$

T_P – річний об’єм постових робіт певного виду, люд.-год.;

φ – коефіцієнт нерівномірності завантаження постів СТО ($\varphi = 1,1 \dots 1,3$);

D_P – річний фонд роботи постів, дні;

T_{3M} – тривалість зміни, год;

C – кількість змін;

P_{PI} – чисельність одночасно працюючих на посту;

η_{po} – коефіцієнт використання робочого часу обладнання постів ($\eta_{po} = 0,90 \dots 0,94$);

η_o – коефіцієнт технічної готовності обладнання ($\eta_o = 0,95$);

η_c – коефіцієнт сезонності, що залежить від виду послуг і сезону ($\eta_c = 0,75 \dots 1,0$).

Якщо залежність (2.1) привести до добової програми, то можна отримати кількість постів, необхідних для виконання добової програми:

$$X_{PI} = \frac{T_{P\partial} \cdot \varphi}{T_D \cdot P_{PI} \cdot \eta_{po} \cdot \eta_o \cdot \eta_c}, \quad (2.2)$$

де T_D – тривалість роботи поста протягом доби, год;

$T_{P\partial}$ – добовий об’єм постових робіт певного виду, люд.-год.;

Відповідно, пропускна здатність поста, це кількість автомобілів, які пройшли обслуговування протягом визначеного періоду часу. Тобто, добова пропускна здатність СТО може бути визначена:

$$P_D = \frac{X_{PII} \cdot T_D \cdot \eta_e}{T_{P\partial}} \quad (2.3)$$

де T_D – тривалість роботи поста протягом доби, год;

$T_{P\partial}$ – добовий об'єм робіт, люд.год;

η_e – ефективність роботи поста, рекомендується приймати в межах 0,6...0,9, оскільки цей коефіцієнт враховує нерівномірність завантаження постів, використання робочого часу обладнання постів, технічну готовність обладнання, сезонність послуг:

$$\eta_e = \frac{\eta_{po} \cdot \eta_o \cdot \eta_c}{\varphi} \quad (2.4)$$

Якщо добовий об'єм робіт замінити на еталонний час виконання певних видів робіт t_B^e , то буде отримано пропускну здатність СТО за видами робіт:

$$P_D = \frac{X_{PII} \cdot T_D \cdot \eta_e}{t_B^e} \quad (2.5)$$

Аналізуючи залежність (2.5) відмічається, що збільшення пропускну здатності СТО за окремими видами робіт можлива у випадках:

- збільшення кількості постів;
- збільшення тривалості роботи СТО протягом доби;
- зменшення часу виконання (в даному випадку мова йде не про еталонний, а про фактичний час);
- підвищення коефіцієнта η_e .

З іншої сторони, занадто високе значення SRT, призведе до падіння пропускної здатності поста. В якості прикладу, в таблиці 2.5 наведено результати розрахунку пропускної здатності поста (див. також рис. 2.4).

Таблиця 2.5 – Пропускна здатність СТО для різних значень SRT

Клас SRT	SRT, год	Кількість постів, X_{PI}	Тривалість роботи СТО, T_D , год	Коефіцієнт η_e	Пропускна здатність, P_d , авт/добу
Дуже короткі	0,5	1	8	0,8	13
Короткі	1,0	1	8	0,8	6
Середні	2,0	1	8	0,8	3
Довгі	4,0	1	8	0,8	2
Дуже довгі/ проектні	6,0	1	8	0,8	1

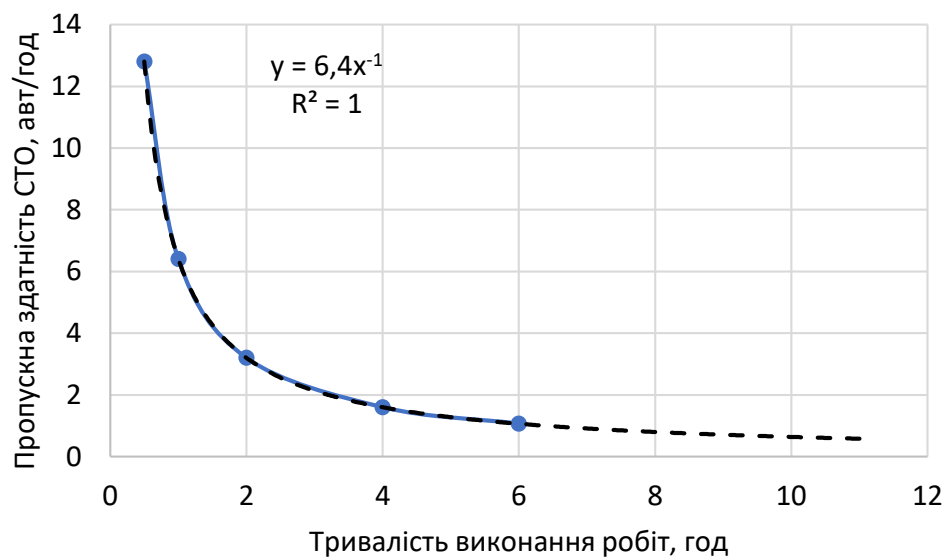


Рисунок 2.4 – Пропускна здатність СТО для різних значень SRT

Як видно з рисунка 2.4, при подальшому збільшенні тривалості виконання робіт, пропускна здатність наближається до 0.

Також, під час планування виробництва доцільно враховувати час очікування, оскільки цей показник є важливим з точки зору формування замовлень та черг, а також враховувати варіативність замовлень, що розглянуто в пункті 2.3, нижче.

2.3 Ефективність функціонування виробничої системи

Ефективність функціонування виробничої системи дуже добре описується рівнянням Кінгмана [33], [34]. Адаптовуючи рівняння Кінгмана до виробничих процесів на автосервісних підприємствах, варто досліджувати наступні показники [34]:

1. час циклу – це час, який потрібен для виконання замовлення, тобто іншими словами це час, який замовник повинен очікувати. Час циклу визначається ефективністю роботи системи, в цілому це є показник SRT;
2. незавершене виробництво – становить усі замовлення, які перебувають між початковою (прийманням автомобіля на обслуговування/ремонт) та кінцевою точкою (видача автомобіля з обслуговування/ремонт) маршруту. Незавершене виробництво може визначатися в межах доби, місяця, тощо;
3. пропускна здатність (P) вимірюється як середній обсяг виробництва (поста, підприємства, тощо) за одиницю часу. При цьому враховуються лише завершені роботи.
4. використання потужностей (μ) це відсоток потужностей підприємства, що використовується у виробництві.

Згідно закону Літгла, система ефективного і бережливого виробництва прагне скоротити час виконання замовлень [33], варіюючи змінними:

$$L = P \cdot t_{\text{в}} \quad (2.6)$$

де L – дохід від реалізації продукції/послуг;

P – пропускна здатність системи;

$t_{\text{в}}$ – час виконання робіт / надання послуги.

Як видно із залежності (2.6) закон Літгла значно обмежує можливості впливу на систему. Оскільки інтенсивність надходження автомобілів на СТО та

час виконання робіт / надання послуг є незалежними величинами, то наближене значення часу очікування (E) можна визначити використовуючи рівняння Кінгмана [34]:

$$E = \left(\frac{k}{(1-k)} \right) \cdot \left(\frac{C_a^2 - C_e^2}{2} \right) \cdot t_b \quad (2.7)$$

де k – коефіцієнт використання поста;

C_a – коефіцієнт варіації для прибуття;

C_e – коефіцієнт варіації для послуги.

Таким чином значення E характеризує ймовірний час, який автомобіль очікуватиме в черзі.

Коефіцієнт використання поста k (відсоток часу, протягом якого пост зайнятий), розраховується шляхом ділення середнього часу обслуговування t_b на середній час між прибуттям λ . Якщо прибуття автомобілів швидше, ніж здійснюється обслуговування, коефіцієнт використання буде вище 100%, що неможливо, іншими словами автомобіль покине чергу без обслуговування. Отже, t_b має бути меншим за λ , тому k може змінюватися від 0 до 1.

Коефіцієнт варіації для прибуття (C_a) визначається як відношення стандартного відхилення σ_a до середнього значення часу між прибуттями або інтенсивності прибуття λ .

Коефіцієнт варіації для послуги (C_e) визначається як відношення стандартного відхилення σ_e до середнього значення тривалості послуги t_b .

Рівняння (2.7) показує два фактори, які впливають на час виконання замовлення та довжину черги. Одним з важливих факторів є коефіцієнт використання. Чим вище коефіцієнт використання, тим довшою буде черга. Зрештою, ваша черга наблизиться до нескінченності, коли коефіцієнт використання досягне 100%. Це буде перша дужка рівняння (2.7) або $\left(\frac{k}{(1-k)} \right)$.

Графік на рисунку 2.5 показує час очікування для різних коефіцієнтів використання. Чим ближче коефіцієнт використання до 100%, тим більше черга буде прагнути до нескінченності.

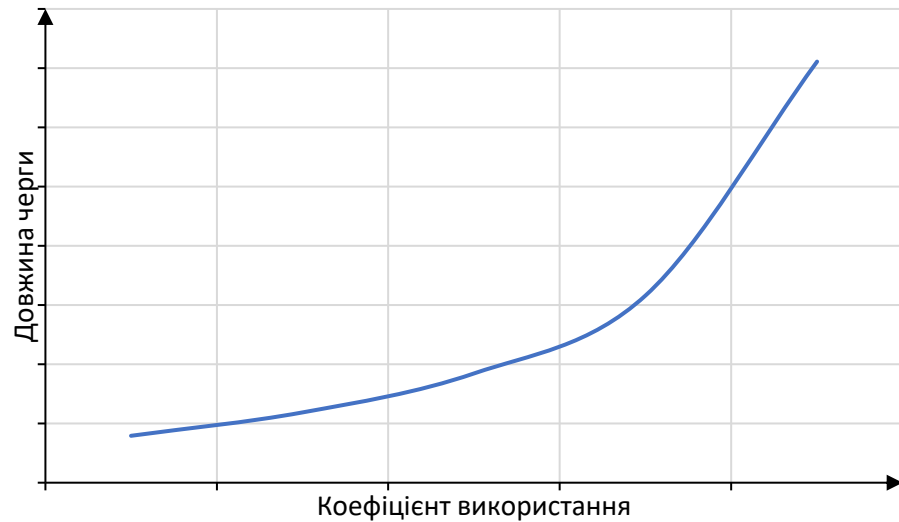


Рисунок 2.5 – Залежність довжини черги від коефіцієнтів використання

Другим фактором є варіація. Чим вища варіація, тим довша черга. Це представлено правою частиною рівняння (2.7), тобто $\left(\frac{c_a^2 - c_e^2}{2}\right)$. Зображення на рисунку 2.6 також демонструє це співвідношення.

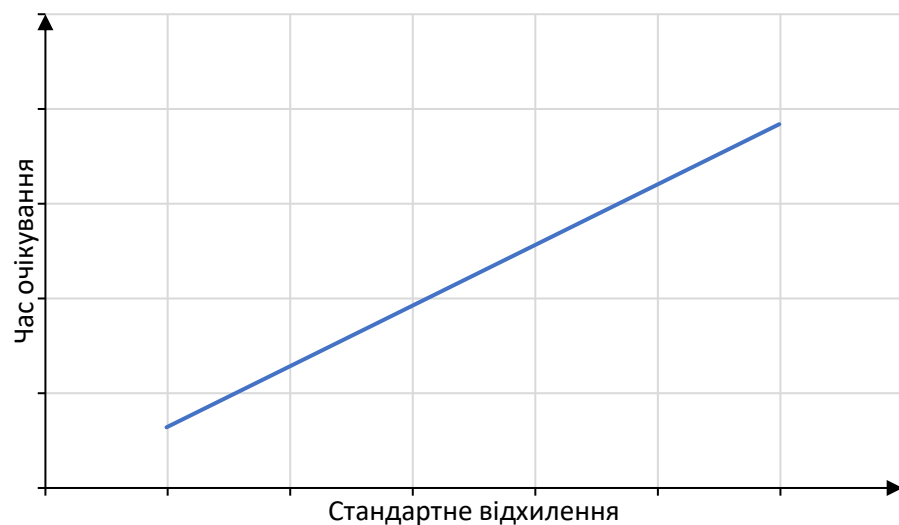


Рисунок 2.6 – Залежність часу очікування від стандартного відхилення (варіативності)

Зрештою, ці дві частини не додаються, а множаться одна на одну. Отже, хоча високе значення в кожній з них не є добрим, їх поєднання ще гірше. Це показано на діаграмі нижче (рис. 2.7).

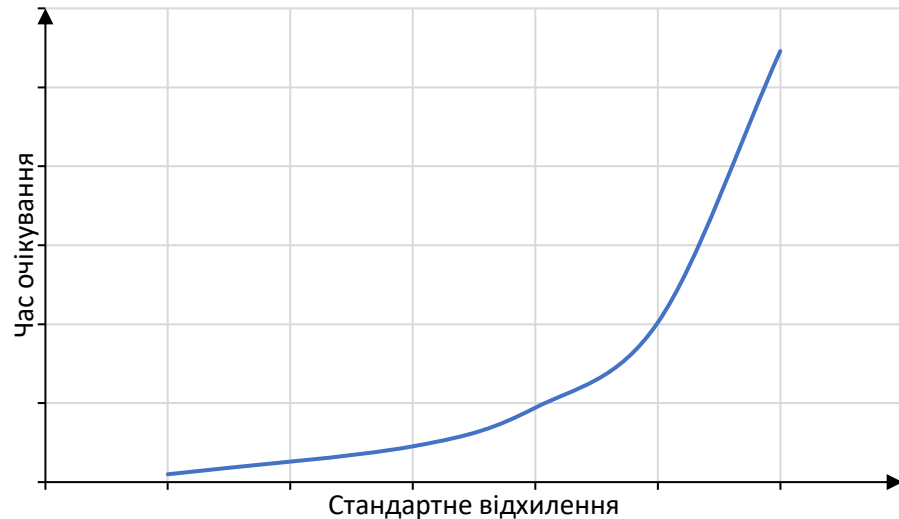


Рисунок 2.7 – Залежність часу очікування від стандартного відхилення з врахуванням коефіцієнту використання

Наведені вище залежності можуть бути ефективно використані для проектування виробництва на станціях технічного обслуговування автомобілів.

Висновки до розділу

Обґрунтовано сучасний підхід до формування виробничої програми СТО на основі поєднання каталожних норм часу та керування варіативністю попиту. Показано, що цифровізація сервісу та конструкцій автомобілів змінює саму структуру робіт: поряд із механічними операціями з'являються кіберфізичні пакети з підвищеною часткою підготовчо-завершальних дій, що потрібно враховувати в нормуванні та плануванні.

Сформовано оновлений перелік видів робіт СТО з типізованими діапазонами еталонних норм часу. Продемонстровано, що прийнятно-

діагностична перевірка стає «нульовою точкою» процесу, а питома вага діагностичних, електронних та ADAS/HV-операцій зростає залежно від обсягів робіт на СТО та номенклатури послуг.

Запропоновано класи для еталонного часу виконання робіт, як «тактовий метроном» планування. Через виведені співвідношення для кількості постів і добової програми показано, що пропускна здатність прямо залежить від числа постів і тривалості зміни та обернено – від середнього еталонного часу (SRT) і варіативності. Інструментарій Літтла–Кінгмана дає кількісну оцінку впливу завантаження і коливань (прибуття/обслуговування) на черги й час очікування, а отже – на спроможність виконання добового плану.

Ефективність СТО забезпечується не лише правильним вибором SRT, а й архітектурою потоків (розділення ліній), поетапним плануванням складних та об'ємних робіт, управлінням для налаштування електроніки. Сформована модель може слугувати базою для подальших розрахунків потужностей, підбору обладнання/персоналу та проєктування карти процесів і системи якості підприємства.

3 ПЛАНУВАННЯ ПОТУЖНОСТЕЙ СТО

3.1 Планування потужності підприємства

Планування потужності СТО – це узгодження попиту (номенклатури й обсягів робіт) із ресурсами (пости, персонал, обладнання), щоб забезпечити цільові показники якості, термінів і рентабельності. У сучасній практиці воно спирається на:

- портфель робіт, сегментований за SRT і варіативністю попиту;
- спеціалізацію постів/ділянок (швидкі/середні/довгі потоки, ADAS, HV, кузов, геометрія, тощо);
- формальні моделі продуктивності (тактове планування).

Портфель робіт, формується на основі таблиць 2.2 та 2.3, при цьому роботи згруповано за тривалістю виконання (див. табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Формування портфелю робіт СТО

Класифікація за SRT	Вид робіт	Типовий діапазон SRT, год
Дуже короткі	Приймально-діагностична перевірка	0.2–0.5
Короткі	Акумуляторні роботи	0.3–0.7
	Шиномонтажні роботи	0.4–0.8
	Допоміжні сервісні пакети	0.2–0.8
	Регламентне ТО	0.6–1.8
Середні	Програмування/кодування/оновлення ПЗ	0.4–1.2
	Поглиблена діагностика систем (електрика/механіка, дорожній тест)	0.8–2.0
	Ремонт електрики/електроніки	0.7–2.5
	Ремонт гальмівних систем	0.6–2.0
	Ремонт підвіски, рульового керування	1.0–3.0
	Геометрія ходової (розвал/сходження)	0.6–1.2
	Ремонт вузлів, систем та агрегатів автомобілів (модульна заміна)	1.5–4.0
	Скло/склопакети (заміна/калібрування камер)	0.8–2.0
Довгі	Калібрування ADAS (камера/радар/лідар)	1.2–3.0
	Ремонт високовольтних EV/HEV	1.0–3.5
Дуже довгі/проектні	Кузовні/арматурні роботи	4.0–20.0
	Малярні роботи	6.0–24.0
	Ремонт вузлів, систем та агрегатів автомобілів (глибоке відновлення)	8.0–30.0

Відповідно до портфелю робіт розроблено рекомендації щодо доцільності виконання певних видів робіт на СТО, залежно від кількості постів (див. табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Рекомендований портфель робіт для СТО різної потужності

Вид робіт	До 5	6–10	11–20	21–30	>30
Приймально-діагностична перевірка	+	+	+	+	+
Акумуляторні роботи	+	+	+	+	+
Шиномонтажні роботи	+	+	+	+	+
Допоміжні сервісні пакети	+	+	+	+	+
Регламентне ТО	+	+	+	+	+
Програмування/кодування/оновлення ПЗ	–	+	+	+	+
Поглиблена діагностика систем (електрика/механіка, дорожній тест)	+	+	+	+	+
Ремонт електрики/електроніки	+	+	+	+	+
Ремонт гальмівних систем	+	+	+	+	+
Ремонт підвіски, рульового керування	+	+	+	+	+
Геометрія ходової (розвал/сходження)	–	+	+	+	+
Ремонт вузлів, систем та агрегатів автомобілів (модульна заміна)	+	+	+	+	+
Скло/склопакети (заміна/калібрування камер)	–	+	+	+	+
Калібрування ADAS (камера/радар/лідар)	–	–	+	+	+
Ремонт високовольтних EV/HEV	–	–	+	+	+
Кузовні/арматурні роботи	–	–	–	+	+
Малярні роботи	–	–	–	+	+
Ремонт вузлів, систем та агрегатів автомобілів (глибоке відновлення)	–	–	–	+	+

Наведений в таблиці 3.2 портфель робіт враховує типові вимоги до оснащення, кваліфікаційні допуски персоналу та ризики простою постів. Для невеликих СТО довгі/проектні роботи доцільніше виконувати через партнерські центри або на основі аутсортингу, щоб не блокувати «швидкі» потоки.

Для розподілу обсягів робіт використано спосіб, наведений у [35].

Наведений у таблиці 3.3 розподіл часток робіт сформовано як аналітичну модель, що поєднує нормативні вимоги, галузеві тенденції та формальні підходи до планування потужностей сервісних підприємств.

Таблиця 3.3 – Розподіл обсягу робіт за видами на міських станціях технічного обслуговування автомобілів

Вид робіт	До 5	6–10	11–20	21–30	>30
Приймально-діагностична перевірка	7	7	5	6	5
Акумуляторні роботи	5	4	3	2	1
Шиномонтажні роботи	14	10	8	6	5
Допоміжні сервісні пакети	4	4	3	2	2
Регламентне ТО	31	25	20	18	13
Програмування/кодування/оновлення ПЗ	0	3	4	5	6
Поглиблена діагностика систем (електрика/механіка, дорожній тест)	7	6	7	7	7
Ремонт електрики/електроніки	7	8	9	8	8
Ремонт гальмівних систем	12	11	10	8	8
Ремонт підвіски, рульового керування	10	11	10	9	8
Геометрія ходової (розвал/сходження)	0	4	5	5	5
Ремонт вузлів, систем та агрегатів автомобілів (модульна заміна)	3	5	8	7	7
Скло/склопакети (заміна/калібрування камер)	0	2	3	4	5
Калібрування ADAS (камера/радар/лідар)	0	0	3	4	5
Ремонт високовольтних EV/HEV	0	0	2	3	4
Кузовні/арматурні роботи	0	0	0	3	4
Малярні роботи	0	0	0	3	4
Ремонт вузлів, систем та агрегатів автомобілів (глибоке відновлення)	0	0	0	3	3
Разом	100	100	100	100	100

Частка робіт з діагностування автомобілів становить від 15 до 25 %, залежно від кількості постів СТО.

Розрахунок потужності підприємства доцільно здійснювати виходячи з даних таблиці 3.3, за методикою, наведеною у [36], а саме розрахунок кількості постів, за часом перебування автомобіля на посту. Оскільки час перебування автомобіля на посту потребує наявності значних статистичних даних, які відсутні для проєктованого нового підприємства, то варто скористатися значеннями еталонного часу обслуговування, наведеними в таблиці 3.1. Для розрахунків приймається середнє значення діапазону. Результати розрахунків наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Розрахунок потужності підприємства за часом перебування автомобіля на посту

Вид робіт	SRT, год	Тривалість зміни, год	Днів роботи	Автомобіле-заїздів на рік	Пропускна здатність поста	Річний об'єм робіт, люд.год
Приймально-діагностична перевірка	0,45	8	252	4480	17,8	2016
Акумуляторні роботи	0,65	8	252	3102	12,3	2016
Шиномонтажні роботи	0,8	8	252	2520	10,0	2016
Допоміжні сервісні пакети	0,6	8	252	3360	13,3	2016
Регламентне ТО	1,5	8	252	1344	5,3	2016
Програмування/кодування/оновлення ПЗ	1	8	252	2016	8,0	2016
Поглиблена діагностика систем (електрика/механіка, дорожній тест)	1,8	8	252	1120	4,4	2016
Ремонт електрики/електроніки	1,95	8	252	1034	4,1	2016
Ремонт гальмівних систем	1,6	8	252	1260	5,0	2016
Ремонт підвіски, рульового керування	2,5	8	252	806	3,2	2016
Геометрія ходової (розвал/сходження)	1,2	8	252	1680	6,7	2016
Ремонт вузлів, систем та агрегатів автомобілів (модульна заміна)	3,5	8	252	576	2,3	2016
Скло/склопакети (заміна/калібрування камер)	1,8	8	252	1120	4,4	2016
Калібрування ADAS (камера/радар/лідар)	2,7	8	252	747	3,0	2016
Ремонт високовольтних EV/HEV	2,75	8	252	733	2,9	2016
Кузовні/арматурні роботи	14	8	252	144	0,6	2016
Малярні роботи	18	8	252	112	0,4	2016
Ремонт вузлів, систем та агрегатів автомобілів (глибоке відновлення)	23	8	252	88	0,3	2016

Розрахований річний об'єм робіт поста повністю відповідає даним, наведеним у [36], що свідчить про правильність розрахунків.

3.2 Балансування потужності підприємства

Мета балансування – узгодити пропускну здатність постів, дільниць і персоналу з переліком робіт, мінімізуючи черги, незавершене виробництво (WIP) та втрати при дотриманні термінів їх виконання.

Балансування потужності підприємства варто здійснювати на основі матриці ABC×XYZ для переліку робіт, згідно таблиці 3.4 (A/B/C — внесок у дохід та стратегічну критичність; X/Y/Z — передбачуваність попиту: X стабільний, Y сезонний/хвилеподібний, Z нерегулярний/випадковий). Результати наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Матриця ABC×XYZ для міської СТО

	X — стабільний	Y — сезонний/хвилеподібний	Z — нерегулярний/випадковий
A — висока важливість	<ul style="list-style-type: none"> • Регламентне ТО • Приймально-діагностична перевірка • Ремонт гальмівних систем 	<ul style="list-style-type: none"> • Ремонт підвіски/рульового керування¹ • Геометрія ходової (у частині планових перевірок після втручань) 	<ul style="list-style-type: none"> • Поглиблена діагностика складних відмов • Ремонт електрики/електроніки складного рівня • Програмування/кодування критичних модулів (після заміни/оновлення)
B — середня важливість	<ul style="list-style-type: none"> • Акумуляторні роботи • Допоміжні сервісні пакети • Ремонт вузлів/агрегатів — модульна заміна 	<ul style="list-style-type: none"> • Шиномонтажні роботи² • Скло/склопакети (пов'язані з сезонними пошкодженнями/дорогами) • Калібрування ADAS після типових робіт по підвісці/склу 	<ul style="list-style-type: none"> • Високовольтні EV/HEV-операції³ • Калібрування ADAS як самостійна послуга за нерегулярних звернень • Ремонт вузлів/агрегатів — вибіркове глибоке втручання
C — нижча важливість	—	—	<ul style="list-style-type: none"> • Кузовні/арматурні • Малярні • Ремонт вузлів/агрегатів — глибоке відновлення (для універсальної СТО без спецдільниці)

На основі розподіл обсягів робіт за видами на міських станціях технічного обслуговування автомобілів здійснено моделювання попиту на той чи інший вид

робіт. Ймовірність, що випадково вибране замовлення буде належати до певного виду робіт ($p_{\text{зам}}$) визначається як частка виду робіт у відсотках (табл. 3.3).

Ймовірність, що за одну зміну буде щонайменше одне звернення певного виду можна визначити, прийнявши потік замовлень Пуассонівським, тоді

$$P_{>1} = 1 - e^{-\lambda} \quad (3.1)$$

де $\lambda = N \cdot p_{\text{зам}}$ – інтенсивність надходження заявок на виконання певних видів робіт;

N – загальна кількість замовлень за зміну.

Результати розрахунків імовірності виконання певних видів робіт наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Ймовірність виконання певних видів робіт

Вид робіт	Кількість звернень на добу				
	10	20	40	60	80
	Кількість постів				
	До 5	6–10	11–20	21–30	>30
Приймально-діагностична перевірка	0,50	0,75	0,86	0,97	0,98
Акумуляторні роботи	0,39	0,55	0,70	0,70	0,55
Шиномонтажні роботи	0,75	0,86	0,96	0,97	0,98
Допоміжні сервісні пакети	0,33	0,55	0,70	0,70	0,80
Регламентне ТО	0,95	0,99	1,00	1,00	1,00
Програмування/кодування/оновлення ПЗ	0,00	0,45	0,80	0,95	0,99
Поглиблена діагностика систем (електрика/механіка, дорожній тест)	0,50	0,70	0,94	0,99	1,00
Ремонт електрики/електроніки	0,50	0,80	0,97	0,99	1,00
Ремонт гальмівних систем	0,70	0,89	0,98	0,99	1,00
Ремонт підвіски, рульового керування	0,63	0,89	0,98	1,00	1,00
Геометрія ходової (розвал/сходження)	0,00	0,55	0,86	0,95	0,98
Ремонт вузлів, систем та агрегатів автомобілів (модульна заміна)	0,26	0,63	0,96	0,99	1,00

Вид робіт	Кількість звернень на добу				
	10	20	40	60	80
	Кількість постів				
	До 5	6–10	11–20	21–30	>30
Скло/склопакети (заміна/калібрування камер)	0,00	0,33	0,70	0,91	0,98
Калібрування ADAS (камера/радар/лідар)	0,00	0,00	0,70	0,91	0,98
Ремонт високовольтних EV/HEV	0,00	0,00	0,55	0,83	0,96
Кузовні/арматурні роботи	0,00	0,00	0,00	0,83	0,96
Малярні роботи	0,00	0,00	0,00	0,83	0,96
Ремонт вузлів, систем та агрегатів автомобілів (глибоке відновлення)	0,00	0,00	0,00	0,83	0,91

Результати, отримані під час розрахунків демонструють, що запропонований портфель робіт для міської СТО є ефективним та доцільним.

Вихідними даними для балансування роботи підприємства є:

- попит: обсяг замовлень за роботами або «сімействами» робіт (тобто роботи згруповані за обладнанням, кваліфікацією персоналу, тощо), розкладені за ABC×XYZ матрицею (табл. 3.5);
- норми часу:

$$\overline{SRT}_i = SRT_i + t_{\text{дод}} \quad (3.2)$$

($t_{\text{дод}}$ – додатковий час необхідний для налаштування, наприклад ADAS/ПЗ/НВ, якщо це передбачено інструкціями виробника);

- ефективний фонд зміни:

$$H_{\text{еф}} = H_{\text{зм}}(1 - d)\eta, \quad (3.3)$$

де d – планові втрати, η – операційна ефективність.

Після отримання вихідних даних здійснюється розрахунок показників для балансування роботи постів:

- пропускна здатність поста або групи (сімейства) постів:

$$C_i = \frac{P_i \cdot H_{\text{еф}}}{SRT_i}; \quad (3.4)$$

- вузьке місце – ланка з мінімальним C_i , яка визначає ліміт випуску потоку;
- черги/очікування визначаються за законами Літтла та наближенням Кінгмана (залежності (2.6) та (2.7)).

За результатами розрахунків в т.ч. визначені «вузькі» місця є основою для подальшого планування та впровадження заходів, спрямованих на підвищення ефективності роботи підприємства. Такий підхід дає можливість оперативно визначати та реагувати на проблеми та виклики.

3.3 Визначення ефективності функціонування ТзОВ «Дукат-Ойл»

ТзОВ «Дукат-Ойл» (код ЄДРПОУ 25092061) зареєстроване як юридична особа з 18.02.1998 р.; місцезнаходження — м. Луцьк, вул. Василя Стуса, 9.

Підприємство функціонує як незалежна станція технічного обслуговування (СТО) та сервісний центр з акцентом на експрес-обслуговування й регламентні операції. Асортимент наданих послуг включає:

- заміну мастил та фільтрів (двигун, АКПП/МКПП; масляні, паливні, повітряні, салонні фільтри; супутні операції на кшталт зняття захисту картера);
- сервіс і ремонт вузлів ДВЗ (ремені ГРМ, помпа, термостат, свічки, сальники, теплообмінник; усунення підтікань; роботи з турбонаддувом; чистка EGR та дроселя);
- дрібний ремонт підвісок, гальм, ходової частини;
- сервісні пакети (комп'ютерне діагностування, дрібний ремонт електрообладнання);

- супутні послуги (консультації з добору мастил і витратних матеріалів, продаж запасних частин та витратних матеріалів).

ТзОВ «Дукат-Ойл» — локальний оператор післяпродажного обслуговування з чітким фокусом на регламентних і малотрудомістких операціях

Опис постів та видів робіт підприємства та орієнтовна кількість автомобілів, які обслуговуються наведено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Опис постів та видів робіт ТзОВ «Дукат-Ойл».

Найменування поста	Вид робіт	Кількість постів	Кількість обслуговуваних автомобілів протягом доби
Регламентне ТО	Заміна оливи в АКПП	2	3...6
	Промивка системи охолодження, заміна рідини	1	1...5
	Заміна оливи в двигуні	1	15...20
Ремонт вузлів, систем та агрегатів автомобілів (модульна заміна)	Дрібний ремонт підвісок, гальм; усунення підтікань; дрібний ремонт двигунів, зчеплень	3	3...6
Поглиблена діагностика систем (електрика/електроніка /механіка)	Комп'ютерне діагностування, дрібний ремонт та заправка кондиціонерів	3	3...10

Таким чином загальна кількість постів ТзОВ «Дукат-Ойл» становить 10, при цьому, на основі статистичних даних, отриманих на підприємстві під час переддипломної практики, встановлено потужність 1100 автомобілів на місяць або 52 автомобілі на добу. Тривалість зміни становить 8 годин. Кількість працівників на посту – 1. Потік замовлень становить близько 75 автомобілів на добу. Ці дані не враховують пікових періодів, пов'язаних із збільшенням кількості замовлень в весняний та осінній періоди.

Розрахунок ефективності діяльності підприємства здійснюється відповідно до положень, наведених вище.

На першому етапі, на основі таблиці 3.7, з врахуванням еталонного часу для кожного виду робіт, приймаються вихідні дані, які наведено в таблиці 3.8. Також в таблицю додано приймально-діагностичну перевірку без виділення додаткового поста, приймаючи, що відповідні роботи супроводжують усі процеси. Також здійснено коригування еталонного часу, з метою врахування налаштування, адаптації та інших непередбачених обставин.

Таблиця 3.8 – Вихідні дані

Найменування поста	Вид робіт	Кількість постів	SRT, год	Додатковий час, $t_{\text{дод}}$, год	Скоригований SRT, год
Регламентне ТО	Заміна оливи в АКПП	2	1,5	0,3	1,8
	Промивка системи охолодження, заміна рідини	1	1,2	0,25	1,45
	Заміна оливи в двигуні	1	0,7	0,15	0,85
Ремонт вузлів, систем та агрегатів автомобілів (модульна заміна)	Дрібний ремонт підвісок, гальм; усунення підтікань; дрібний ремонт двигунів, зчеплень	3	1,5	0,3	1,8
Поглиблена діагностика систем (електрика/електроніка /механіка)	Комп'ютерне діагностування, дрібний ремонт та заправка кондиціонерів	3	1,0	0,6	1,6
Приймально-діагностична перевірка	Приймання, діагностування та передача автомобіля після ремонту	–	0,3	0,1	0,4

Ефективний фонд зміни становить:

$$N_{\text{еф}} = \frac{N_{\text{зм}}(1-d)}{\eta} = \frac{8,0(1-0,05)}{0,9} = 8,4 \text{ год}$$

де $d = 0,05$ год;

$\eta = 0,9$.

Після цього, за залежністю (3.4) визначається пропускна здатність кожного поста та групи постів. Результати наведено в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Пропускна здатність постів

Найменування поста	Вид робіт	Без врахування приймання	З врахуванням приймання	Прийнята пропускна здатність
Регламентне ТО	Заміна оливи в АКПП	9,3	7,6	7
	Промивка системи охолодження, заміна рідини	5,8	4,5	4
	Заміна оливи в двигуні	9,9	6,7	6
Ремонт вузлів, систем та агрегатів автомобілів (модульна заміна)	Дрібний ремонт підвісок, гальм; усунення підтікань; дрібний ремонт двигунів, зчеплень	14,0	11,5	11
Поглиблена діагностика систем (електрика/електроніка /механіка)	Комп'ютерне діагностування, дрібний ремонт та заправка кондиціонерів	15,8	12,6	12

Якщо прийняти, один пост для здійснення приймально-діагностичної перевірки, то його пропускна здатність становитиме 21 автомобіль, що не відповідає пропускній здатності основних виробничих постів, тому самі ці роботи є «вузьким» місцем в процесах технічного обслуговування і ремонту автомобілів.

Разом з тим варто відмітити, що процеси технічного обслуговування та ремонту є досить варіативними з точки зору видів робіт. Для прикладу, заміна оливи в двигуні не передбачає попереднього діагностування, натомість після виконання робіт необхідно здійснити скидання сервісних інтервалів. Якщо розглядати ремонт, то в певних випадках необхідно здійснити діагностування

(звичайне або поглиблене) з метою пошуку несправності, а після виконання ремонтних робіт необхідна адаптація та калібрування (рис. 3.1).

На рисунку 3.1 наведені варіанти послідовності робіт технічного обслуговування та ремонту автомобілів, які не є вичерпними. Тому під час планування робіт та їх розподілу за постами, необхідно враховувати частку діагностичних робіт (комп'ютерне діагностування) та їх вагомість в загальному обсязі робіт.

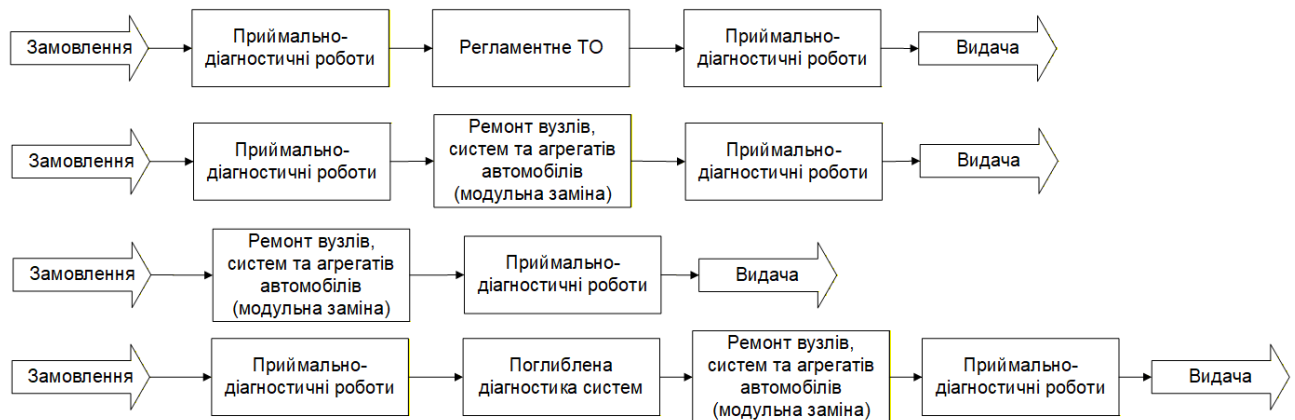
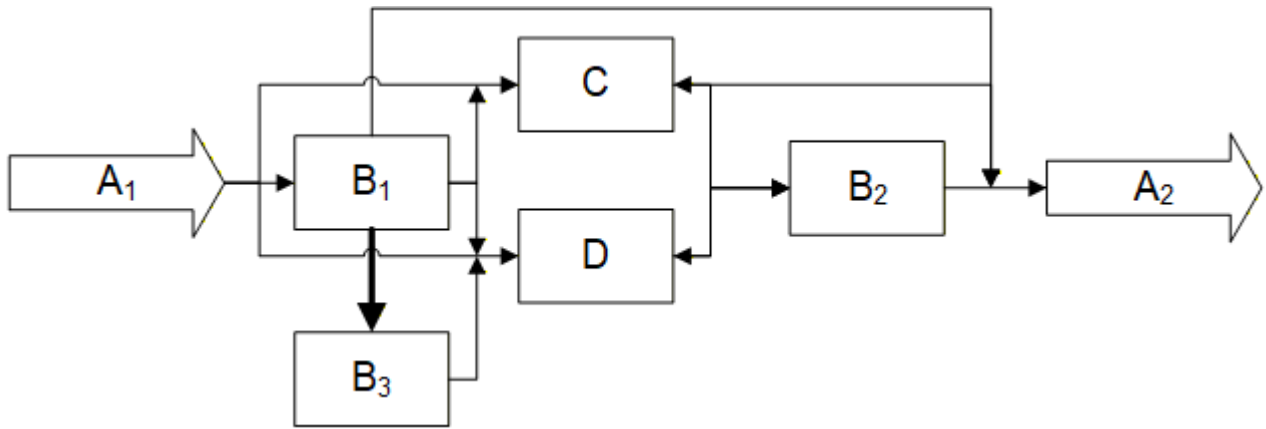


Рисунок 3.1 – Можливі послідовності робіт технічного обслуговування та ремонту автомобілів

На основі схем, наведених на рисунку 3.1 розроблено узагальнену схему, яка демонструє типовий процесний ланцюг СТО з врахуванням схеми керування якістю виконаних робіт (рис. 3.2).

Схема формалізує принцип «діагностування → виконання → перевірка (верифікація)»: усі роботи (і ТО, і ремонт) проходять через V_1 на вході та V_2 виході. Це мінімізує переробки, підвищує відтворюваність якості та забезпечує прозору комунікацію з клієнтом на етапі приймання й видачі.



A – приймання та видача автомобіля; В – комп’ютерне діагностування; С – технічне обслуговування; D – ремонт.

Рисунок 3.2 – Типовий процесний ланцюг СТО

Опис етапів і логіки маршруту типового процесного ланцюга СТО:

1. A₁ – приймання/видача автомобіля. Вхід до процесу: реєстрація замовлення, збір даних, опитування замовника, формування обсягів робіт, відкриття наряду.

2. В₁ – комп’ютерне діагностування (первинне), яке проводиться за необхідності та передбачає стандартизовану перевірку: зчитування кодів помилок, огляд потоків даних, базові тести виконавців. Результат В є рішенням про подальший маршрут:

- якщо потребуються лише регламентні роботи → перехід до С;
- якщо встановлено відмову/несправність → перехід до D;
- якщо несправностей не виявлено → перехід до фінального вузла А₂
- якщо даних недостатньо → перехід до поглибленого діагностування В₃.

3. С – технічне обслуговування. Виконання стандартних процедур (технічне обслуговування, згідно регламенту). Після завершення обов’язкова вихідна перевірка (В₂) для підтвердження відсутності кодів/похибок і коректності адаптацій.

4. D – ремонт. Виконання відновлювальних робіт. По завершенню – контрольне діагностування V_2 і видача автомобіля. За потреби, здійснюється коригування (зворотній перехід до процесів C або D).

5. Фінальний процес A_2 — видача автомобіля з ремонту. Після успішного діагностування V_2 (перевірки якості виконаних робіт) авто переходить на видачу: закриття наряду, рекомендації клієнту.

Призначення зворотних зв'язків:

- стрілки, що повертають із V_1 на A_2 , відображають можливість завершення без робіт (відмова клієнта, хибний виклик, консультаційний візит).
- контур $V_1 \rightarrow C/D \rightarrow V_2$ реалізує політику якості: жодна робота не переходить на видачу без верифікаційного діагностування.

Операційні наслідки

- схема відповідає поділу потоку на швидкий (C) і середній (D) із єдиним вікном V , яке включає підпроцеси V_1, V_2, V_3 .
- вузьким місцем є саме процеси діагностування, тому забезпечення стабільного такту потрібно скоригувати призначення постів СТО.

На основі результатів аналізу процесів, наведених на рисунку 3.2, виокремлено з числа постів поглибленого діагностування один пост для здійснення робіт V_1, V_2 та здійснено розрахунки пропускну здатності системи.

Таблиця 3.10 – Скориговані вихідні дані, після організації окремого поста приймання-видачі автомобілів

Найменування поста	Вид робіт	Кількість постів	Скоригований SRT, год	Пропускна здатність системи, авт/добу
Регламентне ТО	Заміна оливи в АКПП	2	1,7	10
	Промивка системи охолодження, заміна рідини	1	1,35	6
	Заміна оливи в двигуні	1	0,8	10
Ремонт вузлів, систем та агрегатів автомобілів (модульна заміна)	Дрібний ремонт підвісок, гальм; усунення підтікань;	3	1,7	15

Найменування поста	Вид робіт	Кількість постів	Скоригований SRT, год	Пропускна здатність системи, авт./добу
	дрібний ремонт двигунів, зчеплень			
Поглиблена діагностика систем (електрика/електроніка /механіка)	Комп'ютерне діагностування, дрібний ремонт та заправка кондиціонерів	2	1,5	11
Приймально-діагностична перевірка	Приймання, діагностування та передача автомобіля після ремонту	1	0,3	28

Використовуючи скоригований час SRT та визначену пропускну здатність системи (табл. 3.10) використовуючи рівняння (2.7) Кінгмана[34], можна визначити наближене значення часу очікування автомобіля.

Визначення коефіцієнта використання поста k здійснюється на основі імовірності виконання певних видів робіт (табл. 3.6) за інтенсивності надходження автомобілів на СТО 75 авт./добу. Результати розрахунків наведено в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Розрахунок середнього часу очікування за рівнянням Кінгмана

Вид робіт	Імовірність замовлення послуги	Інтенсивність прибуття автомобілів, авт/год	Коефіцієнт використання поста	Коефіцієнт варіації для послуги	Коефіцієнт варіації для прибуття	Час очікування, год
Заміна оливи в АКПП	0,75	7,03	0,24	0,274	1,74	0,801
Промивка системи охолодження, заміна рідини	0,6	5,63	0,24	0,217	1,34	0,370
Заміна оливи в двигуні	0,95	8,91	0,09	0,130	2,28	0,205
Дрібний ремонт підвісок, гальм; усунення підтікань; дрібний ремонт двигунів, зчеплень	0,5	4,69	0,36	0,274	1,06	0,512

Вид робіт	Імовірність замовлення послуги	Інтенсивність прибуття автомобілів, авт/год	Коефіцієнт використання поста	Коефіцієнт варіації для послуги	Коефіцієнт варіації для прибуття	Час очікування, год
Комп'ютерне діагностування, дрібний ремонт та заправка кондиціонерів	0,5	4,69	0,32	0,289	1,06	0,371
Приймання, діагностування та передача автомобіля після ремонту	1	9,38	0,03	0,043	2,42	0,029

Отримані результати моделювання часу очікування на постах СТО узгоджуються з наближенням Кінгмана. Проведені розрахунки показали, що для «масляних» операцій (заміна оливи в АКПП; промивка системи охолодження; заміна оливи в двигуні) вирішальним чинником формування черги є саме варіативність прибуттів, а не завантаження поста: за порівняно низьких значень $k \approx 0,09-0,24$ спостерігається істотний час очікування (до $\sim 0,8$ год для АКПП) через сплесковий попит і нерівномірний розподіл записів упродовж зміни. Для групи «дрібний ремонт підвісок/гальм; усунення підтікань; дрібний ремонт двигунів та зчеплень» і для робіт з кондиціонуванням (комп'ютерна діагностика, заправка, дрібний ремонт) час очікування зумовлюється поєднанням підвищеного завантаження ($k \approx 0,32-0,36$) і помітної варіативності обслуговування (пов'язаної з різним доступом до вузлів, потребою в додаткових адаптаціях/промиваннях тощо). Натомість підсистема «приймання–первинне діагностування–видача» не є вузьким місцем: за дуже низького завантаження ($k \approx 0,03$) навіть велике c_a трансформується у мінімальний час очікування, а отже її пропускну здатність достатньо для підтримки основного потоку.

Інтерпретація членів формули пояснює практичні наслідки. Множник $\frac{k}{1-k}$ різко зростає поблизу повного завантаження, тому на «ремонтних» та «кліматичних» постах необхідно утримувати $\rho < 0,85$ шляхом вирівнювання графіка та обмежень. Друга складова $\frac{c_a^2 + c_e^2}{2}$ підкреслює чутливість системи до варіативності: для АКПП і промивки системи охолодження домінує c_a

(нерівномірний запис клієнтів та «пакетні» звернення), тоді як для дрібного ремонту і HVAC порівнянні внески дають і c_a , і c_e (розкид тривалості робіт через корозію кріплення, тип холодоагенту, додаткові операції). Нарешті, пропорційність до E означає, що будь-яке скорочення SRT або виділення підготовки в «зовнішній час» безпосередньо зменшує очікування в черзі.

З огляду на це, балансувальні дії мають бути адресними. Для «масляних» операцій пріоритетом є зниження варіативності прибуття: жорсткий запис з 0,5–1,0-годинними вікнами,» розклад по годинах/днях тижня. Додатковим важелем є тимчасове розширення ефективного фонду часу вузлів із підвищенням k (подовження тривалості зміни саме там, де виникає вузьке місце), а також переведення нетипових звернень у модульні заміни або партнерський контур.

Таким чином, отримані емпіричні результати підтверджують теоретичний висновок Кінгмана: у сервісному середовищі з міксом коротких і середніх SRT основним джерелом втрат часу є саме варіативність, а не лише завантаження. Рациональне поєднання політик запису, лімітів на виконання робіт, винесення приймання-видачі з постів і поетапного планування «довгих» робіт дозволяє суттєво скоротити час очікування клієнтів, зберігаючи стабільний такт виконання і підвищуючи доходи без значних капітальних інвестицій.

Висновки до розділу

Обґрунтовано цілісну методику планування та балансування потужностей міської СТО на основі сегментації портфеля робіт за часом виконання і варіативністю попиту (матриця ABC×XYZ), що дозволяє синхронізувати попит із ресурсами постів, персоналу та оснащення. Сформовано діапазони часу виконання для 18 типів робіт і побудовано рекомендований портфель послуг для СТО різної потужності; показано, що для невеликих підприємств (до 5 постів) доцільно концентруватися на коротких і середніх операціях (ТО, гальма, підвіска, електрика), тоді як довготривалі процеси (ADAS, скло, HV-системи, кузовні/малярні роботи) слід виконувати в партнерському контурі. Аналітичний

розподіл часток робіт за потужністю СТО демонструє плавне зменшення питомої ваги регламентного ТО (від 31% до 13%) і зростання частки спеціалізованих робіт у міру масштабування підприємства; загальна частка діагностування сягає 15–25%, що підтверджує необхідність виділення діагностичної функції як окремого поста (процесу). Розрахунок пропускної здатності за середнім часом виконання робіт та переведення приймання/видачі в окремий пост усувають структурний дисбаланс і підвищують узгодженість між «швидкими» та «середніми» лініями. Моделювання імовірностей появи робіт (пуассонівська апроксимація) показує, що навіть за помірної інтенсивності замовлень імовірність щоденної появи ключових коротких операцій (ТО, гальма, підвіска) прямує до 1, тоді як довготривалі операції залишаються подіями класу Y/Z і потребують планових «довгих вікон». Застосування наближення Кінгмана підтверджує: однією з головних проблем у регламентних операціях є варіативність прибуттів, а в ремонтах – сукупний вплив завантаження й варіативності часу обслуговування. Для ТзОВ «Дукат-Ойл» показано, що виділення окремого поста приймання/видачі, уточнення часу виконання робіт та перерозподіл постів між лініями підвищують пропускну здатність системи без капітальних інвестицій і зменшують очікування у вузьких місцях.

ВИСНОВКИ

1. Запропонована процесна класифікація робіт СТО (приймання → діагностування → виконання → контроль якості → видача/супровід) узгоджена з ринково-нормативними ознаками і охоплює сучасні «транзакційні» послуги (кодування, перепрограмування, калібрування ADAS). Поточний ремонт структуровано за системами автомобіля.

2. Обґрунтовано сучасний підхід до формування виробничої програми СТО на основі поєднання каталожних норм часу та керування варіативністю попиту. Показано, що цифровізація сервісу та конструкцій автомобілів змінює саму структуру робіт: поряд із механічними операціями з'являються кіберфізичні пакети з підвищеною часткою підготовчо-завершальних дій, що потрібно враховувати в нормуванні та плануванні.

3. Сформовано оновлений перелік видів робіт СТО з типовими діапазонами еталонних норм часу. Продемонстровано, що приймально-діагностична перевірка стає «нульовою точкою» процесу, а питома вага діагностичних, електронних операцій зростає залежно від обсягів робіт на СТО та номенклатури послуг.

4. Обґрунтовано цілісну методику планування та балансування потужностей міської СТО на основі сегментації портфеля робіт за часом виконання і варіативністю попиту (матриця ABC×XYZ), що дозволяє синхронізувати попит із ресурсами постів, персоналу та оснащення. Сформовано діапазони часу виконання для 18 типів робіт і побудовано рекомендований портфель послуг для СТО різної потужності; показано, що для невеликих підприємств (до 5 постів) доцільно концентруватися на коротких і середніх операціях, тоді як довготривалі процеси слід виконувати в партнерському контурі.

5. Аналітичний розподіл часток робіт за потужністю СТО демонструє плавне зменшення питомої ваги регламентного ТО (від 31% до 13%) і зростання частки спеціалізованих робіт у міру масштабування підприємства; загальна

частка діагностування сягає 15–25%, що підтверджує необхідність виділення діагностичної функції як окремого поста (процесу).

6. Розрахунок пропускної здатності за середнім часом виконання робіт та переведення приймання/видачі в окремий пост усувають структурний дисбаланс і підвищують узгодженість між «швидкими» та «середніми» лініями. Моделювання імовірностей появи робіт (пуассонівська апроксимація) показує, що навіть за помірної інтенсивності замовлень імовірність щоденної появи ключових коротких операцій (ТО, гальма, підвіска) прямує до 1, тоді як довготривалі операції залишаються подіями класу Y/Z і потребують планових «довгих вікон». Застосування наближення Кінгмана підтверджує: однією з головних проблем у регламентних операціях є варіативність прибуттів, а в ремонтах – сукупний вплив завантаження й варіативності часу обслуговування.

7. На прикладі ТзОВ «Дукат-Ойл» показано, що виділення окремого поста приймання/видачі, уточнення часу виконання робіт та перерозподіл постів між лініями підвищують пропускну здатність системи без капітальних інвестицій і зменшують очікування у вузьких місцях.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. 1 Regulation (EU) 2018/858 of the European Parliament and of the Council — положення щодо доступу до Vehicle Repair and Maintenance Information (RMI), включно з транзакційними послугами (перепрограмування тощо). [EUR-Lex](#)

2 ASE. Automobile & Light Truck Tests — Test Specifications and Task Lists (A1–A9). Leesburg, VA: National Institute for Automotive Service Excellence, 2023. URL: <https://www.ase.com>

3 ASE. Automobile Study Guide (2021). Типові переліки діагностичних і ремонтних операцій за системами автомобіля. ase.com

4 ASE Education Foundation. Automobile Program Standards and Task List (latest revisions). Leesburg, VA: ASE Education Foundation, 2024. URL: <https://www.aseeducationfoundation.org>

5 European Commission. Review of the Motor Vehicle Block Exemption Regulation (MVBBER) and the related Guidelines (extension to 31.05.2028; updated guidance). Brussels: European Commission, 2023. URL: <https://competition-policy.ec.europa.eu>

6 EUR-Lex. Motor vehicles — block exemption from EU competition law (оновлено 2023). Рамка конкуренції на ринку післяпродажного обслуговування й доступу до техінформації. [EUR-Lex](#)

7 Lexology. European Court of Justice Facilitates Access to Vehicle RMI (2023). Практика щодо забезпечення доступу до діагностичної інформації та даних. [Lexology](#)

8 UK Legislation service (консолідована публікація). Regulation (EU) 2018/858 — статті 61–62 (2020-12-31 редакція для довідок). Тлумачення зобов'язань виробника щодо OBD та RMI. [Legislation.gov.uk](http://legislation.gov.uk)

9 Pearson. Automotive Service Management (видання після 2010 р.; навчальний посібник з управління сервісом: процеси приймання, контроль якості, KPI).

10. Наказ Міністерства інфраструктури України від 28.11.2014 № 615 «Про затвердження Правил надання послуг з технічного обслуговування і ремонту колісних транспортних засобів». Офіційний сайт Верховної Ради України. URL: zakon.rada.gov.ua

11. ДСТУ 3649:2010 Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2011.

12 Постанова Кабінету Міністрів України від 03.07.2013 № 643 «Про затвердження Технічного регламенту з технічного обслуговування і ремонту колісних транспортних засобів». Офіційний сайт Верховної Ради України. URL: zakon.rada.gov.ua.

13. Харківський національний автомобільно-дорожній університет. Основи проєктування підприємств автосервісу: методичні рекомендації для здобувачів вищої освіти. Харків: ХНАДУ, 2022.

14. Наш посібник

15. ASE. Automobile & Light Truck Certification Tests (A-Series): Study Guide. Leesburg, VA: National Institute for Automotive Service Excellence, 2023. URL: <https://www.ase.com>

16 ASE Education Foundation. Automobile Program Standards and Task List (latest revisions). Leesburg, VA: ASE Education Foundation, 2024. URL: <https://www.aseeducationfoundation.org>

17. CEN/TC 301 Road vehicles — Repair and Maintenance Information (RMI), WG 6 (ADAS calibration requirements): оглядовий документ/матеріали робочої групи. Brussels: European Committee for Standardization, 2021. URL: <https://standards.cencenelec.eu>

18. ISO 6789-2:2017. Assembly tools for screws and nuts — Hand torque tools — Part 2: Requirements for calibration and determination of measurement uncertainty. Geneva: ISO, 2017. URL: <https://www.iso.org>

19. ACEA. ACEA 2023 Oil Sequences for Light-Duty Engines (12 Sept 2023). Brussels: European Automobile Manufacturers' Association, 2023. URL: <https://www.acea.auto>

20. ISO 6469-3:2018 + Amd 1:2020. Electrically propelled road vehicles — Safety specifications — Part 3: Protection of persons against electric shock. Geneva: International Organization for Standardization, 2018–2020. URL: <https://www.iso.org>

21. UNECE Regulation No. 100 (Rev.3). Uniform provisions concerning the approval of battery electric vehicles with regard to specific requirements for the construction and functional safety. Geneva: United Nations Economic Commission for Europe, 2021 (та наступні поправки). URL: <https://unece.org>

22. Universal Technical Institute. Understanding Mechanic Labor Rates: Flat Rate vs. Hourly, 13.12.2024. URL https://www.uti.edu/blog/automotive/hourly-rate-vs-flat-rate-how-auto-mechanics-are-paid?utm_source=chatgpt.com дата звернення 09.11.2025.

23. Motor vehicles – block exemption from European Union competition law. EUR-Lex, 02.06.2023. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/motor-vehicles-block-exemption-from-european-union-competition-law.html> (дата звернення: 09.11.2025).

24. European Commission extends validity of EU Motor Vehicle Block Exemption Regulation. Lexology, 04.05.2023. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=74fcb2f4-fbed-41ee-9938-68fe1b2ba407> (дата звернення: 09.11.2025).

25. The UK and EU automotive aftermarket sector – new regulations afoot. HSF Kramer, 12.06.2023. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.hsfkramer.com/insights/2023-06/the-uk-and-eu-automotive-aftermarket-sector-%E2%80%93-new-regulations-afoot> (дата звернення: 09.11.2025).

26. Eddam Y. Competition law governing motor vehicle distribution: a focus on the after-sales sector. Solent Avocats, 29.06.2025. [Електронний ресурс].

Режим доступу: <https://solent-avocats.com/en/car-distribution-after-sales-competition-regime/> (дата звернення: 09.11.2025).

27. FIGIEFA. Vehicle Maintenance, Service and Repair During the Warranty Period: practical guide for independent aftermarket operators and consumers [Електронний ресурс]. 15.12.2023. Режим доступу: https://www.figiefa.eu/en/publications/vehicle_maintenance_service_and_repair_during_the_warranty_period.html

28. Imperia SCM. ABC/XYZ Segmentation: Free Guide to Classify Your Stock [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://imperiascm.com/downloadables/abc-xyz-segmentation>

29. Shen, Yichi. Performance Evaluation for Production Systems Through Queueing Models: Nanyang Technological University, School of Mechanical and Aerospace Engineering, 2018. [Електронний ресурс]. Режим доступу: dr.ntu.edu.sg/server/api/core/bitstreams/e923bb06-1a0f-462d-b0eb-24d062881721/content.

30. Технічна експлуатація автомобілів: Навчальний посібник / В.М. Дембіцький, В.І. Павлюк, В.М. Придюк – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – 473 с.

31. DENSO Aftermarket (укр. сторінка). Особливості ADAS — технології, що набирає обертів [Електронний ресурс]. 30.11.2020. Режим доступу: <https://www.denso-am.eu/ua/news/%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96-adas-%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%97-%D1%89%D0%BE-%D0%BD%D0%B0%D0%B1%D0%B8%D1%80%D0%B0%D1%94-%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%80%D1%82%D1%96%D0%B2>

32. Клименко Т. В. Планування діяльності підприємства : конспект лекцій (розд. про планування продуктивності праці і трудомісткості) [Електронний ресурс]. 2024. Режим доступу: <https://nemk.com.ua/wp-content/uploads/2024/04/%D0%9A%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0>

[%BD%D0%BA%D0%BE-%D0%A2.%D0%92.-](#)

[%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F.-](#)

[%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82-%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9.pdf](#)

33. Christoph Roser The Kingman Formula – Variation, Utilization, and Lead Time [Електронний ресурс] // AllAboutLean.com. 19.09.2017 (оновл. 16.05.2023). Режим доступу: <https://www.allaboutlean.com/kingman-formula/>

34. Prado, G.; Tommelein, I. D. Application of Operations Science to Design a Project Production System: A Case Study in Building Construction [Електронний ресурс] // Project Production Institute Journal. 19.07.2023. (Vol. 6). Режим доступу: <https://projectproduction.org/journal/application-of-operations-science-to-design-a-project-production-system-a-case-study-in-building-construction/>

35. Клехо О.В. Вибір раціональної структури станцій технічного обслуговування за видами виконуваних робіт. Кваліфікаційна робота магістра освітньої програми «Автомобільний транспорт» спеціальності 274 Автомобільний транспорт. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2023, 58 с.

36. Навчальні та кваліфікаційні роботи : методичні вказівки до оформлення навчальних та кваліфікаційних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів освітньо-професійних програм: «Автомобільний транспорт», «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» галузь знань 27 Транспорт, спеціальностей: 274 Автомобільний транспорт, 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті) денної та заочної форм навчання / уклад. В. М. Придюк, В. А. Кищун, В. М. Дембіцький, В. І. Павлюк. – Луцьк : Луцький НТУ, 2019. – 56 с.