МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ І ЛОГІСТИКИ

В. Ю. Федоров, К. Г. Ковцур

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ У ПУНКТАХ ПЕРЕРОБКИ ВАНТАЖІВ: МОДЕЛЮВАННЯ ОДНОКАНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

МОНОГРАФІЯ

2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ І ЛОГІСТИКИ

В.Ю. Федоров, К.Г. Ковцур

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ У ПУНКТАХ ПЕРЕРОБКИ ВАНТАЖІВ: МОДЕЛЮВАННЯ ОДНОКАНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Монографія

Харків

2026

УДК 656.073.29
ISBN 978-617-8821-09-8
DOI: 10.61718/2026uto
Ф 33

Затверджено до видання Вченою Радою ХНАДУ, Дозвіл № 93/26/4.6.1 від 30.10.2026

Рецензенти:
Давідіч Ю.О. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри транспортних систем і логістики, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова.
Степанов О.В. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри тракторів і автомобілів, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Наглюк І.С. – доктор технічних наук, завідувач кафедри транспортного планування та безпеки дорожнього руху, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Колектив авторів:
Федоров В.Ю., доктор філософії, асистент кафедри транспортних систем і логістики (Харківський національний автомобільно-дорожній університет)

Ковцур К.Г., к.т.н., доцент, доцент кафедри транспортних систем і логістики (Харківський національний автомобільно-дорожній університет)

Федоров В.Ю.
Ф 33 Удосконалення технології обслуговування автомобілів у пунктах переробки вантажів: моделювання одноканальної системи : монографія / В.Ю. Федоров, К.Г. Ковцур. Харків : НДУ – НІІ «Новий курс», 2026. 136 стор. ISBN 978-617-8821-09-8. DOI: 10.61718/2026uto

Представлені результати вирішення науково-прикладної задачі, яка полягає в удосконаленні технології обслуговування вантажних автомобілів у пунктах переробки вантажів за рахунок урахування стохастичного характеру надходження автомобілів, параметрів процесу обслуговування та структури черги, що дозволяє підвищити ефективність функціонування пунктів переробки та зменшити сумарний час перебування вантажних автомобілів у системі.

Для інженерно-технічних працівників, науковців та аспірантів, діяльність яких пов’язана з організацією та плануванням роботи вантажних автомобілів і пунктів переробки вантажів, моделюванням процесів обслуговування та дослідженням систем масового обслуговування.

Іл. 33. Табл. 11. Бібліогр. 98 назв.

© Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 2026
© НДУ – НІІ «Новий курс»,2026
© Федоров В.Ю., Ковцур К.Г., 2026

ЗМІСТ

Вступ 5
Розділ 1. Аналіз теорії та практики організації взаємодії роботи вантажних автомобілів і пунктів переробки вантажу 7
1.1 Сучасні тенденції розвитку ринку транспортних послуг 7
1.2 Практика організації взаємодії вантажних автомобілів і пунктів переробки 17
1.3 Аналіз теоретичних аспектів організації взаємодії вантажних автомобілів і пунктів переробки 25
Розділ 2. Теоретичні основи моделювання обслуговування вантажних автомобілів у пунктах переробки 35
2.1 Опис поведінки черги автомобілів в очікуванні обслуговування у пунктах переробки 36
2.2 Визначення параметрів процесу взаємодії вантажних автомобілів і пунктів переробки 46
2.3 Моделювання часу перебування вантажних автомобілів у пунктах переробки 50
Розділ 3. Експериментальні дослідження процесу обслуговування вантажних автомобілів у пунктах переробки 56
3.1 Збір, обробка, формування масиву даних про час перебування вантажних автомобілів у пунктах переробки 58
3.2 Перевірка робочих гіпотез та адекватності теоретичних моделей 65
3.3 Імітаційне моделювання процесу обслуговування вантажних автомобілів у пунктах переробки 72
Розділ 4. Розробка методики обслуговування вантажних автомобілів у пунктах переробки 82
4.1 Аналіз результатів дослідження 83
4.2 Формування стратегій обслуговування вантажних автомобілів пунктами переробки 87

4.3 Практичні рекомендації щодо використання пропонованих стратегій по обслуговуванню пунктами переробки вантажних автомобілів 96
Висновки 100
Список літератури 102
Додаток А Результати проведення обстеження фактичного часу знаходження вантажних автомобілів у пункті переробки вантажу 111

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку глобальних логістичних систем пункти переробки вантажу виступають критичними вузлами, що визначають результативність функціонування ланцюгів постачання. Результативність діяльності пунктів переробки вантажу визначається сукупністю факторів, де ключову роль відіграють параметри технологічних процесів, економічні показники обслуговування та закономірності вхідного потоку. Зокрема, нерівномірність прибуття вантажних автомобілів виступає одним із критичних параметрів, що впливає на загальну стабільність системи. Забезпечення стабільної реалізації технологічних графіків (план-графіків) та взаємодії вантажних автомобілів із пунктами переробки часто ускладнюється впливом низки дестабілізуючих факторів. Зазначене обумовлює актуальність наукового пошуку та вивчення цієї проблематики.

Сучасний стан вітчизняного ринку транспортно-логістичних послуг характеризується високим ступенем невизначеності щодо тривалості обслуговування вантажних автомобілів у пунктах переробки вантажу. На етапі формування договірних відносин щодо перевезень суб'єкти транспортного ринку стикаються з дефіцитом достовірних даних стосовно часових параметрів обробки вантажів. Це спричиняє суттєві труднощі при плануванні операційної діяльності парку вантажних автомобілів і зумовлює зниження показників ефективності використання технічного потенціалу вантажних автомобілів. Відсутність належного рівня прогностичної здатності процесів виступає критичним бар'єром для оптимізації логістичних маршрутів та підвищення загальної продуктивності транспортно-технологічних систем.

Монографія присвячена розробці та впровадженню стратегії обслуговування вантажних автомобілів у пунктах переробки, що забезпечує науково обґрунтоване планування взаємодії вантажних автомобілів і пунктів переробки вантажу. У першому розділі проаналізовано тенденції розвитку ринку транспортних послуг, технологічні процеси обслуговування вантажних автомобілів у пунктах переробки вантажів та методичні підходи до оцінювання чинників стохастичності вхідного потоку. У другому розділі обґрунтовано теоретичні основи моделювання та формалізації часу перебування автомобілів у системі з урахуванням параметрів

вхідного потоку та структури черги. У третьому розділі викладено результати імітаційного моделювання функціонування пунктів переробки за умови дотримання дисципліни відносної пріоритетності. У четвертому розділі розроблено методику обслуговування вантажних автомобілів на основі комбінованої стратегії пріоритетності (відносний пріоритет у поєднанні з FIFO) та оцінено точність одержаних прогнозних значень.

Матеріали монографії ґрунтуються на результатах теоретичних досліджень та системного аналізу функціонування пунктів переробки вантажів і вантажних автомобілів. Запропоновані науково-методичні підходи орієнтовані для розробки обґрунтованих рішень із підвищення якості доставки вантажів за рахунок оптимізації їхньої технологічної взаємодії.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВЗАЄМОДІЇ РОБОТИ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ І ПУНКТІВ ПЕРЕРОБКИ ВАНТАЖУ

Одним із ключових завдань автомобільного транспорту є підвищення продуктивності праці та зниження транспортних витрат. Реалізація окреслених завдань потребує проведення ґрунтовного факторного аналізу детермінованих та стохастичних параметрів, що зумовлюють динаміку часових і вартісних показників. Системний підхід до планування логістичних операцій дозволяє підвищити ефективність доставки через ідентифікацію та нівелювання критичних вузьких місць у процесі вантажопереробки. Складовою, що суттєво впливає на продуктивність і загальну собівартість перевезень, є нестабільний, випадковий характер часу знаходження вантажних автомобілів у пунктах переробки вантажу.

Основною проблемою, з якою стикаються як перевізники, так і пункти переробки, є організація доставки вантажів в умовах абсолютної невизначеності: невідомо, коли саме вантажний автомобіль завершить попереднє замовлення і зможе приступити до наступного. Цей процес суттєво ускладняється повною відсутністю інформації про час перебування автомобіля в пункті переробки вантажу.

1.1 Сучасні тенденції розвитку ринку транспортних послуг

У сучасній архітектурі глобальних та регіональних ринків вантажних перевезень автомобільний транспорт посідає домінантне місце, забезпечуючи матеріальну основу функціонування логістичних ланцюгів постачання. Визначна конкурентоспроможність автотранспортного сектору зумовлена його високою адаптивністю, маневреністю, можливістю реалізації концепції безперервної доставки «від дверей до дверей» (Door-to-Door), а також гнучкістю маршрутизації в умовах динамічної зміни вантажопотоків.

Максимальна системна ефективність, економічна доцільність та часова точність процесу доставки досягаються шляхом проєктування й впровадження транспортно-технологічних систем. Транспортно-технологічні системи виступають складними

багатокомпонентними утвореннями, які забезпечують синергетичну інтеграцію кількох ключових вимірів:

– технічний: гармонізація параметрів рухомого складу, термінальної інфраструктури та засобів механізації вантажно-розвантажувальних робіт;

– технологічний: стандартизація технологічних процесів переробки вантажів, маршрутизація, а також оптимізація часових інтервалів інтермодальних операцій;

– економічний: оптимізація загальних логістичних витрат, формування наскрізних тарифних ставок та управління ризиками;

– правовий: нормативно-договірне регулювання розподілу відповідальності між суб'єктами транспортного ринку та забезпечення митно-адміністративного супроводу.

Попри інтенсивний розвиток міжнародної торгівлі, у світовій науковій дискусії та практиці досі спостерігається відсутність єдиної уніфікованої класифікації транспортно-технологічних систем. Це зумовлено відмінностями в національних законодавчих базах, рівні інфраструктурного розвитку та регіональних специфіках організації перевезень.

На цьому тлі найбільш науково аргументованим, концептуально виваженим і методологічно структурованим визнано термінологічний підхід, запропонований Конференцією ООН з торгівлі та розвитку ЮНКТАД (UNCTAD). Класифікаційна модель ЮНКТАД заклала підґрунтя для нормативного розмежування сучасних перевізних концепцій (рис. 1):

– мультимодальних перевезень – як систем переміщення вантажів щонайменше двома видами транспорту на основі єдиного договору та під відповідальністю єдиного оператора мультимодального перевезення (МТО);

– інтермодальних перевезень – як послідовного транспортування вантажів у єдиній укрупненій вантажній одиниці (контейнері, контрейлері, знімному кузові) без розформування самого вантажу під час змішування видів транспорту;

– комбінованих перевезень – як специфічного різновиду інтермодальності, де більша частина маршруту здійснюється екологічними видами транспорту, а початково-кінцеві етапи доставки виконуються автомобільним транспортом.



Рис. 1. Класифікаційна модель сучасних
концепцій перевезень ЮНКТАД
*згенеровано за допомогою ШІ

ЮНКТАД виступає ключовим органом Генеральної Асамблеї ООН, чия місія полягає у сприянні інклюзивній інтеграції країн, що розвиваються, у світову економічну систему. Діяльність організації спрямована на ефективне використання інструментів міжнародної торгівлі та розвиток потенціалу держав в умовах глобалізаційних перетворень. Сфера повноважень ЮНКТАД охоплює питання торгівлі, фінансів, технологій, інвестицій і сталого розвитку [1].

Членство в ЮНКТАД характеризується широким міжнародним представництвом, охоплюючи всі держави-члени ООН, а також країни, що є учасницями її спеціалізованих установ або МАГАТЕ. На сьогодні структура Конференції об’єднує 195 держав-членів.

Аналіз динаміки обсягів перевезень вантажів за період з 2012 по 2023 роки свідчить про стійку регресивну тенденцію: сукупний обсяг перевезень скоротився більш ніж удвічі – на 52,6 % (з 1853 млн. т. до 878 млн. т.). Найбільш суттєве зниження показників зафіксовано в залізничному секторі, де обсяги впали на 67,4 % (з 457 млн. т. до 149 млн. т.), а також у морському та річковому транспорті, сукупні показники яких скоротилися на 71,4 % (табл. 1).

Таблиця 1

Обсяг перевезених вантажів за видами транспорту, млн. т.

Рік	Залізнич-ний	Морсь-кий	Річко-вий	Автомо-більний	Авіаційний	Трубопро-відний	Загальний обсяг
2012	457	3	4	1260	0,1	128	1853
2013	444	3	3	1261	0,1	126	1837
2014	386	3	3	1131	0,1	100	1623
2015	350	3	3	1021	0,1	97	1474
2016	343	3	4	1086	0,1	107	1543
2017	340	2	4	1122	0,1	115	1582
2018	322	2	4	1206	0,1	109	1643
2019	313	2	4	1147	0,1	113	1579
2020	305	2	4	1232	0,1	97	1641
2021	314	2	3	1121	3	3	1518
2022	151	1	1	695	к/с	к/с	902
2023	149	0	2	677	к/с	к/с	878

Автомобільний транспорт продемонстрував вищий рівень адаптивності: попри загальний спад обсягів на 46,3 % (з 1260 млн. т. до 677 млн. т.), його роль у забезпеченні логістики критично зросла. Питома вага автотранспортних перевезень у загальній структурі збільшилася з 68 % у 2012 році до 77,1 % у 2023 році. Це підтверджує домінування автомобільного транспорту в умовах кризових явищ та обґрунтовує необхідність удосконалення механізмів управління на всіх етапах доставки, що дозволить підвищити ефективність логістичних ланцюгів.

Варто наголосити, що за 2022-2023 роки дані на рис. 2–3 щодо авіаційного та трубопровідного транспорту позначені як конфіденційні (к/с) у зв'язку з дією воєнного стану та заходами щодо захисту інформації стратегічного значення.

Починаючи з 2014 року, статистика представляється без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки

Крим, м. Севастополя та частини тимчасово окупованих територій у Донецькій та Луганській областях. З 2022 року на показники також впливає фактор активних бойових дій та тимчасова окупація територій України [2].

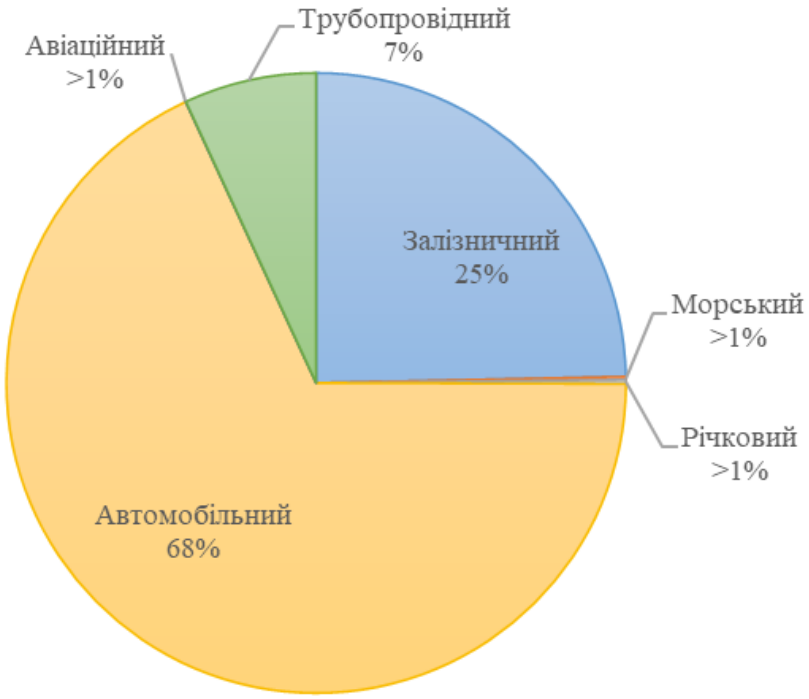


Рис. 2. Частка обсягів перевезень за видами транспорту в 2012 році

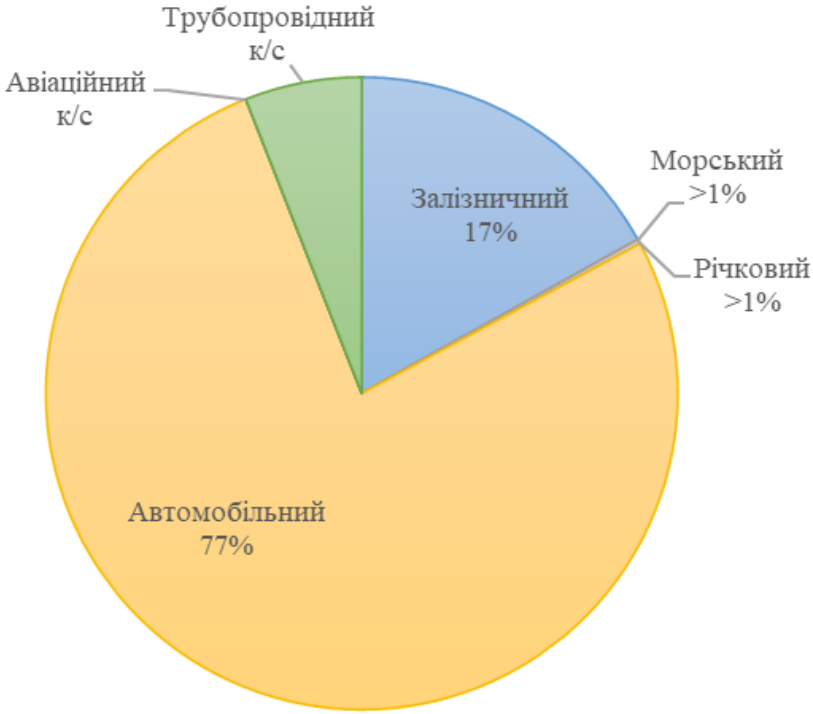


Рис. 3. Частка обсягів перевезень за видами транспорту в 2023 році

Реалізація вантажних перевезень із залученням термінальних комплексів (логістичних центрів, вантажних терміналів, мультимодальних хабів) визначає формування особливої категорії транспортного процесу – термінальних перевезень. У цій концепції термінал виступає не просто просторовим пунктом перевантаження, а інтегруючим інфраструктурно-технологічним вузлом, що забезпечує безперервність, ритмічність та оптимальну керованість матеріальних потоків.

Стрімке зростання ролі термінального транспортування в сучасній логістичній архітектурі зумовлене високим рівнем концентрації та синергетичного взаємоузгодження різнопланових логістичних операцій у межах єдиного об'єкта (рис. 4):

– на мікрологістичному рівні: термінальні комплекси забезпечують технологічну оптимізацію окремих ланцюгів постачання за рахунок консолідації та деконсолідації партій вантажів, впровадження високошвидкісного скрізного складування (cross-docking), тимчасового відповідального зберігання, митного очищення, а також надання розширеного спектра послуг із доданою вартістю (Value-Added Services – VAS: передпродажна підготовка, маркування, пакування, стикування інформаційних потоків);

– на макрологістичному рівні: термінали виконують функцію системних регуляторів вантажопотоків регіонального, національного та транснаціонального масштабів. Вони забезпечують раціональне просторове перерозподілення матеріальних ресурсів, згладжування пікових навантажень на транспортну мережу, підвищення коефіцієнта використання вантажопідйомності рухомого складу та зменшення техногенного й екологічного навантаження на магістральну та міську інфраструктуру.

Розвиток термінальних систем став об'єктивною відповіддю на інституційні та технологічні виклики, пов'язані з організацією змішаних (інтермодальних) сполучень у критичних вузлових пунктах. Необхідність подолання технологічної та часової неузгодженості між різними видами транспорту (залізничним, автомобільним, морським, річковим) заклала основу для створення уніфікованих пунктів переробки вантажів та поширення стандартних укрупнених вантажних одиниць (зокрема, контейнерів та контрейлерів).

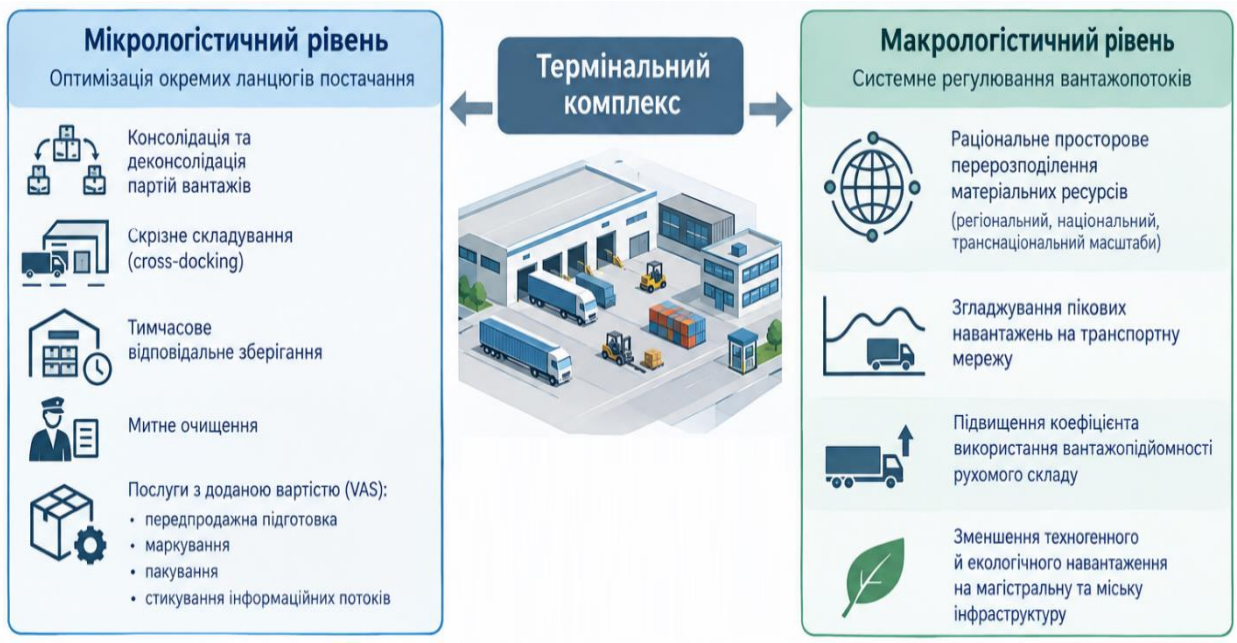


Рис. 4. Основні функції термінальних комплексів у логістичних системах
*згенеровано за допомогою ШІ

У сучасних геоекономічних умовах розбудова та високотехнологічна модернізація термінальної інфраструктури виступає фундаментальною передумовою для повноцінної інтеграції держави у світовий та європейський логістичний простір. Наявність розгалуженої мережі мультимодальних термінальних комплексів високого класу визначає рівень транзитної привабливості країни, оптимізує наскрізні логістичні витрати національних експортерів та імпортерів і забезпечує необхідні умови для включення вітчизняних транспортних мереж до глобальних ланцюгів створення вартості та міжнародних транспортних коридорів [3].

Термінальні системи у сучасній логістичній науці розглядаються як складні, адаптивні та багатофункціональні утворення, призначені для просторово-часової трансформації та оптимізації матеріальних, інформаційних і фінансових потоків. Багатовимірна природа функціонування термінальних комплексів зумовлює необхідність їхньої систематизації за високорівневими функціональними та організаційно-управлінськими ознаками:

– функціональні характеристики: охоплюють комплекс фізичних та технологічних операцій із матеріалопотоками різної структури й інтенсивності. Сюди належать процеси приймання, формування, розформування, консолідації, розукрупнення (deconsolidation) та сортування вантажних партій. Система

забезпечує раціональне просторове перерозподілення транзитних, місцевих (внутрішньорегіональних) та безпосередньо перероблюваних вантажопотоків, що дозволяє мінімізувати міжопераційні простої рухомого складу та оптимізувати коефіцієнт використання термінальної інфраструктури;

– керувально-інформаційні характеристики: передбачають побудову інтегрованого інформаційно-цифрового середовища на основі спеціалізованих систем управління (wms, tms, tos). Цей напрям охоплює повний цикл роботи з інформаційними потоками: оперативний прийом, первинну й аналітичну переробку, агрегування, передачу та використання даних у режимі реального часу (real-time tracking). Це забезпечує наскрізну диспетчеризацію транспортно-технологічних процесів, синхронізацію підвозу-підвозу вантажів та підвищення точності прийняття управлінських рішень;

– документально-фінансові та правові характеристики: регламентують юридичний статус вантажопереробки та прозорість економічних взаємовідносин між суб'єктами логістичного ринку. Вони включають нормативно-правове забезпечення транспортно-експедиторського обслуговування, оперативно-митне оформлення, документальний супровід наскрізними мультимодальними накладними (cim/smgs, cmr, e-cmr), здійснення фінансово-розрахункових і клірингових операцій, страхування вантажних ризиків, а також чіткий розмежувальний розподіл юридичної відповідальності за збереження товарно-матеріальних цінностей на всіх етапах термінальної обробки [4].

Оптимізація та системна інтенсифікація технологічних циклів функціонування вантажно-перероблювальних пунктів (термінальних комплексів, вантажних дворів, хабів) виступає фундаментальним детермінантом підвищення продуктивності та пропускної спроможності транспортно-логістичних систем. Раціоналізація внутрішньотермінальних процесів забезпечує мінімізацію міжопераційних простоїв рухомого складу та гармонізує технологічну взаємодію суміжних видів транспорту.

Удосконалення елементів технологічного циклу пункту переробки вантажів реалізується через залучення таких ключових векторів:

– технологічно-часова оптимізація: скорочення тривалості виконання вантажно-розвантажувальних і складських робіт,

мінімізація затримок у чергах під час очікування обслуговування, ліквідація непродуктивних технологічних перерв та підвищення коефіцієнта використання перероблювальної спроможності обладнання;

– підвищення операційної надійності: зниження рівня стохастичності та чутливості технологічних процесів до зовнішніх збурень, що гарантує високу прогнозованість транспортного циклу та стабільність дотримання термінів доставки;

– відповідність сучасним стандартам якості: забезпечення суворого дотримання вимог Service Level Agreement (SLA), збереження якісних та кількісних характеристик вантажу в процесі перевалки, а також запровадження цифрових інструментів скрізного моніторингу (Track and Trace).

Підвищення рівня технологічної зрілості вантажопереробки створює необхідні умови для повноцінної реалізації концепцій «точно в термін» (Just-in-Time – JIT) та «від дверей до дверей» (Door-to-Door), що забезпечує кінцевому споживачу високу надійність сервісу, мінімізацію сукупних витрат та максимальну цінність у ланцюзі постачання.

Функціонування пунктів переробки вантажів передбачає виконання комплексу контрольно-інспекційних операцій, спрямованих на верифікацію технічного та комерційного стану рухомого складу і вантажних одиниць. Суворе дотримання регламентів інспекційного контролю є визначальним чинником мінімізації ризиків, збереження матеріальних цінностей та підвищення загальної стійкості логістичних ланцюгів постачання.

Багатоаспектність та критичне значення контрольно-інспекційної діяльності в межах термінальних комплексів зумовлюють необхідність реалізації таких ключових науково-прикладних напрямів:

– забезпечення транспортної безпеки та комерційної цілісності: системний контроль вантажних одиниць (контейнерів, контрейлерів, знімних кузовів) та елементів рухомого складу дозволяє своєчасно виявляти комерційні браки, технічні несправності, порушення умов транспортування або випадки несанкціонованого доступу. Це безпосередньо впливає на зниження ймовірності виникнення аварійних ситуацій, запобігання втратам вантажу та дотримання міжнародних стандартів безпеки;

– системний аналіз та оптимізація технологічних процесів: детальна декомпозиція технологічного циклу термінальної обробки дозволяє виявити часові неузгодженості, ідентифікувати «вузькі місця» (bottlenecks) та ліквідувати непродуктивні простої. Оптимізація послідовності й тривалості виконання інспекційних процедур є запорукою підвищення пропускної спроможності вантажно-переробного пункту без залучення значних капітальних інвестицій;

– математичне моделювання та верифікація: зважаючи на стохастичний характер процесів надходження вантажопотоків та варіативність тривалості контрольних операцій, оцінка ефективності функціонування таких систем потребує застосування адекватного математичного апарату (зокрема, теорії масового обслуговування, стохастичного аналізу та імітаційного моделювання). Формалізація параметрів системи з подальшою емпіричною верифікацією побудованих моделей дозволяє кількісно оцінювати ефективність управлінських рішень та прогнозувати поведінку термінала в умовах динамічної зміни навантаження.

Оптимізації технологічних процесів та математичного моделювання створює науково обґрунтовану платформу для прийняття високоефективних рішення щодо організації термінальної обробки вантажів, підвищуючи якість і надійність транспортно-логістичних послуг [5].

Серед ключових бар’єрів на шляху розвитку сфери транспортних послуг виступає недостатній рівень координації та технологічної узгодженості у взаємодії пунктів переробки вантажу та вантажних автомобілів. Оптимізація параметрів цієї взаємодії є необхідною умовою для підвищення якісних показників логістичного сервісу та збільшення обсягів переробки вантажу.

На сучасному етапі стратегічні вектори розвитку транспортних послуг зосереджені на комплексній модернізації логістичних систем. Пріоритетними напрямами трансформації галузі є впровадження інтелектуальних систем автоматизації на базі штучного інтелекту, інтеграція технології блокчейн, реалізація політики всеохопної діджиталізації, а також перехід до хмарних технологій та інноваційних методів оцифрування інформації [6-16].

Автомобільні перевезення сьогодні є опорним елементом логістичного забезпечення України в умовах воєнного стану. Поєднання військових та цивільних цілей у процесах доставки

вантажів дозволяє не лише підтримувати економіку, а й безпосередньо сприяти обороноздатності держави. Таким чином, розвиток ринку транспортних послуг виступає дієвим інструментом у боротьбі за державний суверенітет та соціальну стабільність.

1.2 Практика організації взаємодії вантажних автомобілів і пунктів переробки

У практичних умовах функціонування сучасних пунктів переробки вантажів (термінальних комплексів, вантажних дворів, контрольно-пропускних пунктів) найбільш поширеним є цілодобовий режим роботи, спрямований на максимальне використання виробничо-пропускної спроможності інфраструктури та забезпечення безперервності транспортно-технологічного процесу. Проте безперервний цикл функціонування супроводжується наявністю регламентованих технологічних перерв, обумовлених ротацією виробничого персоналу та зміною чергових бригад.

Процес прийому-передачі зміни є критичною фазою технологічного регламенту, яка супроводжується тимчасовим призупиненням виконання операцій з обслуговування безпосередньо на постах вантажної переробки та контролю. За умов, коли вхідний потік вантажних автомобілів зберігає свій неперервний або стохастичний характер, виникає часовий дисбаланс між надходженням нових вимог і спроможністю системи щодо їх поточного задоволення.

Вимушений функціональний простій постів обслуговування під час ротації персоналу спричиняє низку негативних системних наслідків:

– інтенсифікація накопичення черги: призупинення обслуговування в умовах безперервного прибуття вантажних автомобілів викликає різке зростання довжини черги у накопичувальних зонах або на підходах до пункту переробки;

– перехід у нестаціонарний режим: тимчасовий простій постів виводить пункт переробки вантажу зі стаціонарного стану, дестабілізуючи її параметри та створюючи пікові навантаження безпосередньо після відновлення технологічних операцій;

– деформація параметрів потоку вимог: затримки на вході змінюють часові інтервали між надходженнями вантажних автомобілів безпосередньо до постів, що призводить до нерівномірності завантаження фронтів переробки вантажів.

Урахування факторів ротації персоналу та пов'язаних із ними технологічних перерв є критично важливим під час розробки адекватних математичних та імітаційних моделей термінальних систем. Формалізація таких періодичних простоїв дозволяє підвищити точність оцінки ймовірнісно-статистичних характеристик функціонування пунктів переробки вантажів (середнього часу очікування, довжини черги, коефіцієнта використання обладнання) та обґрунтувати шляхи мінімізації їхнього негативного впливу на загальну ефективність логістичного процесу.

Функціонування пунктів переробки вантажів у структурі сучасних транспортно-логістичних систем невід’ємно пов’язане з виникненням затримок та формуванням черг вантажних автомобілів на підходах до технологічних зон. Стохастична природа процесів прибуття вантажних автомобілів та варіативність тривалості виконання обслуговування обумовлюють високу чутливість функціонального стану системи до коливань інтенсивності вантажних автомобілів, кількості задіяних постів обслуговування, технологічної складності переробки вантажних одиниць і регламентованих дисциплін обслуговування.

Ідентифікація та аналіз пунктів переробки вантажів із позицій теорії масового обслуговування закладають методологічну основу для побудови високоточних математичних й імітаційних моделей. Це дозволяє обґрунтовувати оптимальні параметри термінальних систем, мінімізувати непродуктивні простої вантажного автомобільного транспорту та забезпечувати високу стійкість логістичних ланцюгів постачання.

У науковій літературі значна увага приділяється морському транспорту, оскільки портові пункти переробки вантажу виступають ключовими елементами логістичних систем. Аналіз операційної діяльності портових пунктів переробки вантажу підтверджує практичну спроможність теорії масового обслуговування як інструменту діагностики системних розривів. Згідно з результатами дослідження [17], морські термінали є об’єктами, де стохастичний дисбаланс інтенсивностей прибуття та обслуговування суден і

наземного транспорту призводить до формування нестаціонарних черг. Встановлено, що неефективність часового менеджменту, при якій очікування домінує над часом корисної роботи, ініціює ланцюгову реакцію збільшення вартості доставки та девальвує загальну економічну результативність термінальної інфраструктури.

Аналіз досліджень [18-21] дає змогу виділити домінуючі фактори дестабілізації роботи морських контейнерних пунктів переробки вантажу, серед яких критичними є невідповідність пропускної здатності причалів параметрам вхідного потоку суден, високий коефіцієнт використання потужностей та низька технологічна швидкість переробки вантажопотоків. Наявність цих системних обмежень призводить до формування стійких черг у зоні очікування, що значно збільшує сумарний час перебування суден у межах портової системи.

У дослідженні [18] обґрунтовано тезу про формування черг на підходах до портових потужностей як наслідок дисбалансу між інтенсивністю вхідного потоку та пропускною здатністю пунктів переробки. Непродуктивні простої суден на якірних стоянках виникають через обмеженість техніко-технологічного потенціалу причалів та низьку швидкість виконання вантажних операцій. Виявлений автором «ефект доміно» демонструє транзитний характер затримок, що призводять до глобальних збоїв у функціонуванні інтегрованих ланцюгів постачання. Це підкреслює доцільність розширення меж об’єкта дослідження, оскільки час очікування починає формуватися задовго до початку безпосередніх технологічних процесів обслуговування.

У науковій статті [19] зазначено, що переважна частка часових втрат у контейнерних портах припадає на період перебування транспортних засобів у черзі до моменту початку технологічного обслуговування. Автори використовують математичний апарат теорії масового обслуговування для розрахунку середнього часу очікування. У роботі продемонстровано характер впливу параметрів пропускної здатності (зокрема, кількості перевантажувальних механізмів) на сумарні показники простоїв, що дає змогу оптимізувати роботу термінальних комплексів.

Аналогічні аспекти розглядаються у дослідженні [20], де акцентується увага на тому, що формування надмірних черг зумовлене стохастичним характером вхідного потоку, варіативністю тривалості вантажних операцій та обмеженістю логістичних

ресурсів портового комплексу. Дослідники підкреслюють, що зростання тривалості затримок безпосередньо корелює із підвищенням логістичних витрат та деградацією якості обслуговування.

Дослідження [21] присвячене розв'язанню проблеми тривалих простоїв суден на підходах до акваторії порту. Автори акцентують увагу на недосконалості традиційних підходів до прогнозування моменту прибуття та початку обслуговування, що спричиняє дефіцит точності при плануванні ресурсів та нераціональне використання причального фронту. У межах роботи ідентифіковано детермінанти часу очікування, серед яких: інтенсивність прибуття суден, технічні параметри флоту, стан перевантажувального обладнання, метеорологічні фактори та рівень експлуатаційного завантаження інфраструктури. Запропонована модель на основі алгоритмів машинного навчання та інтелектуального аналізу даних дозволяє підвищити точність прогнозних оцінок на 25–40 % порівняно з детермінованими статистичними методами, що сприяє оптимізації диспетчеризації та підвищенню загальної продуктивності термінальних операцій.

Аналіз мультимодальних портових операцій крізь призму теорії мереж системи масового обслуговування дозволяє врахувати взаємовплив різних видів транспорту на загальну продуктивність пункту переробки вантажу. У релевантних дослідженнях [22] портовий пункт переробки вантажу розглядається як стохастична мережа, де вихідний потік однієї підсистеми (наприклад, морського транспорту) стає вхідним для іншої (залізничного або автомобільного пункту переробки). Ключовим критерієм ефективності тут виступає довгострокова стабільність, що трактується як здатність системи підтримувати стаціонарний режим функціонування без накопичення черг. Таким чином, операційна потужність мережі обмежується її найбільш навантаженою ланкою, що потребує динамічної синхронізації пропускної спроможності всіх обслуговуючих каналів.

Визнання пунктів переробки вантажу системами масового обслуговування є лише початковим етапом дослідження, оскільки в реальних логістичних ланцюгах маємо справу з нерівноцінними за важливістю потоками. Науковий інтерес сьогодні зосереджений на подоланні обмежень стандартної дисципліни First-In-First-Out (рис. 5) шляхом впровадження адаптивних механізмів пріоритетності.

Такий підхід дозволяє врахувати специфіку вантажів (наприклад, фармацевтичної продукції або гуманітарних вантажів) та вимоги контрагентів, перетворюючи управління чергою на процес цілеспрямованого розподілу ресурсів пункту переробки вантажу [23-25].

Дослідження [26] підтверджує, що ефективність функціонування системи масового обслуговування значною мірою залежить від обраного алгоритму вибору заявок із черги. У контексті транспортно-логістичної інфраструктури, де потоки автомобілів диференціюються за важливістю та терміновістю, використання пріоритетних дисциплін дозволяє гнучко адаптувати роботу пункту переробки до поточного навантаження. Як зазначає автор, ігнорування стохастичної природи черг та відмова від механізмів пріоритетності ініціюють перехід системи у режим перевантаження. Це супроводжується різким зниженням якості обслуговування та накопиченням неконтрольованих черг, що особливо критично для об'єктів із обмеженими ресурсами накопичення.

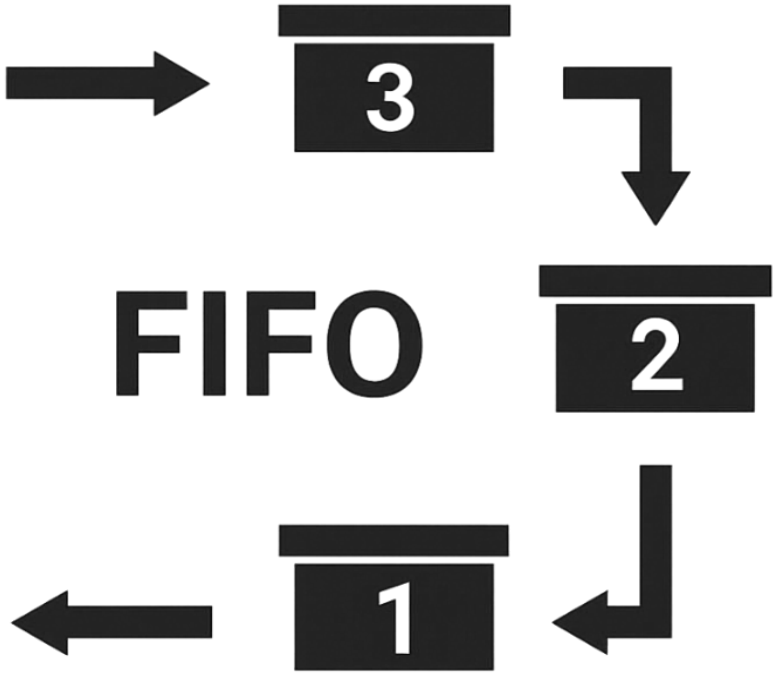


Рис. 5. Ілюстрація дисципліни обслуговування First-In-First-Out

Диференціація пріоритетів є об’єктивною необхідністю для пунктів переробки вантажу, які оперують потоками з різним ступенем чутливості до часових витрат. Спираючись на положення монографії [27], слід констатувати, що оптимізація сполучення

транспортних і термінальних процесів базується на глибокому аналізі повного циклу перебування автомобіля в пункті переробки вантажу. Застосування ієрархічних моделей вибору заявок дозволяє нівелювати негативний вплив черг на найбільш вразливі сегменти вантажопотоку, забезпечуючи безперебійність поставок у складних логістичних системах та мінімізуючи сукупні економічні втрати.

У дослідженні [28] підкреслюється, що морський транспорт характеризується високою варіативністю інтервалів прибуття. На відміну від детермінованих графіків, фактичне надходження заявок (суден) залежить від комплексу стохастичних факторів: метеорологічних умов, навігаційних ризиків та динаміки судноплавства. Це призводить до виникнення ситуацій, коли за високої технічної потужності пункту переробки вантажу формуються значні черги. У періоди пікових навантажень середній час очікування в черзі може кратно перевищувати тривалість безпосередньої вантажопереробки, що детермінує критичне зниження коефіцієнта корисної дії всієї системи.

Дослідження залізничної складової мультимодальних пунктів переробки, представлене у [28], вказує на фундаментальну відмінність у структурі вхідних потоків порівняно з вантажними автомобілями. На відміну від випадкового характеру прибуття автомобілів, залізничні термінали оперують більш впорядкованими потоками, детермінованими графіками руху поїздів. Проте ключовою складністю тут виступає пакетний (груповий) характер надходження заявок, що генерує інтенсивні короткострокові піки навантаження. Для адекватного опису таких процесів автори пропонують використовувати транзитні моделі черг, які дозволяють відстежувати динаміку довжини черги у дискретні часові інтервали, що є критично важливим для запобігання заторів на в’їзних воротах.

Автомобільний транспорт виявляє найвищу еластичність щодо управлінських рішень у пунктах переробки вантажів. У роботі [29] аргументовано, що критичними точками накопичення черг є в’їзні групи та зони очікування. Авторами виявлено закономірність: незбалансоване надання пріоритету внутрішнім логістичним циклам або залізничним відправленням ініціює різке зростання часу очікування зовнішніх вантажних автомобілів. Це підкреслює необхідність розробки інтелектуальних механізмів балансування потоків, які б дозволяли уникати «дискримінації» окремих категорій

заявок при збереженні загальної пропускної здатності пункту переробки.

Динаміка формування черг у пунктах переробки вантажу детермінується не лише стохастичною інтенсивністю вхідних потоків, а й складними механізмами інтерфейсної взаємодії різних видів транспорту. Це створює ефект емерджентності, коли затримки в одній підсистемі (наприклад, залізничній) ініціюють лавиноподібне зростання черг в іншій (автомобільній). Така взаємозалежність суттєво ускладнює параметричне управління системою, вимагаючи відмови від ізольованої оптимізації окремих постів на користь цілісної моделі координації транспортно-термінальних процесів.

У дослідженні [30] ґрунтовно проаналізовано детермінанти виникнення затримок у мультимодальних пунктах переробки вантажу. Автори акцентують увагу на критичній проблемі конкуренції за обмежені спільні ресурси – зокрема, складські крани, що одночасно обслуговують автомобільний та залізничний транспорт. Така операційна інтеграція створює внутрішньосистемні конфлікти, де стохастичність прибуття вантажівок накладається на пакетний характер залізничних поставок, ініціюючи нелінійне зростання часу очікування та зниження продуктивності підйомно-транспортного устаткування.

Обґрунтування та практична реалізація механізмів вибору вантажних автомобілів із потоку в мультимодальних транспортно-технологічних системах вимагають відходу від класичних однофакторних дисциплін обслуговування за принципом «першим прийшов – першим обслужений». Сучасний науково обґрунтований підхід спирається на багатокритеріальну оцінку, де фундаментальним детермінантом виступає не хронологічний час надходження вантажного автомобілю до системи, а критичний рівень чутливості вантажу чи конкретного вантажного автомобілю до простою в очікуванні обробки.

Ця багатокритеріальна оцінка передбачає системне врахування цілої низки взаємопов'язаних параметрів, включаючи економічну вразливість до затримок через штрафні санкції та фізико-хімічні характеристики й терміни придатності вантажу.

Застосування динамічних дисциплін обслуговування з урахуванням пріоритетності доводить свою системну ефективність, оскільки цільовою функцією оптимізації стає не мінімізація

середнього часу перебування вантажного автомобіля в системі, а мінімізація сукупних зважених втрат усіх учасників мультимодального процесу. Першочергове обслуговування тих вантажних автомобілів, для яких затримка тягне за собою найбільш руйнівні технологічні й фінансові наслідки, забезпечує високу загальну стійкість та емерджентну ефективність транспортної системи.

Методологія планування взаємодії, наведена у дослідженні [31], доводить ефективність інтеграції інформаційних потоків між перевізником і пунктом переробки вантажу для стабілізації системи масового обслуговування. Фактичним механізмом реалізації такої взаємодії виступає система слотування, яка трансформує стихійну чергу у впорядкований розклад. Пріоритетність у такій системі набуває форми підтвердженого часового слота: право на першочергове обслуговування отримують вантажні автомобілі, прибуття яких узгоджене з наявністю вільних ресурсів пункту переробки, що дозволяє мінімізувати конфлікти за обладнання та уникнути пікових перевантажень в'їзних груп. Трансформація принципів вибору заявок на обслуговування в сучасних пунктах переробки вантажу ґрунтується на трикомпонентній структурі пріоритетів:

– дисциплінарний критерій: пріоритетність надається вантажним автомобілям, що прибули у визначене вікно, що стимулює перевізників до дотримання графіків;

– операційний критерій: врахування поточної черги та прогнозованого часу обслуговування для запобігання критичному перевантаженню воріт ;

– економіко-партнерський критерій: узгодження цільових функцій термінала та транспортних компаній (мінімізація часу очікування), що забезпечує сталість логістичного ланцюга.

Системний аналіз практичної діяльності пунктів переробки вантажу свідчить про стійку тенденцію до формування черг вантажних автотранспортних засобів у пунктах переробки вантажів, що виступає одним із найбільш гострих деструктивних параметрів у сучасних ланцюгах постачання. Систематичне виникнення вузьких місць і порушення запланованих графіків виконання технологічних, контрольно-інспекційних та вантажно-розвантажувальних операцій призводять до вимушеного наднормативного очікування вантажних автомобілів на підходах до пунктів переробки. Така часова

десинхронізація руйнує ритмічність транспортних процесів і суттєво знижує продуктивність використання вантажних автомобілів.

Подібне неефективне використання часового ресурсу генерує додаткові логістичних витрат, які матеріалізуються як у формі прямих фінансових збитків, так і у вигляді прихованих або латентних втрат. Прямі збитки безпосередньо пов'язані з перевитратою пального під час тривалої роботи двигунів у режимі холостого ходу, зростанням виплат за понаднормовий простій, а також виплатою штрафних санкцій за порушення суворих часових вікон доставки вантажу. Водночас приховані втрати виявляються у зниженні коефіцієнта оборотності вантажних автомобілів, іммобілізації матеріальних ресурсів, порушенні виробничих ритмів суміжних ланок ланцюга постачання та втраті лояльності споживачів через зниження загальної надійності сервісу.

1.3 Аналіз теоретичних аспектів організації взаємодії вантажних автомобілів і пунктів переробки

Ефективне функціонування та стратегічна стійкість сучасних ланцюгів постачання значною мірою визначаються рівнем застосування детермінованих інструментів оперативного й календарного управління. Формування чітко структурованих графіків і розкладів руху товарно-матеріальних потоків, що спирається на глибоку аналітичну обробку вантажних автомобілів, а також на всебічний моніторинг просторово-часової динаміки вантажопотоків, виступає фундаментальною основою мінімізації стохастичності в логістичних системах. Такий методологічний підхід дозволяє трансформувати стихійні чи спалахові запити ринку у прогнозовані, контрольовані та технологічно регламентовані послідовності транспортування й вантажопереробки.

Застосування чіткої календарної прив'язки логістичних процесів створює необхідні науково-технологічні передумови для наскрізної синхронізації діяльності всіх суб'єктів ланцюга постачання: вантажовідправників, транспортних перевізників та кінцевих вантажоотримувачів. Гармонізація їхніх операційних циклів дає змогу суттєво нівелювати часові й технологічні розриви на стиках, скорочувати тривалість непродуктивного очікування та

мінімізувати потребу в створенні надлишкових страхових товарних запасів.

У кінцевому підсумку детермінація параметрів вантажопотоків та їхня системна узгодженість за строками й обсягами закладають міцний базис для стабілізації функціонального стану пунктів переробки вантажу. Це запобігає виникненню критичних пікових навантажень на пункти переробки, забезпечує високу ритмічність виконання обслуговування та контрольних процедур, а також оптимізує коефіцієнт використання пропускної спроможності постів обслуговування, підвищуючи загальний рівень надійності всієї логістичної мережі.

Розклади й графіки повинні забезпечувати наступне [32]:

– задоволення потреб найбільшої кількості замовників перевезень;

– максимальне використання вантажопідйомності транспортних засобів за встановленими нормами;

– мінімізацію витрат часу на перевезення;

– регулярність перевезень;

– ефективність використання транспортних засобів і навантажувально-розвантажувальних механізмів;

– взаємозв'язок з розкладами й графіками інших видів транспортних засобів;

– мінімізацію порожніх пробігів транспортних засобів.

Розрізняють такі види розкладів:

– зведений розклад у табличній формі;

– станційний розклад за контрольним пунктом;

– робочі маршрутні розклади.

Рівень узгодженості термінальних операцій із графіками руху вантажних автомобілів безпосередньо детермінує ефективність логістичної системи. Згідно з положеннями [32] фундаментальною умовою синхронізації є забезпечення еквівалентності ритму роботи термінала та інтенсивності прибуття автомобілів. Під ритмом роботи слід розуміти часовий інтервал між послідовними відправленнями завантажених одиниць рухомого складу, що визначає пропускну здатність вузла. Якість планування в такому контексті оцінюється через показник регулярності руху – здатності системи забезпечувати прибуття та обслуговування вантажних автомобілів у межах встановлених часових допусків, що мінімізує непродуктивні простої та пов'язані з ними фінансові втрати.

Під технологією обслуговування автомобілів у пункті переробки вантажу слід розуміти динамічну систему послідовних логістичних операцій, тривалість та черговість яких обумовлені технічними характеристиками постів обслуговування, категорією пріоритетності вантажу та прийнятою стратегією управління чергами.

Графічне представлення синхронізованої взаємодії вантажних автомобілів і пункту переробки вантажу (рис. 6) [33] демонструє потенціал мінімізації непродуктивних часових розривів у логістичному ланцюзі. Впровадження такого регламенту дозволяє нівелювати інерційність процесів обслуговування, що має пряму кореляцію з економічною ефективністю. Оскільки кожна одиниця часу простою рухомого складу та перевантажувального устаткування трансформується у прямі фінансові втрати, графік взаємодії вантажних автомобілів і пунктів переробки виступає інструментом операційного контролю витрат та оптимізації собівартості логістичних операцій.

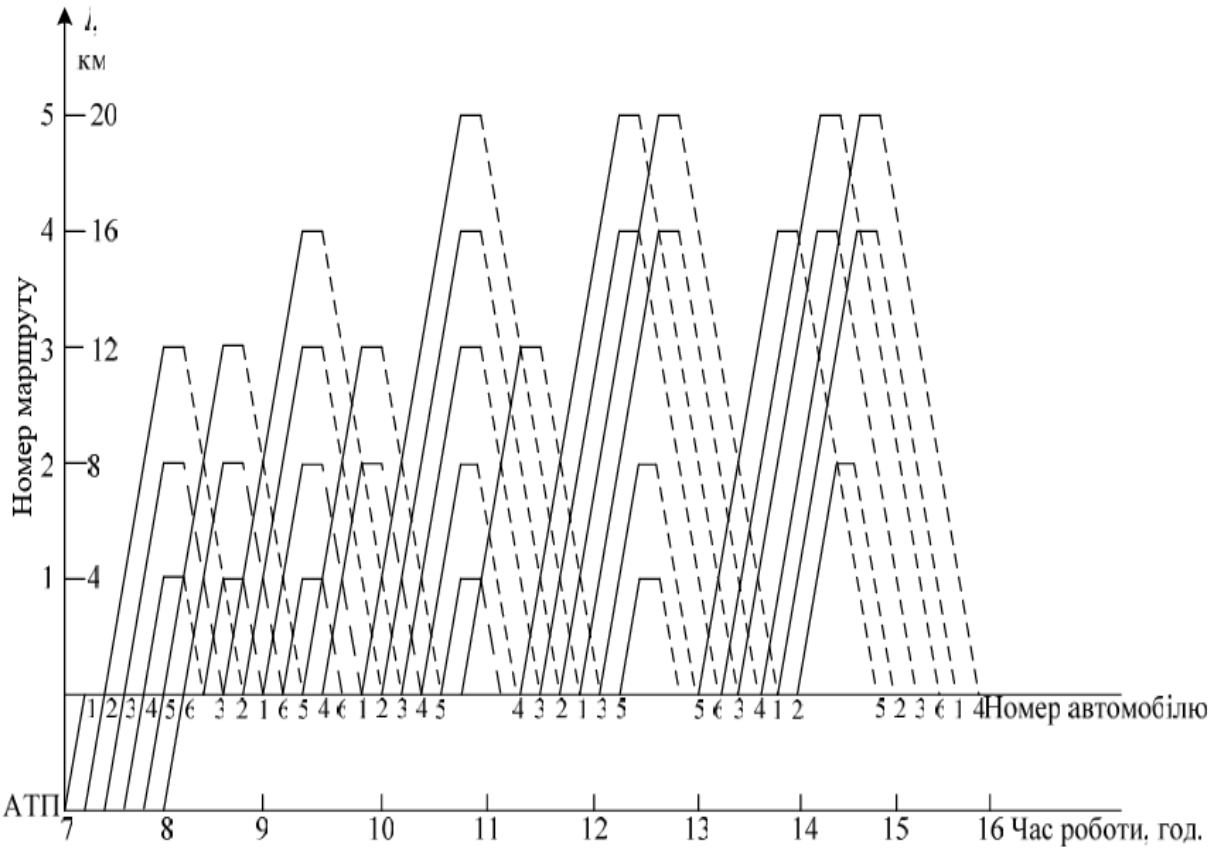


Рис. 6. Приклад графіку взаємодії вантажних автомобілів і пункту переробки [33]

Аналіз сучасних наукових публікацій [34-36] свідчить про домінування досліджень, присвячених оптимізації процесів вантажопереробки у терміналах водного транспорту. Така пріоритетність обумовлена критичним впливом тривалих простоїв морських суден на загальну рентабельність транспортних циклів. Непродуктивне очікування обслуговування у портах призводить до різкого зростання логістичних витрат, що зумовлено як прямими збитками від простою дороговартісного рухомого складу, так і нарахуванням значних штрафних санкцій (демереджу), що суттєво знижує конкурентоспроможність ланцюгів постачання.

У межах дослідження взаємодії вантажних автомобілів і пунктів переробки вантажу виникає необхідність чіткого розмежування понять дисципліни черги та дисципліни обслуговування вантажних автомобілів у пункті переробки: дисципліна черги – логічне правило вибору вантажного автомобілю з множини тих, що очікують, у момент звільнення обслуговуючого посту, а дисципліна обслуговування – встановлений порядок взаємодії між потоком вантажних автомобілів і постами обслуговування, що включає не лише черговість вибору з черги, а й правила поведінки постів (наприклад, чи може пост бути перерваний, чи працюють усі пости однаково, чи є обмеження на час роботи).

Керування чергою є інструментально-операційним рівнем реалізації обраної стратегії. Це процес безпосереднього впливу на стан системи масового обслуговування в режимі реального часу. Керування реалізується через:

– застосування конкретних алгоритмів вибору автомобілів із накопичувача (дисципліни черги);

– технічний розподіл вантажних автомобілів за вільними постами;

– використання засобів автоматизації та диспетчеризації вхідного потоку.

Функціонування пунктів переробки вантажу в умовах стохастичного прибуття транспортних засобів обумовлює виникнення складних системних утворень черг. Для цілей даного дослідження структуру черги слід розглядати не лише як фізичне накопичення автомобілів, а як багаторівневу динамічну систему, що складається з наступних взаємопов'язаних елементів (рис. 7):

– джерело та вхідний потік: характеризуються інтенсивністю прибуття вимог. У контексті вантажних перевезень вхідний потік є нестаціонарним та володіє високим ступенем невизначеності часових інтервалів між прибуттями;

– накопичувач (буфер): визначає фізичну та логічну ємність системи. Структура накопичувача може бути обмеженою (через лімітовану площу пункту) або необмеженою, що безпосередньо впливає на ймовірність відмови в обслуговуванні або виходу автомобіля із системи;

– дисципліна черги: ключовий структурний елемент, що визначає алгоритм переходу вимоги зі стану очікування до стану обслуговування. У межах монографії розглядається перехід від класичної однорідної структури до багатокласової структури з пріоритетами, де черга сегментується за категоріями вантажу;

– дисципліна обслуговування: представлена певною кількістю каналів (постів) з відповідною інтенсивністю обслуговування. Структура може бути паралельною (декілька постів) або послідовною (багатоетапна обробка).

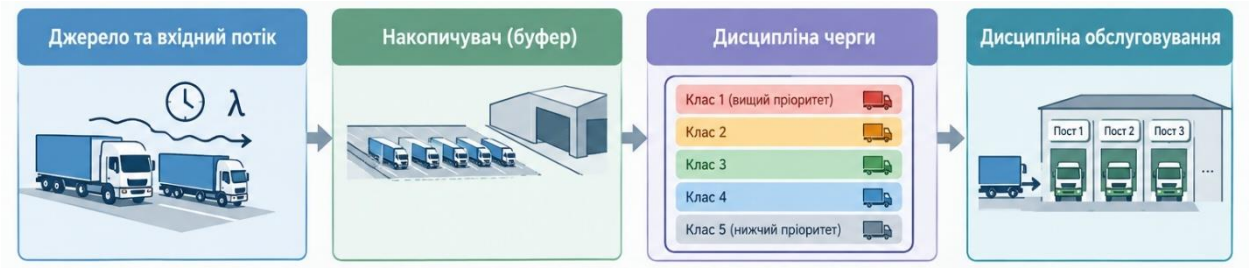


Рис. 7. Структурні елементи системи черги в пункті переробки вантажу
*згенеровано за допомогою ШІ

Особливістю досліджуваної структури черги є її адаптивність. Це означає, що параметри черги (інтенсивність прибуття, довжина черги та час очікування) не є постійними величинами, а перебувають у прямій залежності від обраної стратегії керування чергою. Таким чином, структура черги в пункті переробки вантажу детермінується як сукупність вхідного потоку, накопичувача з варіативною дисципліною вибору та каналів обслуговування, що функціонують у єдиному технологічному циклі. Розуміння структури черги як багатокомпонентної системи дозволяє перейти від простого статистичного спостереження до активного керування часовими

параметрами перебування автомобілів у системі, що є основою для подальшої розробки імітаційних моделей.

У дослідженні [34] представлено концептуальний підхід до формування переліку логістичних послуг у межах комплексного термінального обслуговування. Авторами розроблено систему коефіцієнтів для оцінювання ефективності та повноти сервісу. Шляхом ранжування встановлено, що ключовим фактором лояльності клієнтів є технологічна синергія – можливість паралельного виконання декількох операцій (зокрема, поєднання фізичного розвантаження з документальним супроводом). Економічні параметри (прямі витрати на послуги) ідентифіковані як менш значущі порівняно з часовими показниками. Проте вузька географічна та об’єктна прив’язка дослідження (конкретний термінал у Польщі) та використання суб’єктивних методів (анкетування) обмежує екстраполяцію цих висновків на ширші транспортно-логістичні системи.

Результати аналізу глобальних тенденцій функціонування ринку транспортних послуг [37] підтверджують домінування процесів масштабної інтеграції інтелектуальних транспортних систем і реалізацію комплексних стратегій цифрової трансформації галузі. Проте, з погляду системного аналізу, ці інструменти виступають лише надбудовою над базовими технологічними процесами. Доведено, що цифровізація та використання штучного інтелекту забезпечують максимальний синергетичний ефект лише за умови попередньої оптимізації фізичних алгоритмів переробки вантажів. Відтак, удосконалення технологічного базису взаємодії вантажних автомобілів і пунктів переробки вантажу є першочерговою задачею, без розв'язання якої впровадження хмарних технологій чи блокчейну не принесе очікуваного зростання ефективності.

Однією з ключових перешкод на шляху раціоналізації транспортного сервісу залишається низький рівень узгодженості взаємодії пунктів переробки вантажу та вантажних автомобілів. У дослідженні [38] вирішення цієї проблеми пропонується через апарат багатоцільової оптимізації, що дозволяє одночасно підвищити продуктивність обох суб'єктів взаємодії. Ключовими параметрами моделі визначено час термінальної обробки, вантажність автомобілів, а також техніко-технологічні характеристики пунктів переробки. Апробація моделі на реальному

об'єкті підтвердила, що використання інтегрального критерію часу доставки забезпечує адекватне оцінювання ефективності логістичних операцій.

Особливої наукової уваги заслуговують підходи, в яких процеси термінального обслуговування формалізуються із застосуванням методів нечіткої логіки [39] та нейтрософських множин [40], що дозволяє врахувати високий ступінь стохастичної невизначеності. Поєднання теорії масового обслуговування з теорією розкладів забезпечує побудову найбільш реалістичних моделей функціонування пунктів переробки. Для аналізу стаціонарних характеристик черг традиційно застосовується закон Літтла [41]. Зокрема, у роботі [42] на прикладі крос-докінгових операцій реалізовано алгоритм мінімізації загального часу процесу через оптимізацію послідовності обслуговування вантажних автомобілів, де для розв'язання складної комбінаторної задачі використано метод лагранжевої релаксації.

Аналіз підходів, представлених у роботі [43], дозволяє стверджувати, що мінімізація часових втрат рухомого складу в пунктах переробки вантажу досягається через синергію двох факторів: раціональної організації технологічного циклу та інтенсифікації навантажувально-розвантажувальних робіт. Підвищення рівня механізації безпосередньо впливає на інтенсивність обслуговування, проте сучасні вимоги до точності планування вимагають відмови від детермінованих розрахунків. Відтак, формалізація часових параметрів доставки повинна базуватися на стохастичних моделях, які дозволяють адекватно врахувати ймовірнісну природу транспортного процесу та варіативність тривалості логістичних операцій.

Сучасний вектор наукових досліджень спрямований на синхронізацію вхідних та вихідних логістичних потоків. Зокрема, у роботі [44] досліджується оптимізація функціонування пунктів переробки типу крос-докінг (cross-docking) через розробку раціональних графіків руху вантажних автомобілів. Авторами запропоновано стохастичну методику визначення тривалості вантажних операцій, що детермінується типом вантажу, його обсягом та кількістю одиниць рухомого складу. Ключовою науковою новизною підходу є застосування алгоритму для пошуку глобального екстремуму багатофакторної функції, де керуючими

змінними виступають послідовність подачі та виведення автомобілів до постів обслуговування.

Критичний аналіз літературних джерел з зазначеної тематики засвідчує, що в дослідженні [45] методологічний апарат визначення тривалості вантажно-розвантажувальних операцій залишається нерозкритим. Замість обґрунтованих математичних моделей автори часто оперують емпіричними нормами часу на обробку тони вантажу або недиференційованими усередненими значеннями. Більше того, при побудові імітаційних моделей ланцюгів постачань набула поширення практика застосування жорстких часових «вікон» (тайм-слотів), які виконують роль граничних констант у системі обмежень [46]. Такий детермінований підхід суттєво звужує адекватність моделювання, оскільки повністю ігнорує стохастичну природу та варіативність логістичних процесів.

Альтернативний вектор наукових досліджень [47, 48] фокусується на клієнтоорієнтованому підході, де час перебування вантажних автомобілів у пунктах переробки вантажу розглядається через призму інтегральної якості логістичного сервісу. У межах цієї парадигми автори застосовують експертно-аналітичні методи, зокрема SWOT-аналіз функціонування пунктів переробки, на основі якого формуються організаційно-управлінські рекомендації щодо інтенсифікації вантажних операцій та скорочення тривалості простою вантажних автомобілів.

У контексті сучасних мультимодальних транспортних комплексів вагомий внесок у дослідження стохастичних процесів у пунктах переробки вантажу зроблено в роботі [49], де на основі апарату лінійних марковських процесів розроблено модель оцінки ризиків перевищення договірного часу обробки суден. Автор врахував нерегулярність залізничних поставок до пункту переробки, моделюючи інтервали прибуття вагонів як випадкові величини з показниковим законом розподілу. Попри ґрунтовний аналіз впливу варіативності обсягів вантажних партій на тривалість стоянки, у зазначеному дослідженні не було розглянуто механізм диференційованого обслуговування. Відсутність у моделі стратегій пріоритетного сервісу істотно обмежує її застосування в умовах, де порядок обробки транспортних засобів є критичним чинником оптимізації.

Дослідження часових параметрів функціонування транспортних систем у роботах з ергономіки [50] підтверджує

значну питому вагу непродуктивних витрат у загальному бюджеті робочого часу водіїв. Згідно з емпіричними даними, безпосередньо процес керування вантажних автомобілів охоплює лише близько 40 % робочої зміни, тоді як решта часу розподіляється між операціями переробки вантажу (26 %), очікуванням в черзі (12 %) та виконанням супутніх завдань (22 %) (рис.8).

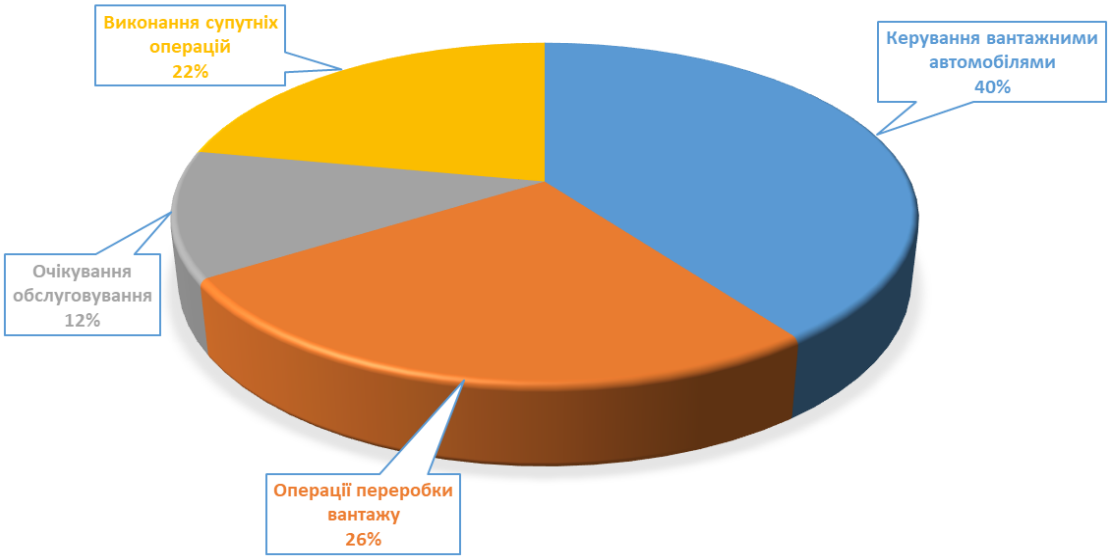


Рис. 8. Діаграма розподілу робочого часу водіїв протягом зміни

Така структура свідчить про те, що пункти переробки вантажу є основними центрами виникнення часових затримок, причому співвідношення між продуктивним та непродуктивним часом є динамічним і детермінується видом транспортного сполучення та рівнем організації термінальних процесів.

У дослідженні [51] встановлено кореляцію між низькою інтенсивністю обробки вантажопотоків і зростанням непродуктивних простоїв вантажних автомобілів. Автори наголошують, що некеровані черги в пунктах переробки вантажів детермінують підвищення рівня втомлюваності водіїв та нераціональне подовження їхньої робочої зміни. Це, у свою чергу, призводить до деградації системи мотивації через фінансові втрати водіїв за неоплачуваний час очікування. Проте оскільки висновки базуються переважно на результатах анкетування та мають описовий характер, вони не дозволяють провести математичне оцінювання впливу окремих факторів на загальну ефективність логістичної системи.

Високий ступінь стохастичності та часової варіативності процесів прибуття вантажних автомобілів до пунктів переробки вантажів формує виражений імовірнісний характер їхнього функціонування, що суттєво ускладнює моделювання та наукове обґрунтування взаємодії. Невизначеність часових інтервалів між надходженнями вантажних автомобілів, варіативністю дорожніх умов та відхиленнями від графіків руху, унеможливлює використання детермінованих підходів. Це призводить до виникнення періодичних дисбалансів, коли інтенсивність вхідного потоку вимог тимчасово перевищує наявну переробну спроможність пунктів переробки вантажів.

Ситуація ускладнюється відсутністю уніфікованих та емпірично верифікованих методичних підходів до визначення й прогнозування сукупного часу перебування вантажних автомобілів у системі, який охоплює тривалість очікування в черзі, виконання контрольно-інспекційних процедур і безпосередньо обслуговування. Відсутність надійного математичного інструменту для розрахунку цієї часової метрики позбавляє можливості здійснювати якісне оперативне планування та раціонально розподіляти суміжні ресурси логістичного ланцюга постачання.

Дефіцит точних прогностичних моделей призводить до неефективного використання інфраструктурного потенціалу пунктів переробки та зниження оборотності вантажних автомобілів. Така часова дезорганізація формує негативний ефект, що поширюється на всі суміжні ланки постачання, збільшуючи сукупні логістичні витрати та знижуючи рівень надійності транспортно-розподільчих систем.

На основі проведеного аналізу встановлено, що автомобільний транспорт у сучасних умовах є домінуючою складовою транспортно-логістичних систем, а його роль суттєво зростає в умовах нестабільності та воєнного стану, що обумовлює підвищені вимоги до ефективності його взаємодії з пунктами переробки вантажу. Так, однією з основних причин зниження ефективності транспортно-логістичних процесів є дисбаланс між інтенсивністю прибуття вантажних автомобілів і техніко-технологічними можливостями пунктів переробки, що призводить до формування стійких черг і зростання непродуктивних простоїв.

Встановлено, що значна частка часу перебування вантажних автомобілів у пунктах переробки припадає саме на очікування

обслуговування, що спричиняє зниження продуктивності рухомого складу, збільшення тривалості транспортного циклу та зростання сукупних логістичних витрат.

Виявлено, що функціонування пунктів переробки вантажу характеризується стохастичним характером вхідних потоків і процесів обслуговування, що дозволяє представити їх як системи масового обслуговування, ключовими параметрами яких є інтенсивність потоків, довжина черги, час очікування та пропускна здатність обслуговуючих каналів.

Узагальнення наукових підходів дозволяє встановити, що існуючі методи організації транспортних і термінальних процесів переважно базуються на детермінованих моделях або ізольованому розгляді підсистем, що не дозволяє адекватно врахувати стохастичну природу процесів та їх взаємозалежність.

Практика функціонування пунктів переробки вантажів свідчить, що ефективність функціонування пунктів переробки вантажу значною мірою залежить від обраної дисципліни обслуговування та механізмів керування чергами, при цьому використання адаптивних і пріоритетних стратегій дозволяє знизити рівень перевантаження системи та підвищити її пропускну здатність.

Ключовим інтегральним показником ефективності взаємодії вантажних автомобілів і пунктів переробки є час перебування автомобіля у системі, який визначається сумою часу очікування та часу обслуговування і безпосередньо впливає на рівень логістичних витрат. Відсутність формалізованих підходів до оцінювання та прогнозування часу перебування вантажних автомобілів у пунктах переробки в умовах стохастичної невизначеності обмежує можливості ефективного управління транспортно-логістичними процесами.

Таким чином, обґрунтовано необхідність розробки комплексного методичного підходу до синхронізації роботи вантажних автомобілів і пунктів переробки вантажу на основі формалізації часових параметрів та врахування стохастичної природи процесів, що визначає подальший напрям досліджень.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ У ПУНКТАХ ПЕРЕРОБКИ

Актуальною проблемою раціоналізації транспортного обслуговування є відсутність узгодженості у взаємодії пунктів переробки вантажів та вантажних автомобілів. Оптимізація даного процесу дозволить підвищити ефективність функціонування як вантажних автомобілів, так і пунктів переробки. Розробка методології прогнозування часових параметрів перебування вантажних автомобілів у пунктах переробки, яка враховує стохастичний характер вхідного потоку та характеристики вантажно-розвантажувальних робіт, створить ефективний інструментарій для оперативного планування та стратегічної оптимізації транспортних процесів.

Час перебування вантажних автомобілів у пунктах переробки вантажів є випадковою величиною, розподіл якої може бути апроксимований певним теоретичним законом розподілу ймовірностей. Конкретна форма цього закону визначається особливостями функціонування пункту переробки, структурою та параметрами вхідного транспортного потоку, а також результатами статистичного аналізу реальних даних спостережень.

2.1 Опис поведінки черги автомобілів в очікуванні обслуговування у пунктах переробки

Сучасні пункти переробки вантажів, як правило, включають кілька постів обслуговування. Їхнє функціонування може бути описане положеннями теорії масового обслуговування.

Системою масового обслуговування називається будь-яка система для виконання заявок, що надходять до неї у випадкові моменти часу [52, 53].

Надходження заявки до системи масового обслуговування називається подією. Послідовність подій, що полягають у надходженні заявок до системи масового обслуговування, називається вхідним потоком заявок [54, 55].

Вантажі, що обробляються в цих пунктах, характеризуються значною різноманітністю та відрізняються за вартістю. Автомобілі,

які прибувають для виконання вантажно-розвантажувальних операцій, обслуговуються переважно в різний час доби (рис. 9).

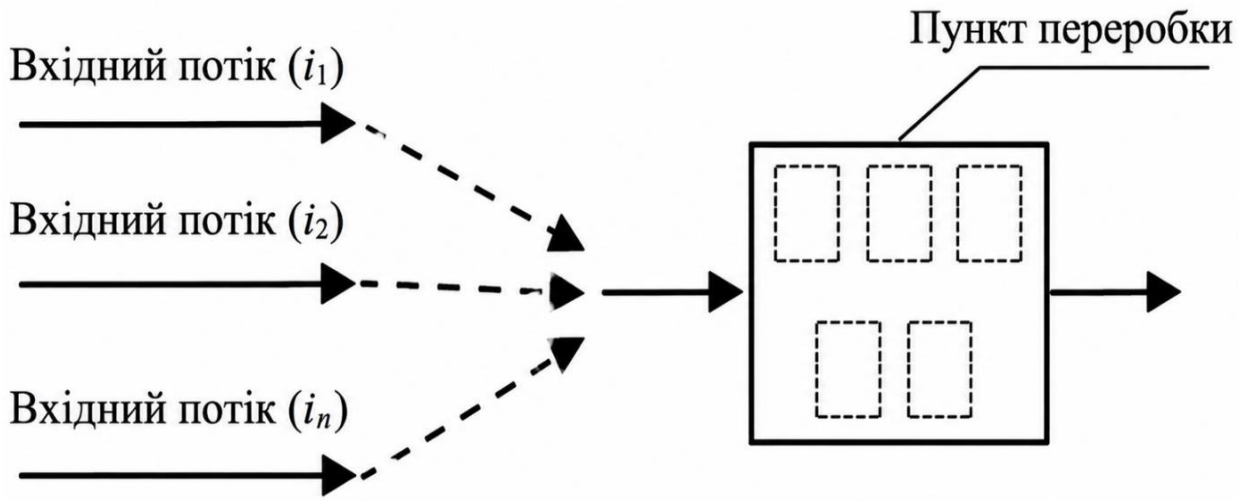


Рис. 9. Структурна схема багатоканальної системи масового обслуговування з кількома вхідними потоками

Прибуття вантажних автомобілів до пункту переробки вантажів є класичним випадковим процесом – стаціонарним пуассонівським потоком [56, 57].

Це дискретний розподіл ймовірностей, який описує кількість випадкових подій, що трапляються за фіксований проміжок часу чи на певній ділянці простору, коли ці події відбуваються незалежно одна від одної з постійною середньою інтенсивністю.

Закон Пуассона – однопараметричний дискретний розподіл. Його єдиний параметр – інтенсивність (або середня кількість подій за одиницю часу/простору/спостереження), тобто очікувана (середня) кількість настання незалежних випадкових подій у фіксованому інтервалі [58, 59]. Графічний розподіл за законом Пуассона наведено на рис. 10.

Це означає, що вантажні автомобілі прибувають незалежно один від одного з постійною середньою інтенсивністю, яка не змінюється протягом усього періоду спостереження. Моменти прибуття вантажних автомобілів (t) розподілені абсолютно випадково, без будь-яких регулярних інтервалів, періодичності чи помітних закономірностей. Ймовірність того, що новий автомобіль прибуде в будь-який конкретний інтервал часу, залежить виключно від значення інтенсивності й абсолютно не залежить від того, скільки часу минуло з моменту попереднього прибуття – така властивість називається «відсутністю пам’яті» процесу (рис. 11).

Саме ця випадковість робить пуассонівський потік однією з найпоширеніших і водночас найскладніших моделей для аналізу роботи пунктів переробки вантажів.

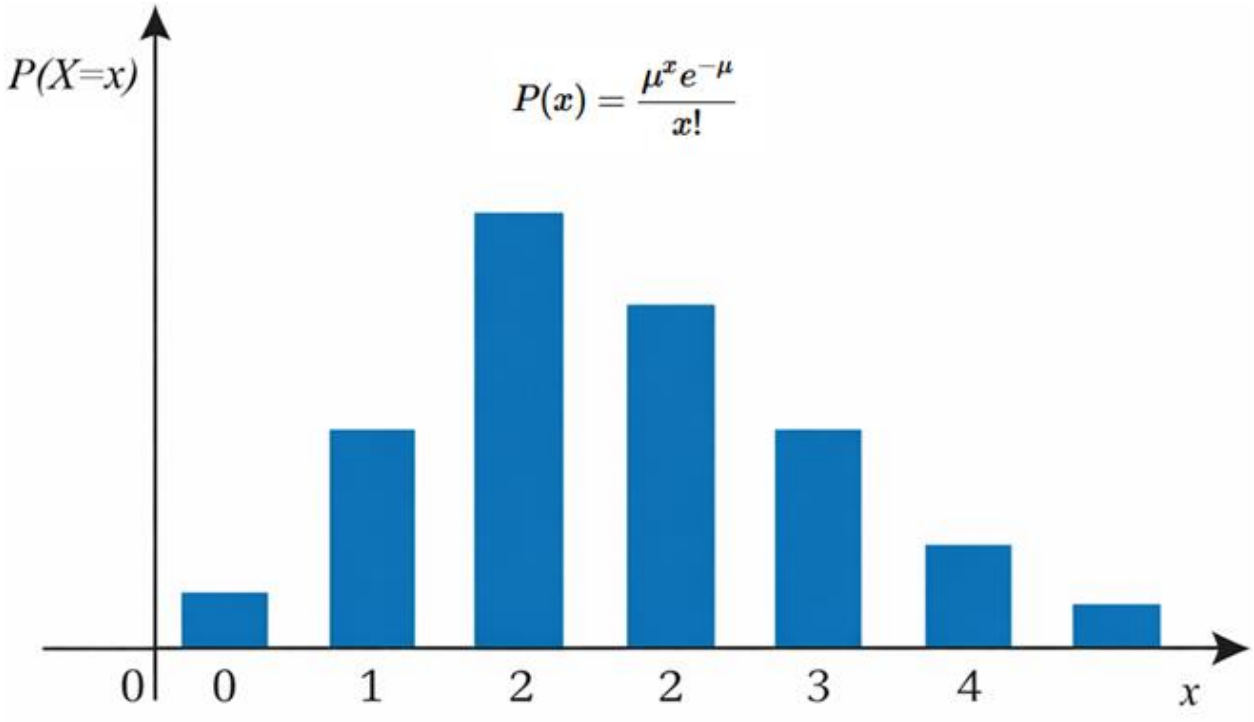


Рис. 10. Графічне зображення розподілу
випадкової величини за законом Пуассона

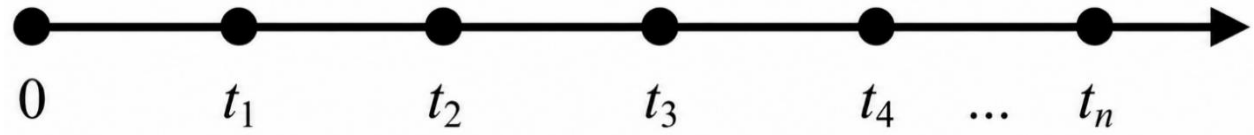


Рис. 11. Візуалізація прибуття вантажних автомобілів до пункту
переробки вантажів, що відповідає стаціонарному потоку

У реальних умовах пункти переробки нерідко стикаються з одночасним прибуттям кількох автомобілів. Це зумовлює необхідність запровадження певної дисципліни черги. Обслуговування може здійснюватися за порядком прибуття (правило «перший прийшов – перший обслуговується») або відповідно до встановлених пріоритетів.

Сучасна теорія черг та масового обслуговування розрізняє низку дисципліни обслуговування (моделей пріоритетності). Найбільш розповсюдженими є такі:

– FIFO – дисципліна обслуговування в порядку надходження заявок; класичний і найчастіше застосовуваний підхід за відсутності диференційованих пріоритетів [60-64] (рис. 12);

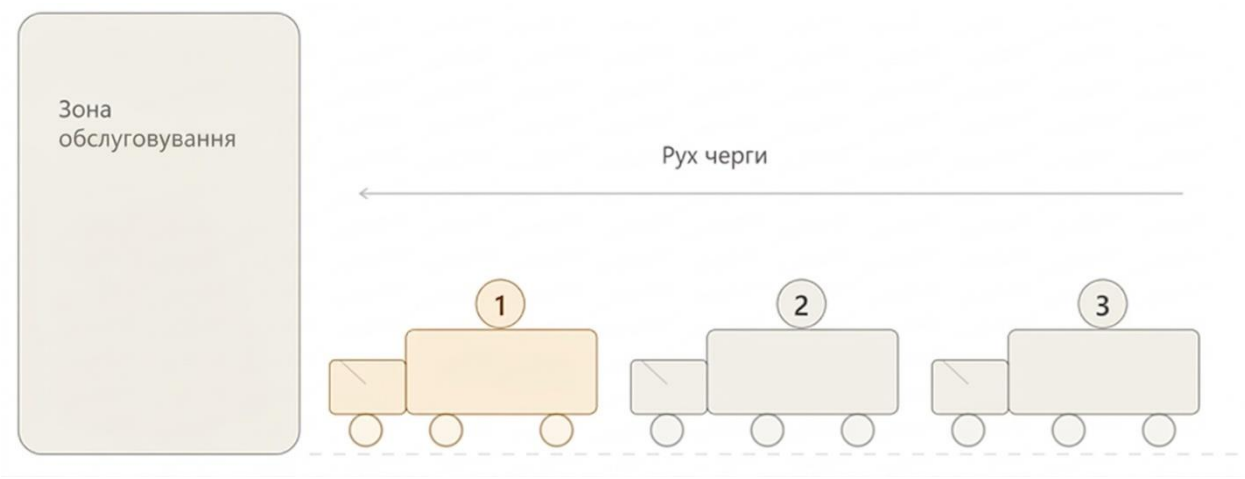


Рис. 12. Ілюстрація обслуговування вантажних автомобілів за дисципліною FIFO
*згенеровано за допомогою ШІ

– LCFS (Last Come, First Served) – дисципліна з перевагою новим заявкам; застосовується в ситуаціях, коли пізніше прибуття пов’язане з вищою терміновістю або критичністю [65-71] (рис. 13);

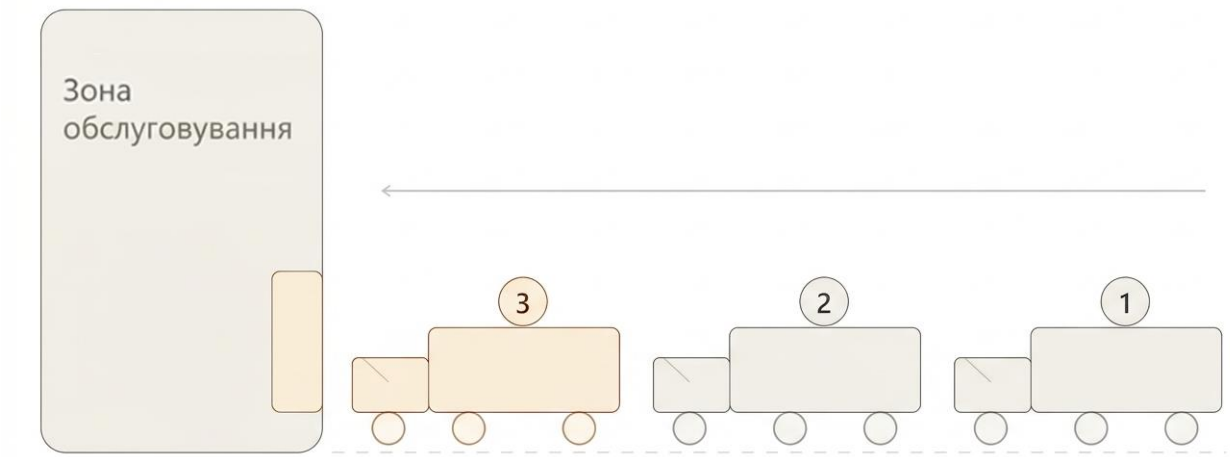


Рис. 13. Ілюстрація обслуговування вантажних автомобілів за дисципліною LCFS
*згенеровано за допомогою ШІ

– пріоритетне обслуговування за класами вантажу – черговість визначається наперед встановленими категоріями вантажу (вартість, тип, терміновість, небезпека тощо), незалежно від часу прибуття [72-76] (рис. 14);

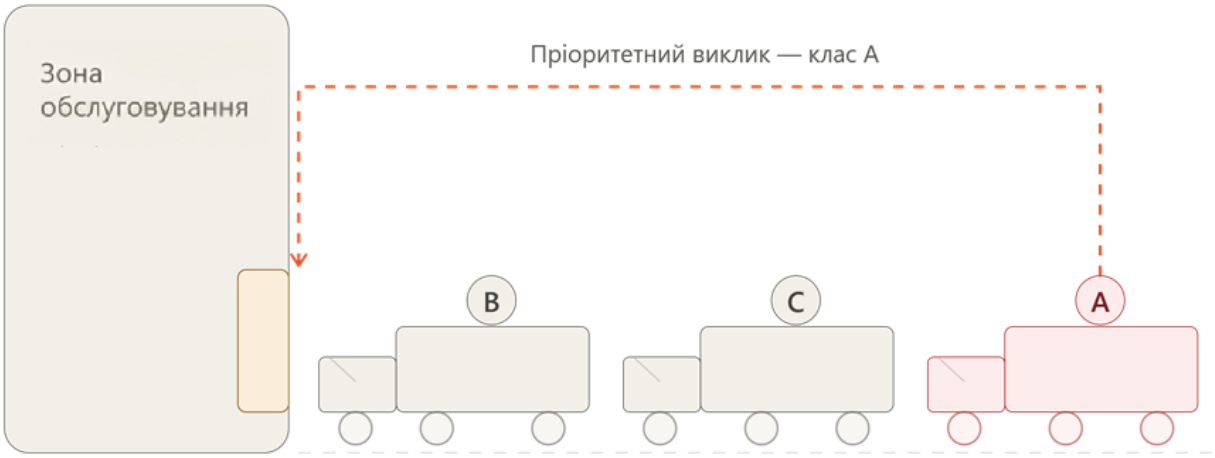


Рис. 14. Ілюстрація обслуговування вантажних автомобілів
за дисципліною пріоритетного обслуговування
*згенеровано за допомогою ШІ

– кругова черга (Circular Queue) – модель, що дозволяє описувати процеси, де вантажні автомобілі утворюють циклічні потоки та можуть повертатися до початкового етапу після завершення певної фази обслуговування або періоду очікування. Зокрема, у масштабних пунктах переробки із багаторівневою структурою зон обслуговування такий підхід дозволяє реалізувати стратегію маневрування вантажних автомобілів між терміналами, забезпечуючи адаптивність технологічного процесу замість статичного очікування в єдиній черзі [77, 78] (рис 15);

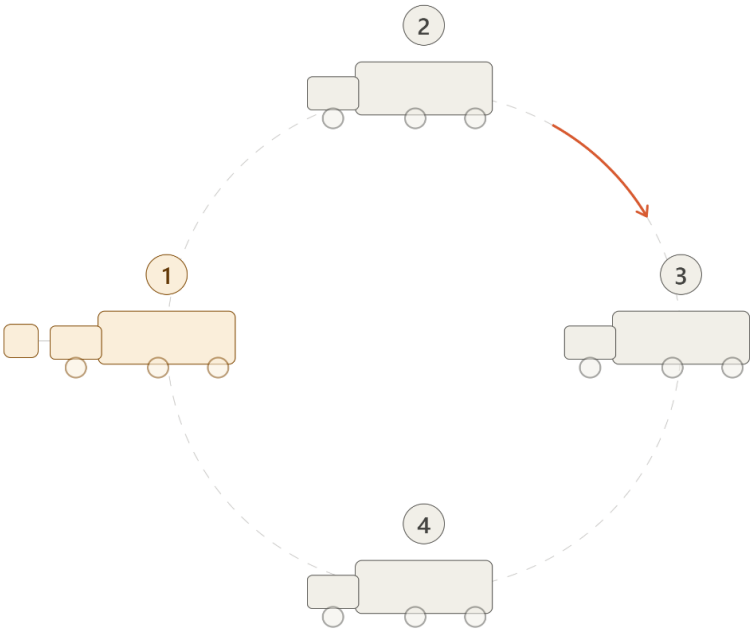


Рис. 15. Ілюстрація обслуговування вантажних
автомобілів за дисципліною кругової черги
*згенеровано за допомогою ШІ

– двостороння черга (Deque – Double-Ended Queue) – модель організації потоків, що передбачає можливість додавання та вилучення вантажних автомобілів з обох кінців черги. Це забезпечує високу адаптивність логістичних операцій у пунктах переробки. На прикладі митних терміналів такий підхід дозволяє реалізувати нелінійну обробку: автомобілі з повним пакетом документів проходять обслуговування пріоритетно, тоді як транспорт, що потребує додаткових перевірок, не блокує основний потік. Це мінімізує системні затримки та оптимізує пропускну спроможність пункту [79-85] (рис. 16);

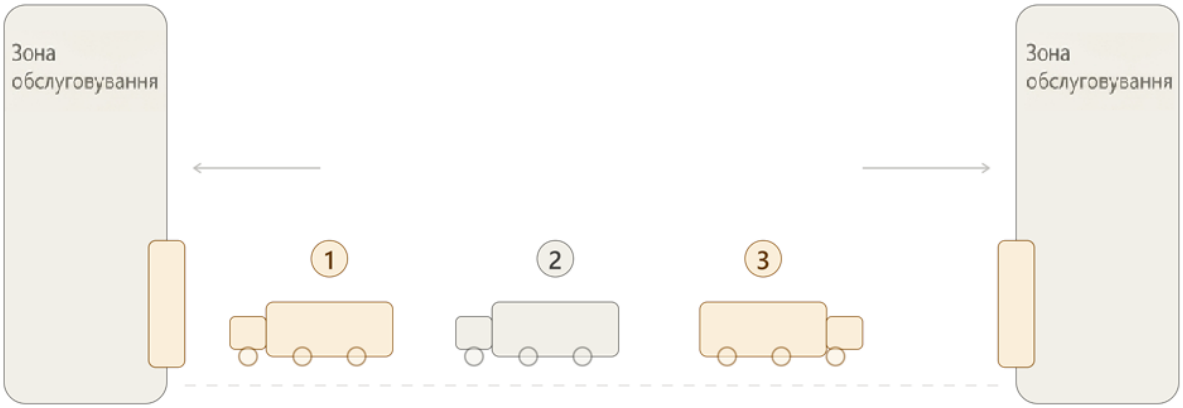


Рис. 16. Ілюстрація обслуговування вантажних автомобілів за дисципліною двосторонньої черги
*згенеровано за допомогою ШІ

– стохастичні та рандомізовані дисципліни – використання ймовірнісних алгоритмів формування пріоритету, що враховують випадковий характер вхідного потоку, тривалості обслуговування та інших стохастичних факторів [86, 87] (рис. 17).

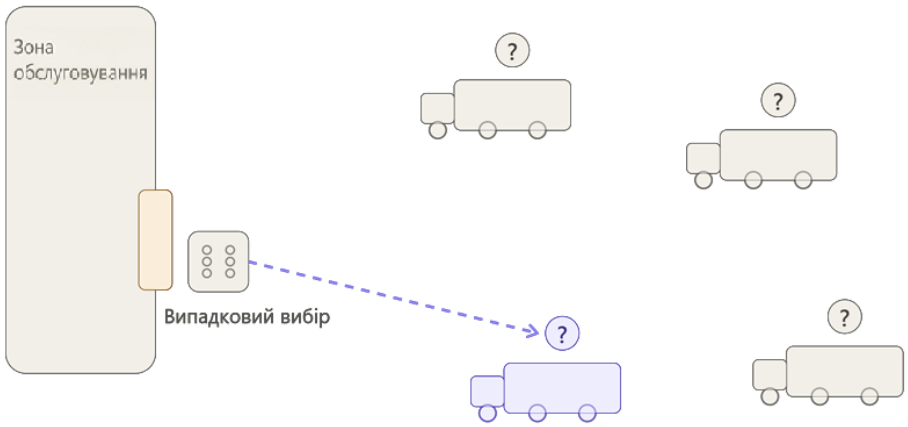


Рис. 17. Ілюстрація обслуговування вантажних автомобілів за стохастичними та рандомізованими дисциплінами
*згенеровано за допомогою ШІ

Аналіз емпіричного досвіду експлуатації пунктів переробки вантажів засвідчує впровадження ієрархічно впорядкованої системи пріоритетів при обслуговуванні вантажопотоків. У стандартних умовах функціонування пунктів переробки більшість вантажних автомобілів після прибуття розміщується у загальній накопичувальній зоні, формуючи єдину чергу очікування на звільнення постів для виконання обслуговування. Такий підхід забезпечує первинну упорядкованість вхідного потоку вантажних автомобілів, однак вимагає застосування додаткових механізмів вибору залежно від технологічної та економічної значущості окремих вантажних партій.

Організація пріоритетного обслуговування у реальних пунктах переробки жорстко обмежена фізичними та технологічними параметрами функціонування постів обслуговування. Навіть за умов ідентифікації вантажного автомобіля з найвищим категоріальним рангом пріоритетності, його безпосередній запуск на обслуговування можливий лише після повного завершення технологічного циклу обробки автомобіля, який уже зайняв робочу зону. Практична реалізація дисципліни з абсолютним пріоритетом, що передбачає примусове дострокове переривання поточного обслуговування, у більшості випадків виявляється технологічно й економічно недоцільною.

Спроба дострокового вивільнення поста супроводжується необхідністю виконання складних непродуктивних маневрових переміщень, додатковими операціями з повторного кріплення або розкриття вантажу, а також переналагодженням вантажопідйомного й інспекційного обладнання. Виникаючі при цьому часові затримки та технологічні розриви істотно перевищують потенційний виграш від першочергового запуску пріоритетної вимоги, що в підсумку призводить до зростання сукупних логістичних витрат системи. Через це в теорії та практиці пунктів переробки вантажів найбільш науково обґрунтованим є використання дисциплін відносного пріоритету, які дозволяють враховувати критичність вантажу без порушення цілісності поточних технологічних операцій.

Відносний пріоритет характеризується відсутністю переривання поточного обслуговування при появі заявки з вищим пріоритетом. Перевага заявок вищого пріоритету реалізується виключно в момент закінчення обслуговування поточної заявки, коли з черги обирається наступна заявка для обробки.

У логістичних системах масового обслуговування відносний пріоритет означає, що заявки вищого рівня отримують перевагу лише за рівних умов, зокрема коли система вільна. На відміну від абсолютного (жорсткого) пріоритету, при якому наявність заявок вищого пріоритету повністю блокує обробку нижчих, відносний пріоритет забезпечує обслуговування всіх класів заявок відповідно до встановлених правил доступу до ресурсів.

Описана ситуація свідчить про застосування саме відносного (неабсолютного) пріоритету обслуговування. Під відносним пріоритетом розуміється правило, згідно з яким надходження заявки вищого пріоритету не призводить до переривання вже розпочатої операції обслуговування – поточна операція завершується повністю [88–90].

У процесі обслуговування вантажних автомобілів у пунктах переробки застосування відносного пріоритету полягає в обслуговуванні вантажів залежно від їхньої важливості, при цьому менш пріоритетні вантажі не виключаються повністю з процесу. Це дозволяє досягти ефективного використання інфраструктури, раціонального розподілу ресурсів та зменшення загальних затримок у логістичному ланцюгу. У зазначених умовах формалізація процесу обслуговування вантажопотоків у пунктах переробки по суті зводиться до задачі оптимального визначення черговості обробки вантажних автомобілів.

Наявність пріоритетного обслуговування вантажних автомобілів у пунктах переробки створює додаткові складнощі при визначенні часу їх перебування. Пріоритетність обслуговування в таких пунктах – це система правил, яка встановлює порядок і умови доступу автомобілів до вантажних операцій, митних чи технічних процедур.

Пріоритетність обслуговування встановлюється залежно від низки критеріїв, серед яких ключовими є: терміновість вантажу (медикаменти, швидкопсувні продукти харчування та інші товари з обмеженим терміном придатності); спеціальні вимоги до вантажу (небезпечні, великогабаритні, важковагові, промислові вантажі, що потребують особливих умов обробки, спеціальної техніки чи додаткових дозволів); митні особливості (вантажі, для яких обов’язкове отримання спеціальних дозволів чи сертифікатів, що передбачає пріоритетний порядок проходження митного контролю); економічна значущість і вартість вантажу (високовартісні товари або

критичні комплектуючі для виробничого процесу, своєчасна доставка яких мінімізує ризики простоїв); необхідність дотримання особливих режимів зберігання та транспортування (охолодження, заморожування, ізоляція, спеціальний режим обробки тощо). Крім того, під час проведення планових технічних робіт, модернізації інфраструктури чи інших організаційних заходів пріоритетність обслуговування може бути тимчасово переглянута та скоригована відповідно до поточних умов роботи пункту.

Поряд з характеристиками вантажу, пріоритетність обслуговування може зумовлюватися специфікою вантажних автомобілів. Зокрема, підвищений пріоритет отримують автомобілі, для яких встановлено жорсткі строки виконання доставки, а також ті, що потребують застосування спеціалізованих технологій обслуговування або проходження особливих процедур митного оформлення. До таких відносяться вантажні автомобілі з нестандартними технічними характеристиками (великогабаритні, важковагові, рефрижераторні тощо), а також такі, що вимагають спеціальних умов розвантаження чи контролю.

Окремим вагомим фактором, що визначає пріоритетність обслуговування у пункті переробки вантажів, виступає організаційно-правовий статус та форма володіння вантажним автомобілем. У практиці функціонування транспортно-логістичних систем комерційні вантажні автотранспортні засоби диференціюються за ознакою суб'єкта власності на власні та залучені вантажні автомобілі, що експлуатується на умовах оренди, найму або фрахту. Цей статус безпосередньо визначає структуру фінансово-договірних зобов'язань та рівень економічних ризиків для оператора пункту переробки чи суб'єктів ланцюга постачання.

Вантажні автомобілі, що функціонують на умовах оренди або комерційного найму, зазвичай наділяються вищим категоріальним рангом у динамічних дисциплінах управління чергами та підлягають першочерговому запуску на пости обслуговування. Організація пріоритетного обслуговування такого транспорту є обґрунтованим за заходом превентивного управління фінансовими ризиками, спрямованим на запобігання накладенню жорстких штрафних санкцій за недотримання умов договорів оренди.

Перевищення гранично припустимого нормативного часу перебування орендованих вантажних автомобілів у пункті переробки призводить до виникнення прямих і прихованих

економічних збитків. Диференціація вхідного потоку вимог за критерієм форми власності дозволяє мінімізувати сукупні фінансові втрати логістичної системи, забезпечуючи раціональний компроміс між технологічною послідовністю обробки та економічною доцільністю управління транспортними потоками.

При наявності відносного (неперервного) пріоритету новий автомобіль з вантажем вищого пріоритету не перериває обслуговування автомобіля з вантажем нижчого пріоритету, що вже розпочате, але після завершення поточного обслуговування отримує перевагу перед усіма іншими вантажними автомобілями, які мають нижчий рівень пріоритету. Формування черги відбувається наступним чином: автомобілі впорядковуються за рівнем пріоритету (від вищого до нижчого), а в межах кожного пріоритетного класу – за принципом FIFO – у порядку надходження, тобто за часом прибуття (рис. 18).

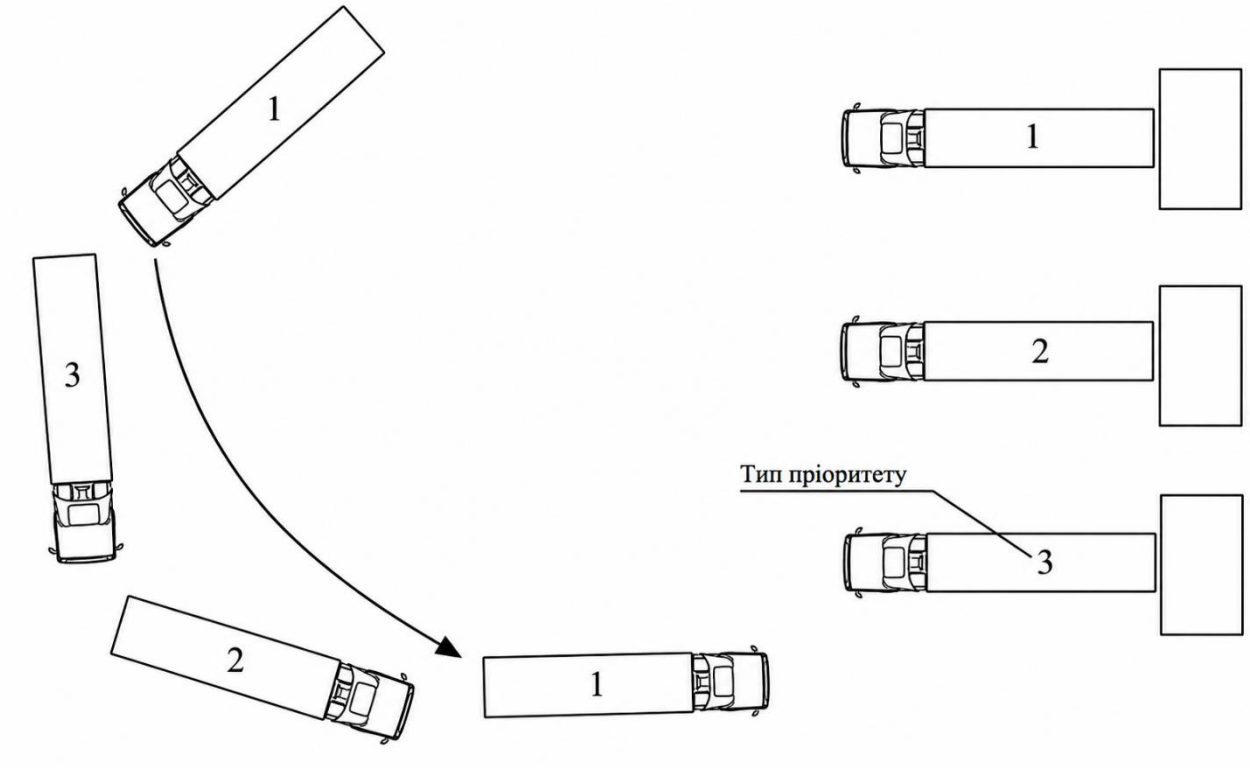


Рис. 18. Відносний пріоритет в обслуговуванні
вантажних автомобілів у пунктах переробки вантажів

Технологічний цикл обслуговування вантажного автомобіля на постах пункту переробки визначається його техніко-експлуатаційними характеристиками, специфікою вантажу та рівнем механізації інфраструктури. Важливою методологічною та

технологічною особливістю цього процесу є незалежність тривалості та собівартості виконання операцій обслуговування від просторово-часового розташування конкретного вантажного автомобіля в черзі. Оскільки прямі операційні витрати, пов'язані з фізичною переробкою вантажу, залученням технологічного обладнання та енергоресурсів на постах, залишаються константними незалежно від обраної послідовності запуску вантажних автомобілів, перестановка вантажних автомобілів у потоці не чинить прямого впливу на ресурсоємність самого процесу обслуговування.

Зазначена технологічна незалежність має вирішальне значення для математичної формалізації задач оптимізації функціонування пунктів переробки вантажу. Оскільки сукупні витрати безпосередньо на виконання технологічних операцій є фіксованою величиною для заданого обсягу вантажопотоку, єдиним варійованим параметром, що визначає ефективність управління чергою, стають часові втрати, які виникають у зоні очікування до початку обробки.

Унаслідок цього математична постановка оптимізаційної задачі управління чергою трансформується: її цільова функція полягає в мінімізації сумарних втрат часу на очікування початку обслуговування вантажними автомобілями. Скорочення саме цієї складової загального часу перебування вантажних автомобілів у пункті переробки дозволяє мінімізувати непродуктивні простої, знизити іммобілізацію матеріальних ресурсів і досягти максимальної системної ефективності взаємодії автомобільного транспорту з пунктом переробки вантажів.

2.2 Визначення параметрів процесу взаємодії вантажних автомобілів і пунктів переробки

Визначення тривалості перебування вантажних автомобілів у пунктах обслуговування виступає важливим інструментом підвищення ефективності їхньої операційної діяльності. Формалізація цього часового показника, що охоплює як фазу безпосереднього виконання обслуговування та контрольних операцій, так і тривалість очікування в черзі, дозволяє виявити часові десинхронізації, оптимізувати графіки підходу вантажних автомобілів і забезпечити рівномірне завантаження постів обслуговування. Це прямо сприяє мінімізації непродуктивних

простоїв, підвищенню коефіцієнта оборотності вантажних автомобілів і зменшенню сукупних логістичних витрат.

Окрім вирішення завдань оперативного управління, точне оцінювання часових параметрів функціонування пунктів переробки формує надійну методологічну базу для проведення обґрунтованого аналізу та оцінки перспективних проєктів розвитку систем вантажної доставки. Наявність верифікованих розрахункових моделей дозволяє ще на етапі техніко-економічного проєктування здійснювати порівняльний аналіз альтернативних варіантів розбудови інфраструктури пунктів переробки, оцінювати доцільність розширення пропускної спроможності постів, впровадження високопродуктивних засобів механізації чи інтеграції інтелектуальних систем управління. У підсумку це забезпечує достовірне прогнозування інвестиційних ризиків, визначення строків окупності капіталовкладень та обґрунтування стратегічних напрямів підвищення конкурентоспроможності всієї логістичної мережі.

Час знаходження автомобіля в пункті переробки включає в себе низку різноманітних складових показників, кожен з яких впливає на його кінцеве значення (рис. 19).

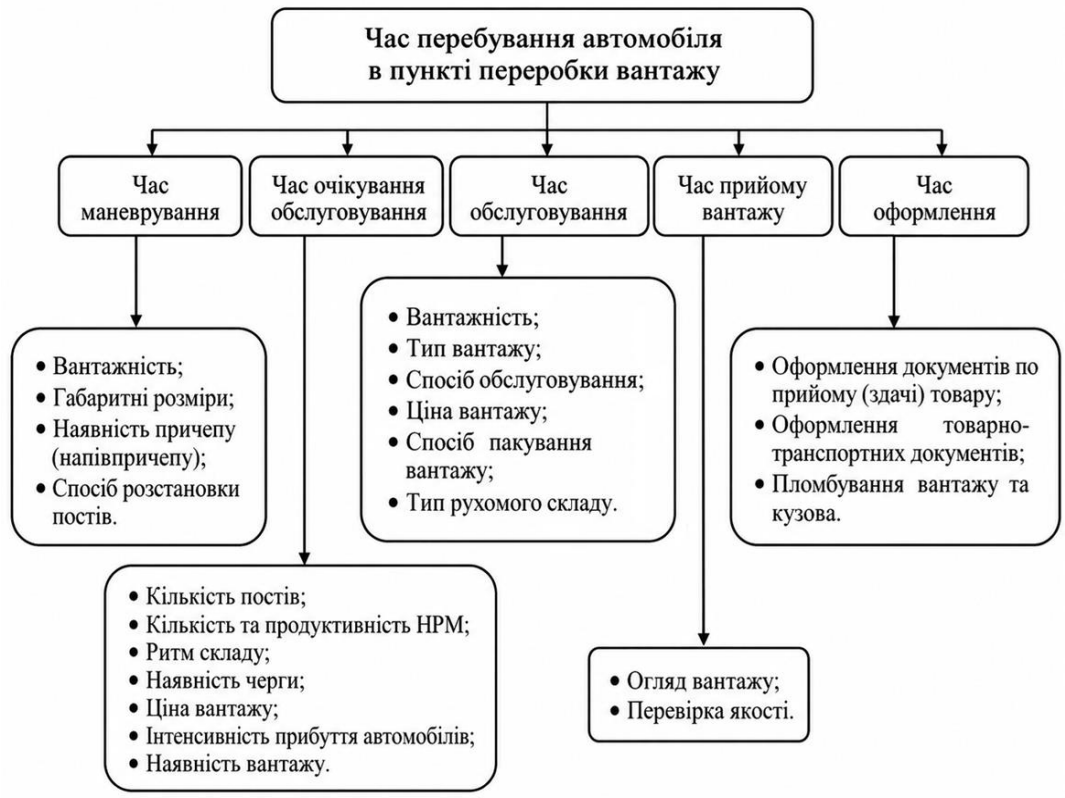


Рис. 19. Складові часу знаходження автомобіля у пунктах переробки вантажу

До основних факторів, що визначають тривалість перебування автомобіля в пункті переробки, належать такі ключові показники:

– фактична вантажність автомобіля;

– інтенсивність прибуття вантажних автомобілів;

– кількість постів обслуговування;

– спосіб проведення робіт з розвантаження та навантаження (немеханізований, з використанням засобів малої механізації та механізований).

Вантажність автомобіля та габаритні розміри, прямо визначають просторово-часові параметри маневрування в зоні пункту переробки вантажів. Великогабаритні та великотоннажні вантажні автомобілі потребують розширених радіусів повороту, більших площ накопичувальних майданчиків та тривалого часу на позиціонування біля постів обслуговування. Натомість малотоннажний вантажний автомобіль володіє високою маневреністю й потребує менших часових інтервалів для підходу до постів обробки, що суттєво скорочує тривалість початково-кінцевих операцій у межах пункту переробки.

Інтенсивність надходження вантажних автомобілів до пункту переробки за своєю сутністю виступає дискретною стохастичною величиною, характеристики якої визначаються часовими інтервалами між послідовними подіями вхідного потоку вимог. Імовірнісний характер прибуття вантажних автомобілів, що описується відповідними законами розподілу випадкових величин, формує динаміку навантаження на пункт переробки та виступає первинним детермінантом функціонального стану системи. Невизначеність моментів появи вантажних автомобілів у зоні пункту переробки спричиняє безперервні коливання поточного рівня завантаження обслуговуючих каналів, безпосередньо визначаючи ймовірність виникнення затримок, наявність і просторово-часові параметри черги.

При нерівномірному характері вхідного потоку, коли інтенсивність прибуття вантажних автомобілів відхиляється від середніх розрахункових значень, у системі виникають локальні піки навантаження. Навіть за умови перевищення середньодобової пропускної спроможності пункту переробки над середньою інтенсивністю вхідного матеріалопотоку, короткочасні сплески прибуття вантажних автомобілів призводять до тимчасового дефіциту переробної спроможності постів і стрімкого накопичення

вантажних автомобілів у зоні очікування. У таких умовах традиційні детерміновані методи розрахунку втрачають свою адекватність, а віа прогнозування тривалості очікування початку обслуговування зростає до критичних значень.

Висока невизначеність і похибка в оцінці часу перебування вантажних автомобілів у зоні очікування створюють суттєві перешкоди для ефективного та якісного оперативно-календарного планування діяльності всіх учасників логістичного ланцюга. Для автотранспортних підприємств це виливається в неможливість точного розрахунку оборотності вантажних автомобілів, порушення узгоджених графіків доставки вантажів та зростання непродуктивних витрат робочого часу водіїв. Для пунктів переробки вантажів виникнення непрогнозованих черг означає нераціональне використання трудових і технічних ресурсів, дестабілізацію технологічного регламенту та підвищення ризику виникнення заторних ситуацій на підхідних шляхах, що підкреслює необхідність застосування сучасного ймовірнісно-статистичного апарату для предиктивного управління вхідними потоками.

Кількість постів обслуговування в пункті переробки є ключовим параметром у формуванні та динаміці черги вантажних автомобілів. За високої інтенсивності прибуття автомобілів саме кількість постів стає визначальним параметром: якщо коефіцієнт навантаження системи перевищує одиницю ($\rho > 1$), довжина черги зростає без обмежень і стає нестабільною. У такому режимі пункт переробки втрачає здатність обслуговувати весь потік вантажних автомобілів, що призводить до неконтрольованого накопичення черги.

Загальний час перебування вантажних автомобілів в пункті переробки вантажів залежить від обраного технологічного способу виконання операцій навантаження та розвантаження.

Немеханізований спосіб характеризується значно більшою тривалістю обслуговування через використання виключно фізичної сили вантажників.

Застосування засобів малої механізації дозволяє зменшити цей час порівняно з немеханізованим методом, проте все ще передбачає значне фізичне навантаження під час маневрування вантажем у межах пункту переробки.

Найефективнішим і раціональним є механізований спосіб, за яким всі операції з маневрування та підвозу вантажу до/від

автомобіля виконуються навантажувально-розвантажувальними механізмами. Це виключає ручну працю, суттєво скорочує час обслуговування вантажного автомобіля та забезпечує підвищення продуктивності як окремих постів, так і пункту переробки вантажів у цілому.

2.3 Моделювання часу перебування вантажних автомобілів у пунктах переробки

Час, протягом якого автомобіль перебуває в пункті переробки, є сумою кількох характерних часових інтервалів і виражається цільовою функцією, яку можна подати у такому вигляді

$$t_{\text{н(р)}} = t_{\text{м}} + t_{\text{о}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{п}} + t_{\text{д}} \to \min, \qquad (1)$$

де $t_{\text{м}}$ – час маневрування, год.;

$t_{\text{о}}$ – час очікування обслуговування, год.;

$t_{\text{обсл}}$ – час обслуговування, год.;

$t_{\text{п}}$ – час, який потребується на прийом вантажу (при навантаженні $t_{\text{п}}$ =0), год.;

$t_{\text{д}}$ – час оформлення документів, год.

Згідно з дослідженнями Воркута А. І. тривалість оформлення документів у пунктах переробки залежить від технологічного способу виконання обслуговування та включає час маневрування вантажного автомобіля та час прийому вантажу. Встановлені нормативні значення цього показника:

– при немеханізованому способі – 16,8 хвилин;

– при механізованому способі – 9,8 хвилин.

При обмеженій переробній спроможності пунктів переробки вантажів та вираженої стохастичної нерівномірності прибуття вантажних автомобілів виникнення затримок і формування черг у накопичувальних зонах набуває об'єктивного та системного характеру. Обмеженість інфраструктурного потенціалу пунктів переробки – зокрема кількості постів обслуговування, засобів механізації та пропускної спроможності – регулярно призводить до ситуацій, коли поточна потреба в обслуговуванні тимчасово перевищує наявні можливості системи. За таких умов виникає необхідність обґрунтованого упорядкування накопиченого вхідного

потоку вантажних автомобілів для забезпечення технологічної стійкості логістичного процесу.

Технологічний процес вантажних автомобілів в пункті переробки є незалежним від їх місця в черзі, а отже, і прямі витрати на обслуговування не залежать від обраної послідовності обробки автомобіля. У таких умовах цільова функція оптимізаційної задачі зводиться до мінімізації загального часу очікування автомобілями моменту початку їх обслуговування, що набуває вигляду

$$\sum_{i=1}^{n} w_i \to \min, \tag{2}$$

де w_i – час очікування обслуговування автомобілем з вантажем i-ого класу пріоритету з черги, год.;

n – кількість пріоритетних класів, од.

Через неоднорідність вхідного потоку система обслуговування належить до класу багатоканальних систем із кількома незалежними вхідними потоками.

У разі математичної формалізації часу очікування автомобіля після його прибуття маємо наступний вираз

$$w_j = \sum_{i=1}^{n} \rho_i \cdot \sigma_i + \sum_{i=1}^{j} \lambda_i \cdot w_i \cdot b_i + w_y \cdot \sum_{i=1}^{j-1} \lambda_i \cdot b_i, \tag{3}$$

де ρ_i – ймовірність того, що пост обслуговування зайнятий обслуговуванням заявки i-го типу;

σ_i – середній залишковий час обслуговування автомобіля, яким на даний момент зайнятий пост, год.;

λ_i – інтенсивність вхідного потоку автомобілів i-го типу до постів обслуговування, авт./год.;

w_i – середня тривалість очікування обслуговування вимог i-го типу пріоритету, год.;

w_y – час очікування обслуговування, в який прибули автомобілі з вищім пріоритетом, год.;

b_i – середній час обслуговування заявок i-го типу, год.;

j – пріоритет в обслуговуванні.

При одноканальній системі обслуговування, тобто пункт переробки вантажу, обладнаний лише одним постом обслуговування, призначений для обробки автомобілів різних класів пріоритету (k = 1,2,…,r), що надходять незалежними потоками з

відповідними інтенсивностями λ_k, система налаштована та розрахована виключно на невеликі значення інтенсивностей надходження автомобілів усіх пріоритетних класів. Функція розподілу ймовірностей часу обслуговування X_k автомобілів k-го класу має вигляд

$$G_k(t) = P\left(X_k \le t\right), t > 0, \tag{4}$$

Навантаження на обслуговуючу систему з боку автомобілів k-го пріоритету має такий вигляд

$$\rho_k = \lambda_k \cdot M(X_k) = \lambda_k \int_0^{\infty} t dG_k(t), \tag{5}$$

де $M(X_k)$ – перший момент стаціонарного часу очікування вантажних автомобілів.

Розглянемо W_k як стаціонарний час очікування вантажних автомобілів k-го рівня пріоритету.

Сумарне навантаження системи матиме вигляд

$$\rho = \sum_{k=1}^{r} \rho_k \le 1, \tag{6}$$

Відповідно, формула для першого моменту стаціонарного часу очікування вантажних автомобілів k-го пріоритету набуває вигляду

$$M\left(W_k\right) = \frac{\sum_{j=1}^{r} \lambda_j^2 M\left(X_j^2\right)}{2\left(1 - \sum_{j=1}^{k-1} \rho_j\right)\left(1 - \sum_{j=1}^{k} \rho_j\right)}, \tag{7}$$

Перший момент часу обслуговування виражається через наступну функціональну залежність

$$M\left(Y[s](j)\right) = \frac{\int_{T_{s-1}}^{T_s} t dG_j(t)}{G_j\left(T_s\right) - G_j\left(T_{s-1}\right)}, \tag{8}$$

Другий момент часу обслуговування матиме наступний вигляд

$$M\left(Y^2[s](j)\right)=\frac{\int_{T_{s-1}}^{T_s} t^2 dG_j(t)}{G_j(T_s)-G_j(T_{s-1})}, \quad (9)$$

Сформовано гіпотезу про те, що часовий розподіл вимог між здійснюється згідно з показниковим законом розподілу.

Показниковий закон розподілу посідає фундаментальне місце в теорії ймовірностей та математичному апараті теорії масового обслуговування, описуючи неперервну випадкову величину, що характеризує тривалість очікування до настання першої події у простішому процесі з постійною інтенсивністю. Ключовою математичною та концептуальною особливістю цього розподілу є властивість відсутності ефекту пам'яті (марковська властивість). З огляду на це, ймовірність настання події у майбутньому часовому інтервалі абсолютно не залежить від того, скільки часу вже минуло з моменту початку спостереження або виконання операції. У контексті дослідження транспортно-термінальних систем така властивість суттєво спрощує формалізацію стохастичних процесів, оскільки поточний стан системи повністю визначає її подальшу динаміку незалежно від її передісторії.

У практичних та теоретичних розрахунках функціонування пунктів переробки вантажів показниковий розподіл найчастіше застосовується для опису двох критично важливих елементів: часових інтервалів між послідовними надходженнями вантажних автомобілів у найпростішому (пуассонівському) потоці вимог та тривалості виконання обслуговування або контрольно-інспекційних операцій на постах обслуговування. Окрім цього, дана ймовірнісна модель широко використовується в теорії надійності для оцінки часу безвідмовної роботи складних технічних елементів та засобів механізації вантажної переробки. Припущення про показникову природу часових інтервалів дозволяє застосовувати аналітичний апарат марковських випадкових процесів і теорії графів станів, що дає змогу отримувати точні математичні рішення для базових характеристик систем масового обслуговування.

Попри те, що в реальних умовах функціонування логістичних центрів тривалість вантажної обробки часто відхиляється від експоненціального закону через наявність суворо регламентованої технологічної послідовності операцій, показниковий розподіл

залишається еталонним базисом аналітичного моделювання. Він дає змогу формувати вхідні орієнтири для оцінки межових параметрів пропускної спроможності, середнього часу перебування автомобілів у черзі та ймовірності виникнення функціонального перевантаження постів. Формалізація процесів на основі показникового розподілу закладає методологічний фундамент для подальшого переходу до більш складних моделей масового обслуговування з довільними або фазовими законами розподілу часових параметрів [91, 92].

Показниковий розподіл є однопараметричним і визначається єдиним позитивним параметром – параметр інтенсивності (або швидкості настання події). Фізичний зміст полягає у середній кількості подій за одиницю часу в пуассонівському процесі або оберненій величині до середнього часу очікування події [93, 94]. Графічний розподіл за показниковим законом наведено на рис. 20.

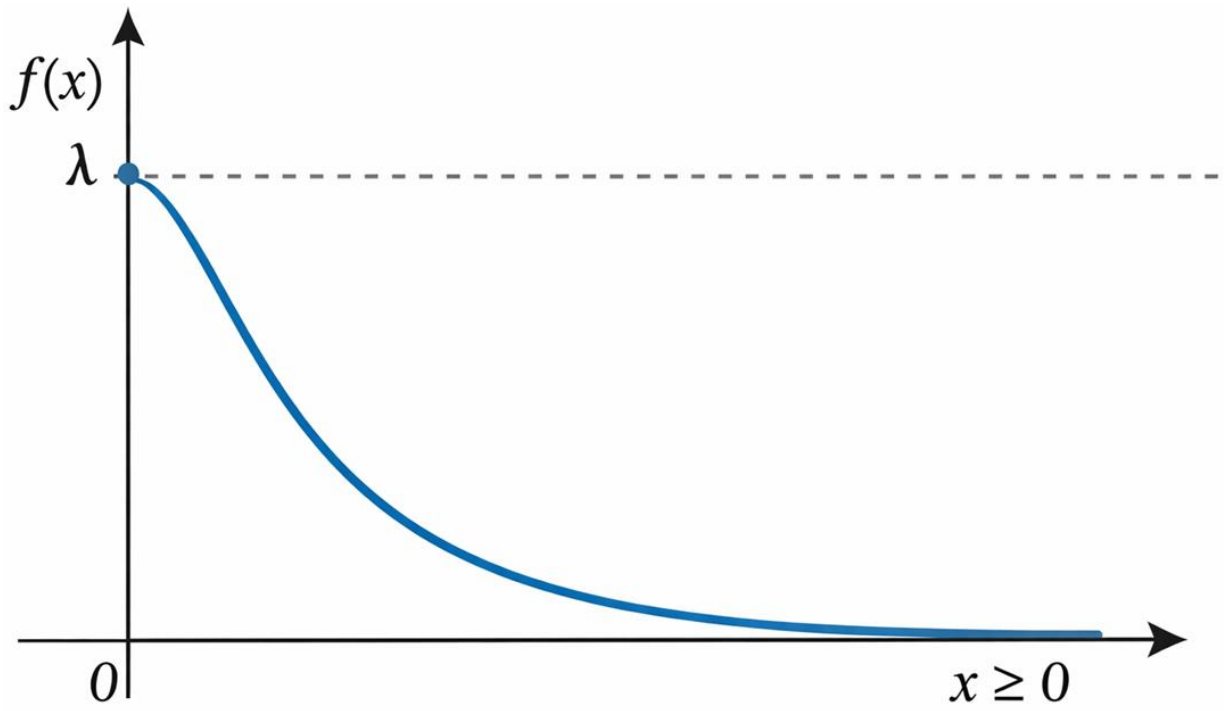


Рис. 20. Графічне зображення розподілу
випадкової величини за показниковим законом

Показниковий закон розподілу описується наступною функцією [95]

$$G_j(t) = 1 - \exp^{-\mu_j t}, \tag{10}$$

Графік залежності функції від параметра T матиме наступний вигляд

$$\rho(T)=\sum_{k=1}^{r}\lambda_k\int_0^T tdG_k(t)=\sum_{k=1}^{r}\lambda_k\int_0^T t\mu_k\exp^{-\mu_k t}dt=$$
$$=\sum_{k=1}^{r}\frac{\lambda_k}{\mu_k}\left[1-\exp^{-\mu_k T}-\mu_k T\exp^{-\mu_k T}\right]. \qquad (11)$$

Перший момент часу обслуговування становитиме

$$\int_0^T t\mu\exp^{-\mu t}dt=\begin{vmatrix} dv=\mu\exp^{-\mu t}dt \\ v=\exp^{-\mu t} \\ du=dt \\ u=t \end{vmatrix}=\int_0^T udv=uv\Big|_0^T-\int_0^T vdu=$$
$$=-t\exp^{-\mu t}\Big|_0^T-\int_0^T\left(-\exp^{-\mu t}\right)dt=-T\exp^{-\mu t}-0+\int_0^T\exp^{-\mu t}dt=, \qquad (12)$$
$$=-T\exp^{-\mu t}+\left(\frac{-\exp^{-\mu t}}{\mu}\Big|_0^T\right)=-T\exp^{-\mu t}-\left(\frac{\exp^{-\mu t}}{\mu}-\frac{1}{\mu}\right)=$$
$$=\frac{1}{\mu}\cdot\left(1-\exp^{-\mu t}-T\exp^{-\mu T}\right)=\frac{1}{\mu}\cdot\left(1-\exp^{-\mu T}-\mu T\exp^{-\mu T}\right).$$

Тоді другий момент часу обслуговування матиме вигляд

$$\int_0^T t^2\mu\exp^{-\mu t}dt=\begin{vmatrix} dv=\mu\exp^{-\mu t}dt \\ v=-\exp^{-\mu t} \\ du=2tdt \\ u=t^2 \end{vmatrix}=$$
$$=t^2\left(-\exp^{-\mu t}\right)\Big|_0^T-\int_0^T\left(-\exp^{-\mu t}\right)2tdt=$$
$$=-T^2\exp^{-\mu T}+2\int_0^T t\exp^{-\mu t}dt=-T^2\exp^{-\mu T}+ \quad , \qquad (13)$$
$$+\frac{2}{\mu}\cdot\frac{1}{\mu}\left(1-\exp^{-\mu T}-\mu T\exp^{-\mu T}\right)=$$
$$=\frac{2}{\mu^2}\cdot\left(1-\exp^{-\mu T}-\mu T\exp^{-\mu T}-\frac{(\mu T)^2}{2}\exp^{-\mu T}\right).$$

Формалізація часу перебування вантажного автомобіля з вантажем будь-якого рівня пріоритету в пункті переробки вантажів з одним постом обслуговування дозволяє здійснювати прогнозування цього показника й оцінювати функціонування автомобілів та пункту переробки.

На основі формалізації процесів взаємодії вантажних автомобілів і пунктів переробки встановлено, що поведінка черги автомобілів в очікуванні обслуговування визначається стохастичним характером вхідного потоку, який описується пуассонівським законом розподілу, що дозволило описати стохастичність моментів прибуття вантажних автомобілів.

На основі аналізу дисциплін обслуговування встановлено, що використання відносного пріоритету забезпечує компроміс між ефективністю обслуговування та безперервністю технологічного процесу, а ієрархічна структура черги дозволяє врахувати різнорідність вантажопотоків без переривання поточних операцій.

Встановлено, що в умовах неоднорідного вхідного потоку та пріоритетного обслуговування задача оптимізації функціонування пункту переробки зводиться до мінімізації сумарного часу очікування автомобілів у черзі, що визначає доцільність використання стохастичних моделей для її розв’язання.

Отримані результати створюють теоретичне підґрунтя для подальшого імітаційного моделювання та розробки практичних рекомендацій щодо підвищення ефективності взаємодії вантажних автомобілів і пунктів переробки вантажу.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ У ПУНКТАХ ПЕРЕРОБКИ

Основною метою наукового дослідження є розробка та проведення експериментального (імітаційного) моделювання динаміки роботи пункту переробки вантажу автомобільного транспорту протягом заданого часового інтервалу з урахуванням стохастичної природи ключових процесів.

Модель базується на таких припущеннях щодо законів розподілу випадкових величин: пуассонівський розподіл – для інтервалів між прибуттями вантажних автомобілів і показниковий розподіл – для тривалості обслуговування на постах.

Моделювання здійснюється за умов жорсткого дотримання дисципліни відносної пріоритетності обслуговування різних класів заявок. Такий підхід дає змогу провести кількісну оцінку впливу різних систем пріоритетів на основні експлуатаційні показники, знайти раціональну послідовність обробки вантажних автомобілів з погляду економічної ефективності та врахування технологічних/операційних обмежень.

Практична цінність дослідження полягає в тому, що розроблена модель дозволяє достовірно прогнозувати рівень простоїв вантажних автомобілів у реальних умовах стохастичної невизначеності, кількісно оцінювати економічні втрати від черг та простоїв і створювати науково обґрунтовану основу для подальшої розробки та впровадження алгоритмів динамічного пріоритетного управління чергами в транспортно-логістичних системах.

Таким чином, робота спрямована на встановлення зв’язку між класичною теорією черг з пріоритетами, методами імітаційного моделювання та практичними задачами підвищення ефективності функціонування пунктів обслуговування вантажного автомобільного транспорту.

3.1 Збір, обробка, формування масиву даних про час перебування вантажних автомобілів у пунктах переробки

Об’єктом проведення експериментальних досліджень з метою апробації та верифікації розроблених результатів виступає товариство з обмеженою відповідальністю «АБ ІнБев Ефес Україна». Зазначене підприємство є національним підрозділом глобального пивоварного концерну AB InBev – світового лідера пивоварної галузі, а також інкорпорує виробничі активи найбільшого пивоварного холдингу Туреччини – Efes. Починаючи з 2000 року, компанія посідає перше місце на українському ринку пива за основними показниками ринкової присутності, обсягів реалізації та частки ринку.

На досліджуваному пункті переробки вантажу вхідний потік вантажних автомобілів є суттєво неоднорідним за складом вантажів. Вантажні автомобілі прибувають із різноманітними типами вантажу, що зумовлює значну варіацію технологічних та часових параметрів обслуговування. Саме ця неоднорідність є одним із головних факторів, що впливають на тривалість перебування вантажного автомобіля в пункті переробки.

Результати емпіричних натурних досліджень, проведених у реальних умовах функціонування пунктів переробки вантажів, засвідчують, що часова динаміка й послідовність обслуговування вантажних автомобілів суттєво відхиляються від спрощених теоретичних схем із жорстко зафіксованим рангуванням. У практичному середовищі найбільш адекватною виявилася модель відносної пріоритетності, яка базується не на статичних абсолютних характеристиках вантажних автомобілів чи вантажу (таких як габаритні параметри, вагові категорії чи стаціонарна класифікація товарних груп), а на гнучкій пропорційній оцінці пріоритетів. Останні формуються дискретно в часі та релевантно відображають поточний операційний стан пункту переробки.

Фундаментальною відмінністю адаптивної моделі пропорційних пріоритетів є інтеграція широкого спектра динамічних змінних, включаючи поточний рівень завантаженості постів обслуговування, накопичену довжину черги в накопичувальних зонах, тривалість очікування конкретного

вантажного автомобілю та поточні економічні параметри. Економічний вектор оцінки охоплює питомі втрати від простою, величину потенційних штрафних санкцій за порушення графіків доставки, а також вартісну характеристику іммобілізованого в дорозі капіталу. Завдяки цьому ваговий коефіцієнт пріоритетності кожного вантажного автомобілю перестає бути константою та безперервно перераховується залежно від тривалості його перебування в зоні очікування та загальної кон'юнктури обслуговуючого середовища.

На противагу традиційним жорстким дисциплінам, де низькопріоритетні замовлення ризикують потрапити у стан довготривалого заблокування при високій інтенсивності вхідного потоку вантажних автомобілів, динамічна пропорційна модель забезпечує високий рівень балансування технологічного процесу. Вона дозволяє гнучко адаптуватися до стохастичної варіативності прибуття вантажних автомобілів, нівелюючи виникаючі сплески навантаження та оптимізуючи швидкість обробки критичних вантажів без загрози виникнення системних заторів. Такий підхід гарантує досягнення оптимального компромісу між мінімізацією сукупних логістичних витрат від простою вантажних автомобілів і збереженням загальної технологічної стійкості й ритмічності функціонування пунктів переробки.

Водночас аналіз демонструє економічну недоцільність переривання обслуговування недообробленого автомобіля, тобто обслуговування котрого ще не завершилося, на користь пізніше прибулого вантажного автомобіля з вищим відносним пріоритетом (наприклад, через терміновість доставки чи більшу комерційну цінність вантажу). Основні негативні наслідки: по-перше – суттєве зростання загальних витрат на простої, оскільки перерване обслуговування потребує додаткового часу на відновлення технологічного циклу та повернення до вихідного стану; по-друге – неефективний перерозподіл обмежених ресурсів (робочої сили, навантажувальної техніки, рамп і під’їзних шляхів), що в середньостроковій перспективі знижує реальну пропускну здатність пункту; по-третє – погіршення операційної стабільності системи, зростання ризику накопичення черг і зниження рівня задоволеності клієнтів через непередбачуваність строків обслуговування.

З позицій теорії масового обслуговування економічна та операційна неефективність переривання обслуговування може бути виміряна за допомогою основних системних метрик, таких як

середній час перебування заявки в системі та коефіцієнт завантаження каналів обслуговування. Перервна дисципліна пріоритету спричиняє суттєве збільшення дисперсії стохастичних характеристик процесу, що значно ускладнює прогнозування ключових показників ефективності та ускладнює пошук оптимальних параметрів системи.

Використання моделі відносної пріоритетності без будь-яких захисних механізмів (порогових обмежень, буферних зон тощо) не сприяє підвищенню загальної ефективності системи, а навпаки – може генерувати системні економічні втрати, які за величиною суттєво перевищують тимчасові вигоди від прискореної обробки пріоритетних заявок.

Досліджуваному пункту вантажопереробки притаманна ієрархічна система відносного пріоритету з п'ятьма рівнями (рис. 21):

– пріоритет 1 (найвищий) – орендовані вантажні автомобілі. Мета – мінімізація економічних втрат через простій орендованої техніки;

– пріоритет 2 – вантажі, призначені для ключових клієнтів. Порушення строків тягне за собою штрафні санкції та відмову в прийнятті вантажного автомобіля після граничного часу;

– пріоритет 3 – вантажі для дистриб'юторів. Можливість приймання протягом усього робочого часу;

– пріоритет 4 – вантажі для внутрішнього міжскладського переміщення;

– пріоритет 5 (найнижчий) – тара та вхідний вантаж. Потенційні збитки від затримки є порівняно незначними, що обґрунтовує їх обслуговування в останню чергу.

В основу формування дисципліни обслуговування покладено економічний критерій, за яким пріоритетність подачі вантажних автомобілів установлюється пропорційно сумарним економічним втратам за весь період їх перебування в пункті переробки вантажів. Зазначена величина включає збитки від непродуктивного простою в очікуванні (зниження продуктивності рухомого складу, ризики штрафних санкцій) та витрати під час обробки (іммобілізація коштів у вантажі, терміновість доставки). Диференціація потоку передбачає надання першочергового обслуговування вантажним автомобілям із вищими питомими втратами на одиницю часу. Застосування такого підходу замість обслуговування в порядку черговості дозволяє

мінімізувати сукупну вартісну оцінку часових затримок і підвищити ефективність функціонування всієї транспортно-термінальної системи.



Рис. 21. Ієрархічна система відносного пріоритету обслуговування на досліджуваному пункті переробки вантажів
*згенеровано за допомогою ШІ

За період спостереження за роботою досліджуваного пункту переробки вантажу сформовано емпіричні дані щодо прибуття вантажних автомобілів з вантажем усіх пріоритетів і значення складових часу їх перебування у пункті (додаток А).

На основі аналізу даних емпіричних натурних спостережень та хронометражних досліджень сформовано статистичну базу щодо інтенсивності прибуття вантажних автомобілів із вантажами різних категорій пріоритетності до пункту переробки. Проведення

вимірювань у реальних умовах функціонування пунктів переробки дозволило перейти від абстрактних теоретичних припущень до точної кількісної ідентифікації стохастичних характеристик вхідних матеріалопотоків. Отримані масиви первинних даних зведені до табл. 2.

Таблиця 2

Результати статистичної обробки та аналізу емпіричних даних інтенсивності прибуття автомобілів з вантажем різних пріоритетних класів до пункту переробки вантажів

Показник	Пріоритет 1	Пріоритет 2	Пріоритет 3	Пріоритет 4	Пріоритет 5
Середня інтенсивність прибуття вантажних автомобілів до пункту переробки вантажів за період спостереження, авт./добу	14,62	33,6	19,23	12,2	4,92

А також параметри фактичної тривалості перебування вантажних автомобілів у пункті переробки, які зведено до табл. 3.

Таблиця 3

Результати обробки емпіричних даних щодо фактичної тривалості перебування автомобілів з вантажем різних пріоритетів у пункті переробки вантажів

Показник	Пріоритет 1	Пріоритет 2	Пріоритет 3	Пріоритет 4	Пріоритет 5
Мінімальний час очікування, год.	0,02	0	0	0,08	0

Показник	Пріоритет 1	Пріоритет 2	Пріоритет 3	Пріоритет 4	Пріоритет 5
Максимальний час очікування, год.	68,5	38,4	45	40,97	67,63
Середній час очікування, год.	5,13	3,85	6,08	6,67	7,99
Мінімальний час обслуговування, год.	0,33	0,25	0,25	0,3	0,3
Максимальний час обслуговування, год.	4,93	5	7,82	6,85	6,65
Середній час обслуговування, год.	1,19	1,09	1,17	1,06	1,05
Мінімальний час оформлення документів, год.	0,05	0,07	0	0	0
Максимальний час оформлення документів, год.	24,17	24,63	30,25	23,5	18,3
Середній час оформлення документів, год.	0,84	0,69	0,98	0,89	0,82
Мінімальний час знаходження автомобілів у пункті переробки, год.	0,68	0,65	0,97	0,93	0,47

Показник	Пріоритет 1	Пріоритет 2	Пріоритет 3	Пріоритет 4	Пріоритет 5
Максимальний час знаходження автомобілів у пункті переробки, год.	70,03	39,28	49,63	46,42	68,87
Середній час знаходження автомобілів у пункті переробки, год.	7,16	5,6	8,23	8,61	9,87

Комплексний аналіз і систематизація опрацьованих параметрів функціонування пунктів переробки вантажів створюють необхідний науково-методологічний базис для суворої верифікації статистичних гіпотез щодо адекватності математичного опису реальних транспортно-технологічних процесів. Застосування математико-статистичного апарату та відповідних критеріїв згоди дозволяє належним чином оцінити рівень збігу між теоретичними імовірнісно-статистичними моделями та емпіричними масивами даних, отриманими під час хронометражних спостережень за динамікою вантажопотоків.

Зокрема, статистична обробка результатів вимірювань дає змогу з високим рівнем значущості підтвердити гіпотезу про відповідність часових інтервалів вхідного потоку прибуття вантажних автомобілів найпростішому пуассонівському закону розподілу, а тривалості їхнього обслуговування на постах – показниковому закону. Емпіричне підтвердження марковської природи досліджуваних процесів доводить методичну правомірність використання аналітичного інструменту теорії масового обслуговування для формалізації функціонування пунктів переробки.

3.2 Перевірка робочих гіпотез та адекватності теоретичних моделей

Перевірка гіпотези про належність досліджуваної вибірки теоретичній кривій виду закону Пуассона проведена за критерієм відповідності Пірсона [96]

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{\left(f_i - f_m\right)^2}{f_m}, \tag{14}$$

де k – число груп, на які розбито емпіричний розподіл,
f_i – спостережувана частота ознаки у i-й групі,
f_m – теоретична частота.

Кількість ступенів свободи визначається [97, 98]

$$df = k - s - 1, \tag{15}$$

де s – число параметрів передбачуваного розподілу, оцінених за даними вибірки.

Статистичний аналіз інтенсивностей прибуття автомобілів з вантажем усіх пріоритетів у середовищі STATISTICA 12 наведено на рис. 22 – 26. Для дослідження використано значення інтенсивності прибуття автомобілів за добу (авт./добу) протягом усього періоду спостереження.

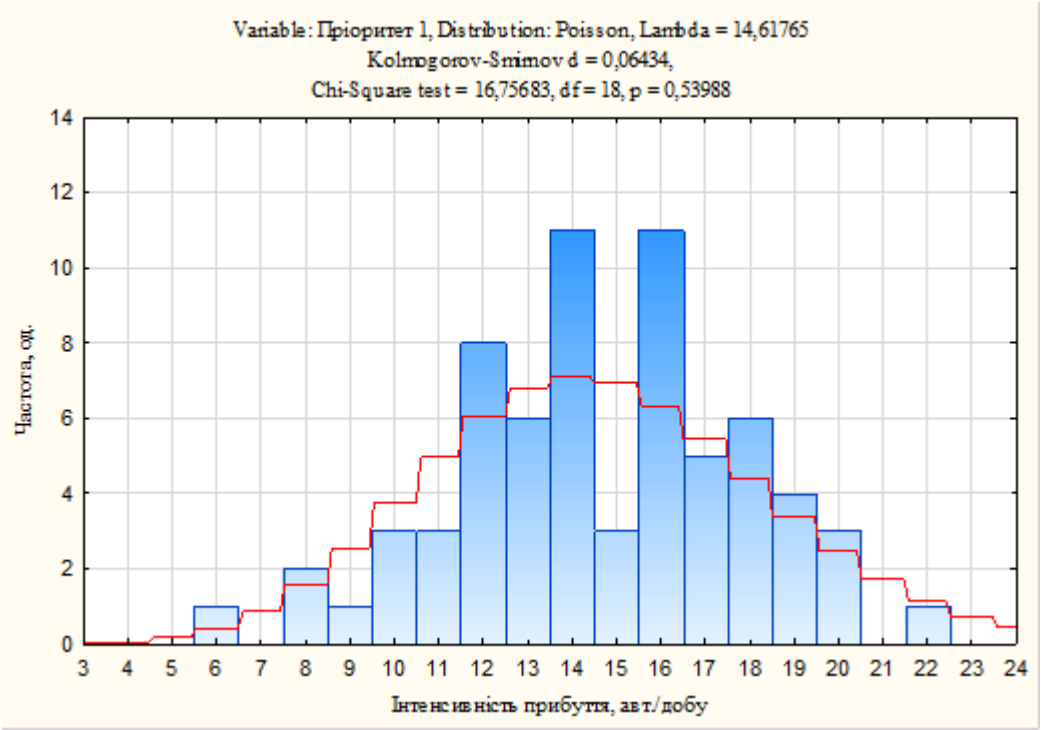


Рис. 22. Гістограма розподілу інтенсивностей прибуття автомобілів з вантажем 1-го пріоритету

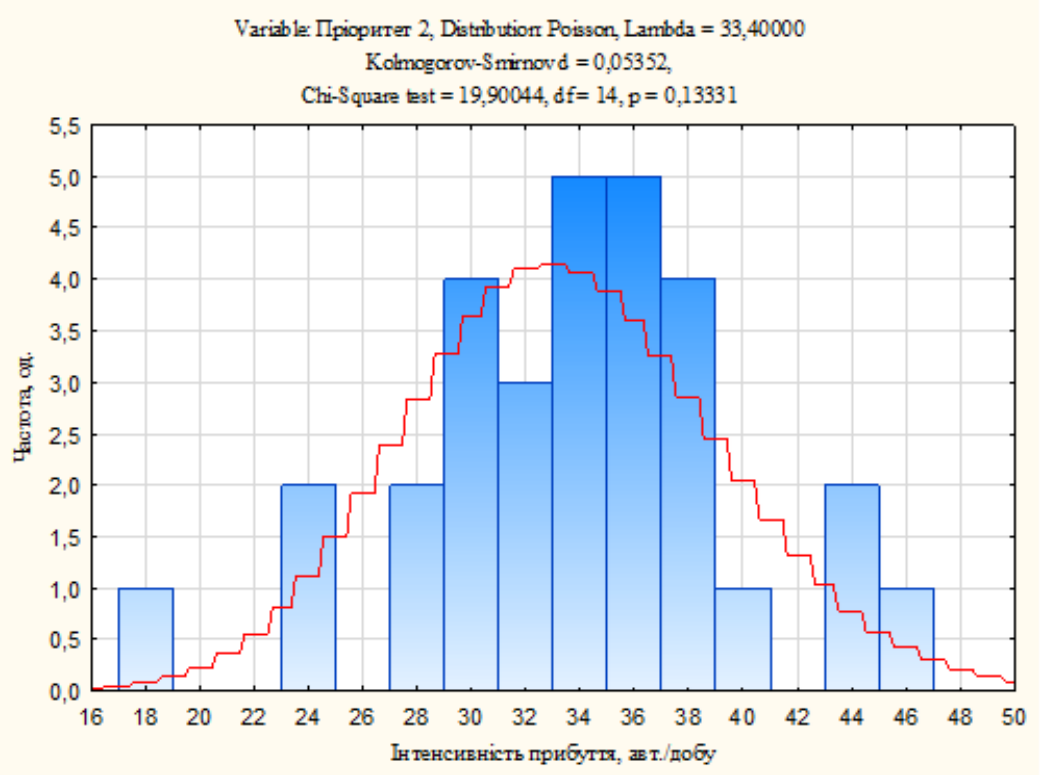


Рис. 23. Гістограма розподілу інтенсивностей прибуття автомобілів з вантажем 2-го пріоритету

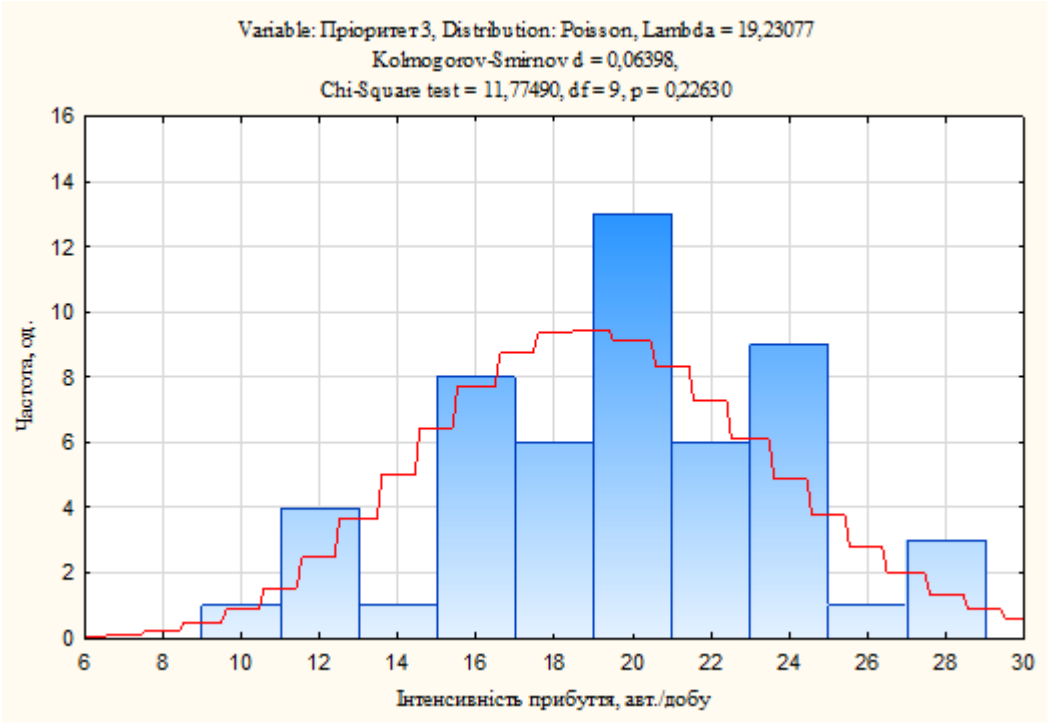


Рис. 24. Гістограма розподілу інтенсивностей прибуття автомобілів з вантажем 3-го пріоритету

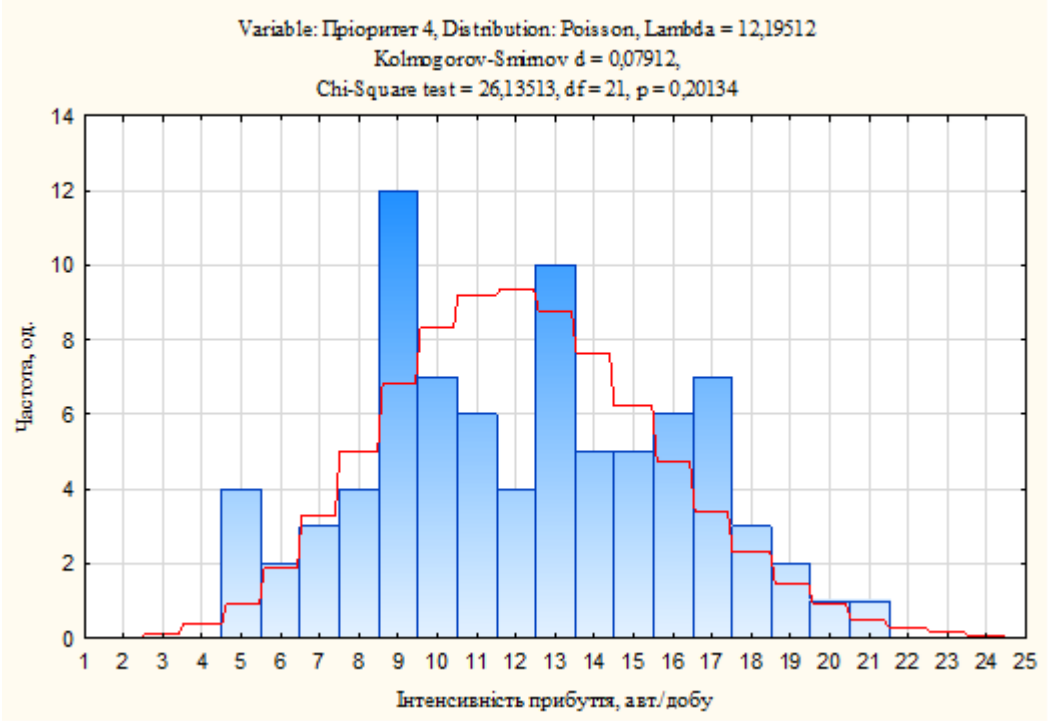


Рис. 25. Гістограма розподілу інтенсивностей прибуття автомобілів з вантажем 4-го пріоритету

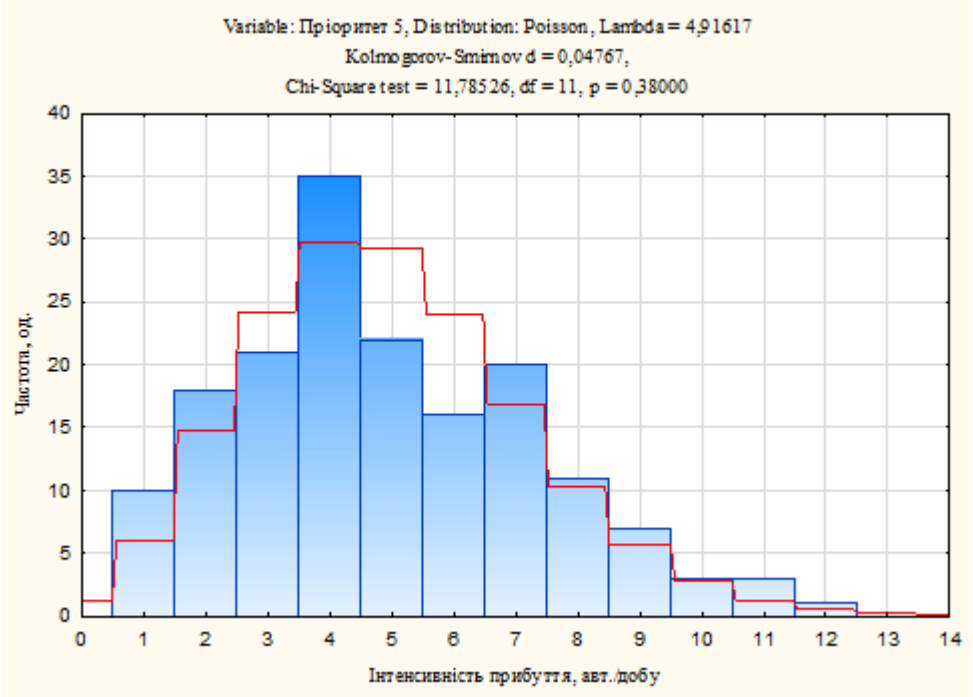


Рис. 26. Гістограма розподілу інтенсивностей прибуття автомобілів з вантажем 5-го пріоритету

Аналіз тривалості обслуговування в пункті переробки дозволив підтвердити гіпотезу про показниковий розподіл часу обслуговування (рис. 27 – 31).

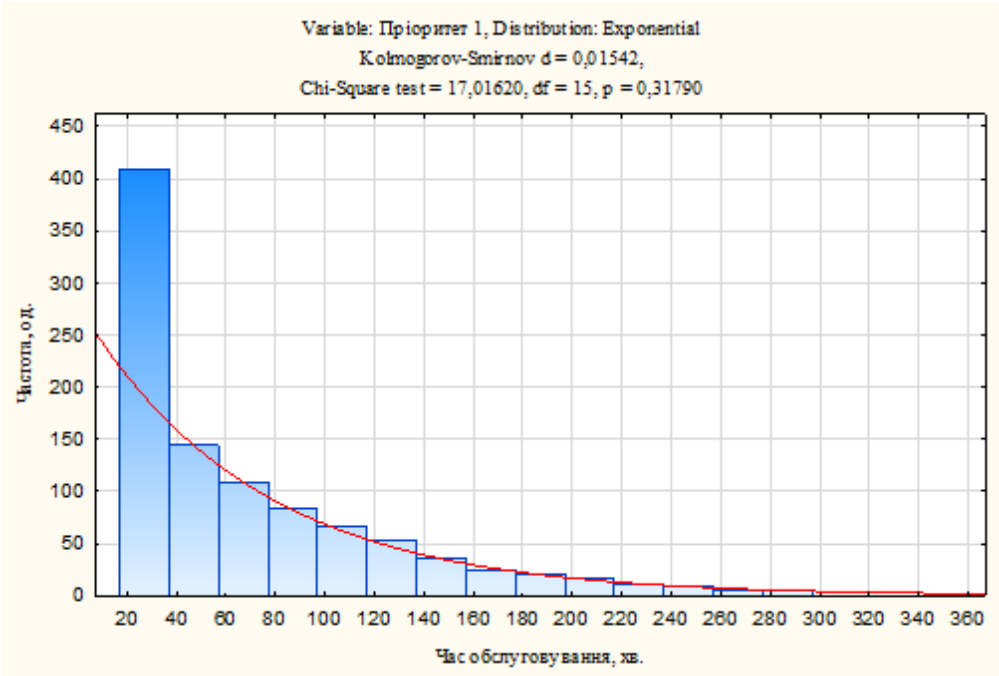


Рис. 27. Гістограма розподілу часу обслуговування з вантажем 1-го пріоритету

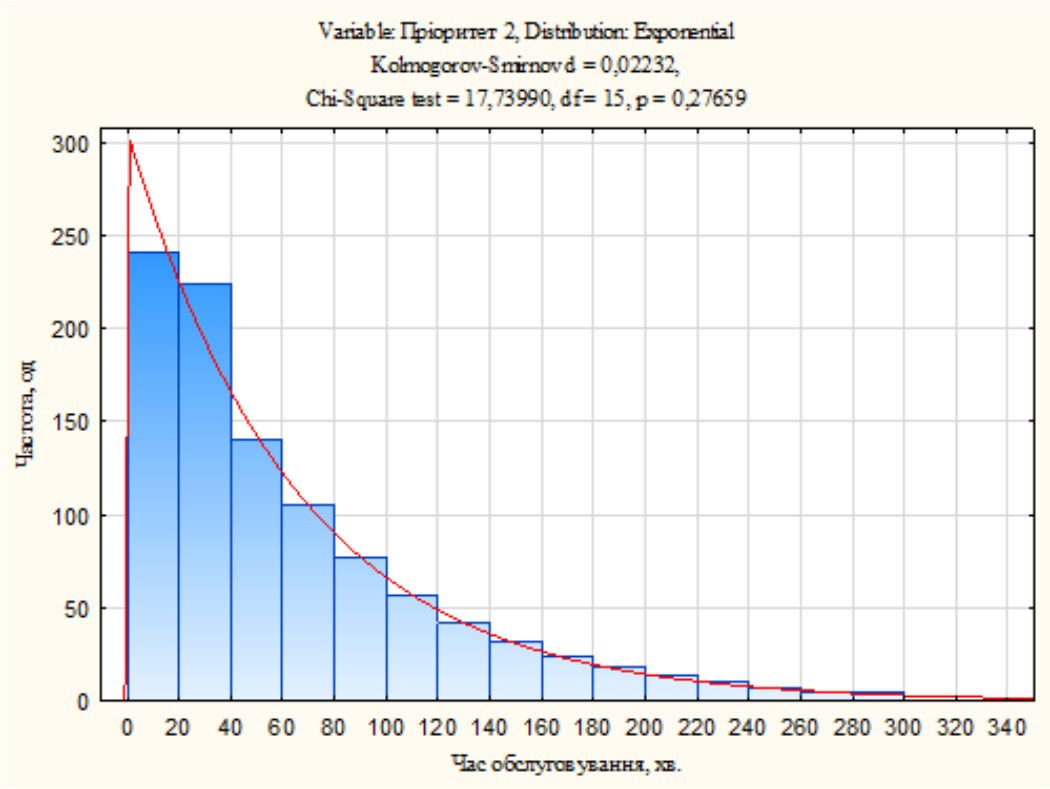


Рис. 28. Гістограма розподілу часу
обслуговування з вантажем 2-го пріоритету

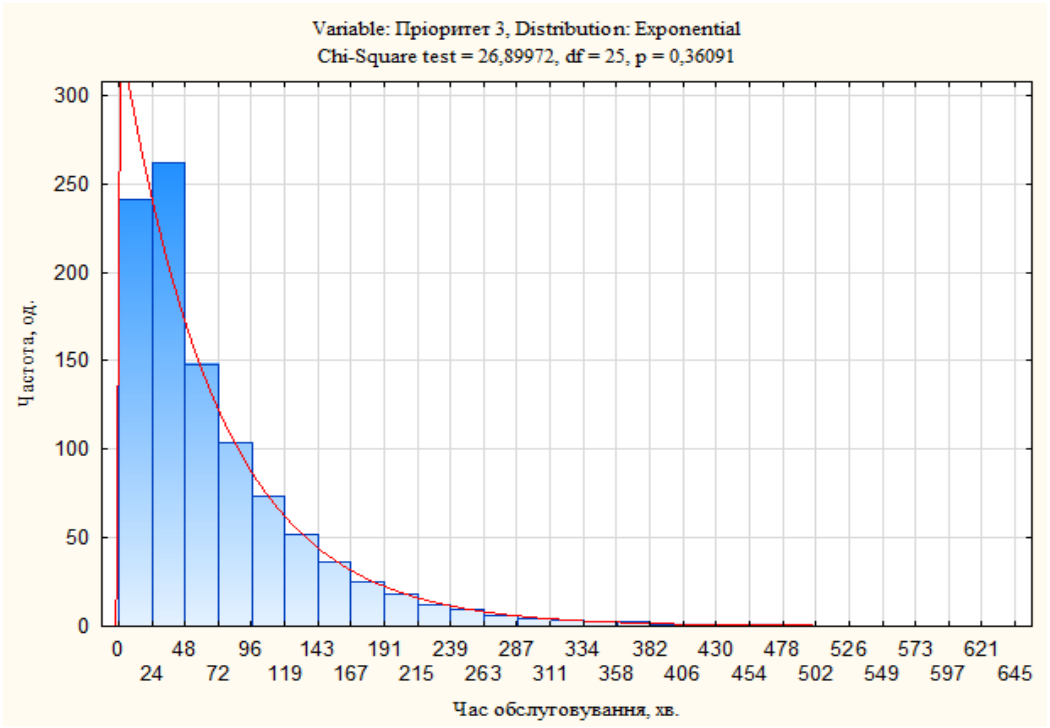


Рис. 29. Гістограма розподілу часу
обслуговування з вантажем 3-го пріоритету

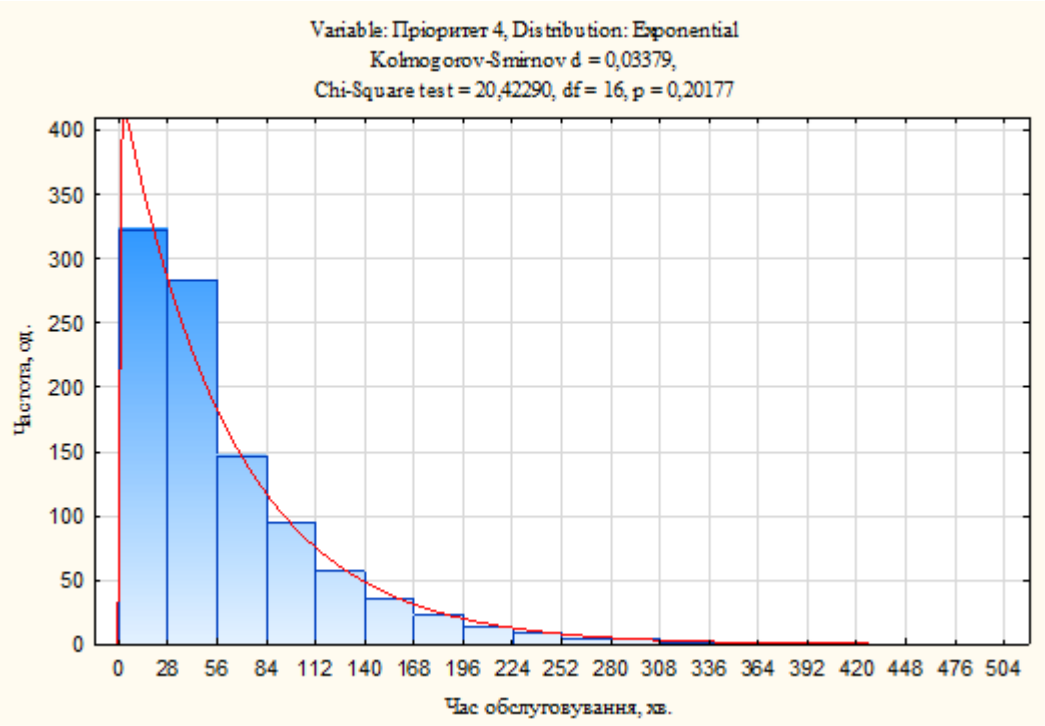


Рис. 30. Гістограма розподілу часу
обслуговування з вантажем 4-го пріоритету

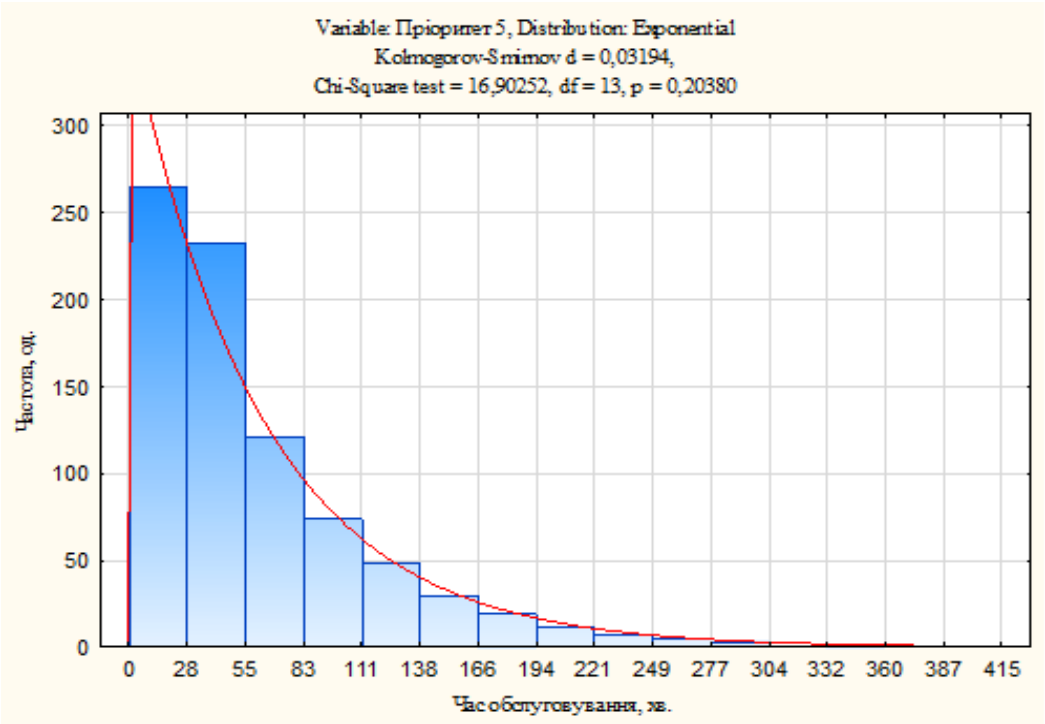


Рис. 31. Гістограма розподілу часу
обслуговування з вантажем 5-го пріоритету

Таким чином, отримані значення критерію χ^2 дозволяють прийняти статистичну гіпотезу щодо характеру випадкових величин у системі: вхідний потік вантажних автомобілів підпорядковується

закону розподілу Пуассона, а тривалість їх обслуговування – показниковому закону (табл. 4).

Таблиця 4

Показники визначення законів розподілу

Клас пріоритету	Закон розподілу	Параметр розподілу	Показники визначення закону розподілу	
			χ^2розр	χ^2табл при p=0,05
Інтенсивність прибуття вантажних автомобілів, авт./добу				
1	Пуассона	14,618	16,757	28,869
2		33,4	19,9	23,685
3		19,231	11,775	16,919
4		12,195	26,135	32,671
5		4,916	11,785	19,675
Час обслуговування вантажних автомобілів, год$^{-1}$				
1	Показниковий	0,84	17,016	24,996
2		0,917	17,74	24,996
3		0,855	26,9	37,652
4		0,943	20,423	26,296
5		0,952	16,903	22,362

Наступним кроком формалізації моделі є інтеграція стохастичних симуляцій на базі пуассонівських процесів прибуття з емпіричними даними натурних експериментів. Така інтеграція забезпечить можливість проведення численних сценаріїв та розробки рекомендацій з оптимізації дисципліни обслуговування в реальних умовах транспортних мереж.

3.3 Імітаційне моделювання процесу обслуговування вантажних автомобілів у пунктах переробки

Наступним кроком дослідження є моделювання інтенсивності надходження вантажних автомобілів до пункту переробки з використанням нормальної апроксимації пуассонівського закону розподілу дискретної випадкової величини.

Концептуальна основа імітаційної моделі базується на відтворенні динамічної взаємодії двох стохастичних процесів:

– надходження вантажних автомобілів до пункту;

– початок їхнього обслуговування.

Безпосередньо час очікування обслуговування *i*-го автомобіля у черзі – це різниця між моментом прибуття вантажних автомобілів і початку їх обслуговування

$$t_{o_i} = T_{\text{поч обсл}_i} - T_{\text{прибуття}_i}, \tag{16}$$

де $T_{\text{поч обсл}_i}$ – момент початку обслуговування *i*-го автомобіля, год.;

$T_{\text{прибуття}_i}$ – момент прибуття *i*-го автомобіля, год.

Першим кроком імітаційного моделювання є визначення моментів прибуття вантажних автомобілів до пункту переробки вантажу. Інструментарієм для побудови імітаційних моделей та проведення експериментальних досліджень обрано середовище MS Excel, що дозволяє реалізувати складні алгоритмічні процедури та автоматизувати процес моделювання. Генерацію псевдовипадкових значень зі стандартного нормального розподілу реалізовано за допомогою вбудованої функції

$$NORM.S.INV(RAND()), \tag{17}$$

Отримані значення слугують основою для апроксимації та моделювання інтенсивності прибуття автомобілів до пункту переробки відповідно до наступної формули

$$X = \mu + \sigma \times Z, \tag{18}$$

де μ – середнє значення фактичної інтенсивності прибуття автомобілів у пункт обслуговування, авт./добу;

σ – середньоквадратичне відхилення інтенсивності прибуття автомобілів у пункт обслуговування;

Z – згенерована величина стандартного нормального розподілу.

Отримані значення інтенсивності надходження вантажних автомобілів використовуються як вихідні дані для стохастичного моделювання пуассонівського процесу прибуття до пункту обслуговування. Симуляція моментів прибуття реалізується за допомогою відповідної функції генерації пуассонівських величин

$$GAMMA.INV(RAND(), B, 1/\bar{X}), \tag{19}$$

де B – номер заявки;

$\bar{X}$ – середнє значення згенерованої інтенсивності прибуття автомобілів у пункт обслуговування, авт./добу.

Другий крок включає імітацію тривалості виконання обслуговування та фіксацію часових інтервалів зайнятості обслуговуючих постів. Генерація випадкових величин часу обслуговування вантажних автомобілів за показниковим розподілом є фундаментальною моделлю безпам'ятних процесів у теорії черг. Реалізація здійснюється в Microsoft Excel за допомогою формули інверсного перетворення

$$\bar{T} \cdot LOG(RAND() \cdot R), \tag{20}$$

де $\bar{T}$ – середнє значення фактичного часу обслуговування автомобілів, год.;

R – масштабуючий коефіцієнт з інтервалу (0;1].

Наступний етап передбачає генерацію псевдовипадкових моментів прибуття та тривалості обслуговування вантажних автомобілів з урахуванням їхнього пріоритетного класу та відповідних законів розподілу. Отримані значення зведено в табл. 5.

Наступним кроком імітаційного моделювання обрано сценарій з одним постом обслуговування, що дає можливість наочно продемонструвати поведінку черги в умовах перевантаження. Результати симуляції систематизовано та зведено в табл. 6.

Таблиця 5

Результати імітаційного моделювання прибуття вантажних автомобілів до пункту переробки вантажу та їх часу обслуговування

Порядковий номер вантажного автомобіля у черзі	Згенерований момент прибуття вантажного автомобіля	Клас пріори-тету	Порядковий номер вантажного автомобіля всередині свого класу пріоритету	Згенеро-ваний час наванта-ження
1	0:13:47	3	1	0:53:00
2	0:28:12	3	2	0:18:00
3	0:29:18	2	1	1:13:00
4	0:37:28	2	2	0:21:00
5	1:14:41	4	1	0:25:00
6	1:25:20	1	1	0:45:00
7	1:54:05	3	3	0:25:00
8	1:56:57	3	4	0:23:00
9	2:00:36	2	3	0:48:00
10	2:09:24	2	4	0:37:00
11	2:19:04	1	2	0:38:00
12	2:30:50	2	5	1:03:00
13	2:45:49	2	6	0:57:00
14	3:08:59	4	2	0:52:00
15	3:59:46	2	7	0:52:00
16	4:29:16	1	3	0:50:00
17	4:44:35	1	4	1:51:00
18	5:23:40	4	3	0:42:00
19	6:20:36	2	8	0:51:00
20	6:29:46	2	9	0:24:00
21	6:32:36	3	5	0:48:00

Порядковий номер вантажного автомобіля у черзі	Згенерований момент прибуття вантажного автомобіля	Клас пріори-тету	Порядковий номер вантажного автомобіля всередині свого класу пріоритету	Згенеро-ваний час наванта-ження
22	6:34:03	5	1	0:26:00
23	6:47:19	3	6	1:11:00
24	6:50:28	2	10	0:34:00
25	7:01:40	2	11	0:21:00
26	8:06:49	1	5	0:43:00
27	8:18:06	4	4	0:48:00
28	8:36:25	3	7	1:28:00
29	8:37:22	3	8	0:25:00
30	9:25:09	3	9	0:19:00
31	9:42:19	2	12	1:43:00
32	10:08:14	3	10	1:53:00
33	10:13:39	4	5	0:46:00
34	10:28:12	2	13	0:21:00
35	10:33:22	2	14	0:35:00
36	11:08:05	2	15	0:29:00
37	11:19:57	4	6	0:18:00
38	11:45:07	1	6	0:41:00
39	11:57:46	1	7	0:41:00
40	12:18:48	2	16	0:46:00
41	12:48:19	2	17	0:42:00
42	12:58:55	2	18	0:28:00
43	13:10:55	2	19	0:56:00
44	13:58:39	2	20	0:42:00

Порядковий номер вантажного автомобіля у черзі	Згенерований момент прибуття вантажного автомобіля	Клас пріоритету	Порядковий номер вантажного автомобіля всередині свого класу пріоритету	Згенерований час навантаження
45	14:12:57	2	21	1:35:00
46	14:47:28	1	8	1:02:00
47	14:48:16	3	11	0:32:00
48	15:02:05	1	9	1:06:00
49	15:11:42	5	2	0:49:00
50	15:19:29	4	7	0:24:00
51	15:27:55	2	22	0:45:00
52	15:30:36	3	12	0:21:00
53	15:31:03	2	23	1:05:00
54	15:38:53	2	24	0:25:00
55	15:43:35	2	25	0:26:00
56	16:00:07	4	8	1:43:00
57	16:01:34	5	3	0:19:00
58	16:20:57	1	10	0:22:00
59	16:34:19	2	26	0:32:00
60	16:37:12	3	13	0:28:00
61	16:55:53	3	14	0:34:00
62	17:05:35	4	9	0:30:00
63	17:06:34	3	15	1:34:00
64	17:33:47	5	4	0:51:00
65	17:41:24	2	27	0:33:00
66	17:41:59	3	16	0:34:00
67	17:49:26	4	10	1:31:00

Порядковий номер вантажного автомобіля у черзі	Згенерований момент прибуття вантажного автомобіля	Клас пріоритету	Порядковий номер вантажного автомобіля всередині свого класу пріоритету	Згенерований час навантаження
68	18:06:38	2	28	1:27:00
69	18:30:43	2	29	0:23:00
70	19:03:00	3	17	2:39:00
71	19:41:49	4	11	0:56:00
72	19:46:21	1	11	0:33:00
73	19:56:04	1	12	0:22:00
74	20:03:06	2	30	0:26:00
75	20:08:34	1	13	1:09:00
76	20:22:31	3	18	0:34:00
77	21:22:06	3	19	0:23:00
78	22:42:52	1	14	0:22:00
79	22:56:02	1	15	0:33:00
80	23:03:29	4	12	0:45:00
81	23:15:19	3	20	0:24:00
82	23:37:11	4	13	0:30:00

Таблиця 6

Результат імітації поведінки черги та процесу переробки заявок з одним постом обслуговування

Порядковий номер вантажного автомобіля	Момент початку обслуговування	Момент закінчення обслуговування
1	0:13	1:06
3	1:06	2:19
6	2:19	3:04
11	3:04	3:42

Порядковий номер вантажного автомобіля	Момент початку обслуговування	Момент закінчення обслуговування
4	3:42	4:03
9	4:03	4:51
16	4:51	5:41
17	5:41	7:32
10	7:32	8:09
26	8:09	8:52
12	8:52	9:55
13	9:55	10:52
15	10:52	11:44
19	11:44	12:35
38	12:35	13:16
39	13:16	13:57
20	13:57	14:21
24	14:21	14:55
46	14:55	15:57
48	15:57	17:03
58	17:03	17:25
25	17:25	17:46
31	17:46	19:29
34	19:29	19:50
72	19:50	20:23
73	20:23	20:45
75	20:45	21:54
35	21:54	22:29
36	22:29	22:58

Порядковий номер вантажного автомобіля	Момент початку обслуговування	Момент закінчення обслуговування
78	22:58	23:20
79	23:20	23:53
40	23:53	0:39
41	0:39	1:21
42	1:21	1:49
43	1:49	2:45
44	2:45	3:27
45	3:27	5:02
51	5:02	5:47
53	5:47	6:52
54	6:52	7:17
55	7:17	7:43
59	7:43	8:15
65	8:15	8:48
68	8:48	10:15
69	10:15	10:38
74	10:38	11:04
2	11:04	11:22
7	11:22	11:47
8	11:47	12:10
21	12:10	12:58
23	12:58	14:09
28	14:09	15:37
29	15:37	16:02
30	16:02	16:21

Порядковий номер вантажного автомобіля	Момент початку обслуговування	Момент закінчення обслуговування
32	16:21	18:14
47	18:14	18:46
52	18:46	19:07
60	19:07	19:35
61	19:35	20:09
63	20:09	21:43
66	21:43	22:17
70	22:17	0:56
76	0:56	1:30
77	1:30	1:53
81	1:53	2:17
5	2:17	2:42
14	2:42	3:34
18	3:34	4:16
27	4:16	5:04
33	5:04	5:50
37	5:50	6:08
50	6:08	6:32
56	6:32	8:15
62	8:15	8:45
67	8:45	10:16
71	10:16	11:12
80	11:12	11:57
82	11:57	12:27
22	12:27	12:53

Порядковий номер вантажного автомобіля	Момент початку обслуговування	Момент закінчення обслуговування
49	12:53	13:42
57	13:42	14:01
64	14:01	14:52

Результатом даного дослідження є моделювання функціонування вантажного пункту переробки з одним постом обслуговування. Це дає змогу кількісно оцінити параметри функціонування системи на основі показника середнього часу очікування (табл. 7).

Таблиця 7

Середній час очікування обслуговування за результатами імітаційного моделювання

Показник	Обслуговування одним постом
Середній час очікування обслуговування автомобілів з вантажем 1-го пріоритету, год.	0,59
Середній час очікування обслуговування автомобілів з вантажем 2-го пріоритету, год.	10,34
Середній час очікування обслуговування автомобілів з вантажем 3-го пріоритету, год.	27,84
Середній час очікування обслуговування автомобілів з вантажем 4-го пріоритету, год.	41,44
Середній час очікування обслуговування автомобілів з вантажем 5-го пріоритету, год.	47,44
Середній час очікування заявки постом, год.	0

На основі проведених натурних спостережень та обробки емпіричних даних сформовано блок характеристик функціонування пункту переробки вантажів, що включає параметри інтенсивності прибуття вантажних автомобілів, тривалості обслуговування, оформлення документів та загального часу перебування у системі,

що дозволило забезпечити інформаційну базу для подальшого моделювання.

Виявлено, що вхідний потік вантажних автомобілів на досліджуваному об’єкті є неоднорідним за структурою та інтенсивністю, а також диференційованим за пріоритетними класами, що обумовлює суттєву варіацію часових параметрів обслуговування та підтверджує необхідність урахування ієрархічної системи пріоритетів.

На основі статистичної обробки емпіричних даних отримано кількісні оцінки параметрів часу перебування вантажних автомобілів у пунктах переробки, які характеризуються значною варіативністю, що свідчить про стохастичний характер досліджуваних процесів.

Встановлено, що середні значення часу очікування суттєво зростають зі зниженням рівня пріоритету, що підтверджує вплив обраної дисципліни обслуговування на розподіл ресурсів системи та ефективність обробки різних категорій вантажів.

На основі перевірки статистичних гіпотез із використанням критерію Пірсона підтверджено адекватність припущень щодо пуассонівського характеру розподілу інтенсивності прибуття вантажних автомобілів і показникового закону розподілу часу їх обслуговування, що дозволило обґрунтувати застосування апарату теорії масового обслуговування для подальшого моделювання.

Отримані результати статистичного аналізу дозволили здійснити параметризацію імітаційної моделі на основі реальних даних, що забезпечило її адекватність реальним умовам функціонування пунктів переробки вантажів.

На основі інтеграції емпіричних даних та стохастичних методів сформовано імітаційну модель процесу обслуговування вантажних автомобілів, яка відтворює динаміку надходження заявок, їх обробки та формування черги з урахуванням пріоритетів.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ У ПУНКТАХ ПЕРЕРОБКИ

Розробка методики імітаційного моделювання й аналітичної моделі оцінки часових характеристик роботи пункту переробки вантажу базується на застосуванні комбінованої стратегії пріоритетності (відносний пріоритет + FIFO в рамках одного пріоритету), що дозволяє формалізувати процеси очікування та обслуговування в межах добового періоду експлуатації.

Практична реалізація розробленої методики комплексно сприяє інтенсифікації взаємодії вантажних автомобілів і пунктів переробки вантажів, створюючи синергетичний ефект у транспортно-логістичному процесі. Глибока формалізація стохастичних і поведінкових характеристик транспортних черг із урахуванням реальних закономірностей надходження вантажних автомобілів та часу обслуговування гарантує високу точність і адекватність прогнозних моделей. Упровадження таких рішень дозволяє ефективно мінімізувати детерміновані та випадкові затримки, усунути інфраструктурні диспропорції та суттєво підвищити загальну пропускну здатність системи. Зазначене досягається завдяки системній оптимізації часових параметрів очікування, раціональному управлінню чергами та зниженню непродуктивних простоїв вантажних автомобілів, що в сукупності забезпечує зростання економічної та операційної ефективності функціонування пунктів переробки.

4.1 Аналіз результатів дослідження

Об’єктом імітаційного моделювання виступає процес функціонування пункту переробки вантажів у взаємодії з потоком вантажних автомобілів. Вхідний потік вантажних автомобілів ідентифіковано як пуассонівський, а тривалість їх обслуговування апроксимовано показниковим законом розподілу. Дисципліна обслуговування в системі базується на принципах відносного пріоритету. Ключовим вихідним показником моделі є середній час очікування обслуговування вантажними автомобілями, чисельні значення якого представлено в табл. 8.

Таблиця 8

Результати розрахунку середнього часу очікування обслуговування вантажними автомобілями за пріоритетними групами, год.

Параметр	Значення середнього часу очікування, год.
Пріоритет 1	0,59
Пріоритет 2	10,34
Пріоритет 3	27,84
Пріоритет 4	41,44
Пріоритет 5	47,44
Сума за пріоритетами	127,65
Пости обслуговування	0

Система імітаційного моделювання підтверджує коректність роботи алгоритму пріоритетності. Для заявок 1-го пріоритету час очікування мінімізований, що вказує на високу оперативність обробки критично важливих вантажів. Найбільш відчутний вплив дефіциту ресурсів спостерігається у категоріях з низьким пріоритетом (4 та 5 пріоритети). При одному пості час очікування для 5-го пріоритету сягає 47,44 год., що в умовах реальних логістичних процесів може призвести до псування вантажу або значних штрафних санкцій.Час очікування заявок на обслуговування пунктом з одним постом обслуговування дорівнює 0, що свідчить сто відсоткову завантаженість обладнання та наявність постійної черги і набування нею характеру нескінченного росту.

Наступний етап дослідження передбачає визначення середнього часу очікування обслуговування за відповідними пріоритетами із застосуванням розробленого аналітичного інструменту(формула 7).

Для забезпечення порівнянності результатів та оцінки адекватності розроблених моделей, у якості вхідних параметрів для аналітичного розрахунку використано дані, згенеровані в процесі імітаційного моделювання. Останні ґрунтуються на масиві емпіричних спостережень за реальним об’єктом дослідження.

Зведені характеристики вхідного потоку та параметрів обслуговування представлено в табл. 9.

Таблиця 9

Результати розрахунку середнього часу очікування обслуговування вантажними автомобілями за пріоритетними групами, год.

Показник	Пріоритет 1	Пріоритет 2	Пріоритет 3	Пріоритет 4	Пріоритет 5
Середньодобова інтенсивність прибуття автомобілів, авт./добу	15	30	20	13	4
Середньодобова інтенсивність прибуття автомобілів за годину, авт./год.	0,63	1,25	0,83	0,54	0,17
Середній час обслуговування, год.	0,78	0,74	0,81	0,78	0,6
Середня інтенсивність обслуговування автомобілів, авт./год.	1,28	1,35	1,23	1,28	1,67

Перший момент часу обслуговування для 1 пріоритету в одноканальній (пункт переробки вантажу має лише один пост обслуговування) за залежністю 12 складуть

$$M\left(X_1\right)=\frac{1}{1,28}\cdot\left(1-\exp^{-1,28\cdot 24}-1,28\cdot 24\exp^{-1,28\cdot 24}\right)=0,78 \text{ год.}$$

Тоді другий момент часу обслуговування для 1 пріоритету за 13 складе

$$M\left(X_1^2\right)=$$

$$=\frac{2}{1,28^2}\cdot\left(1-\exp^{-1,28\cdot 24}-1,28\cdot 24\exp^{-1,28\cdot 24}-\frac{\left(1,28\cdot 24\right)^2}{2}\exp^{-1,28\cdot 24}\right)=$$

$$=1,22 \text{ год}^2.$$

Навантаження на обслуговуючу одноканальну систему з боку автомобілів 1 пріоритету становитиме

$$\rho_1=0,63\cdot 0,78=0,49.$$

Тоді момент часу очікування обслуговування для 1 пріоритету в одноканальній системі обслуговування (7) складе

$$M(W_1) = \frac{0,63^2 \cdot 1,22 + 1,25^2 \cdot 1,1 + 0,83^2 \cdot 1,32 + 0,54^2 \cdot 1,22 + 0,17^2 \cdot 0,72}{2 \cdot (1 - 0,49)} = 3,42 \text{ год.}$$

Зведені результати розрахунків представлені в табл. 10.

Таблиця 10

Узагальнені результати розрахунків показників функціонування одноканального пункту переробки вантажу

Показник	Пріоритет 1	Пріоритет 2	Пріоритет 3	Пріоритет 4	Пріоритет 5	Сума
Перший момент обслуговування $M(X)$, год.	0,78	0,74	0,81	0,78	0,6	
Другий момент обслуговування $M(X^2)$, год^2.	1,22	1,1	1,32	1,22	0,72	
Навантаження на пункт з одним постом обслуговування, ρ	0,49	0,93	0,67	0,42	0,1	2,61
Момент часу очікування обслуговування в пункті з одним постом обслуговування, M(W), год.	3,42	-*	-*	-*	-*	

-*значення відповідають стану нестабільності системи, що характеризується неконтрольованим зростанням черги.

Таким чином, результатом аналітичного моделювання є визначення параметрів тривалості очікування обслуговування для кожної категорії пріоритетності вантажних автомобілів. Отримані розрахункові значення систематизовано в таблиці 11.

Таблиця 11

Узагальнені результати аналітичного розрахунку часу очікування для різних пріоритетних груп автомобілів і конфігурацій пункту переробки вантажу

Показник	Пріоритет 1	Пріоритет 2	Пріоритет 3	Пріоритет 4	Пріоритет 5	Сума
Момент часу очікування обслуговування в пункті з одним постом обслуговування, $M(W)$, год.	3,42	-*	-*	-*	-*	

-*значення відповідають стану нестабільності системи, що характеризується неконтрольованим зростанням черги.

Аналіз отриманих результатів дозволяє комплексно охарактеризувати стан системи переробки вантажів. Встановлено, що за умови використання одного посту сумарний коефіцієнт навантаження перевищує критичну межу ($\rho = 2{,}61$). Це свідчить про перевантаження системи та неможливість формування керованої черги. Отримані в ході розрахунків значення, що відповідають стану нестабільності системи, що характеризується неконтрольованим зростанням черги, для нижчих класів пріоритетів є наслідком застосування формул до нестабільних систем, де розв'язок для $M(W)$ не існує.

4.2 Формування стратегій обслуговування вантажних автомобілів пунктами переробки

Формування науково обґрунтованих стратегій обслуговування вантажних автомобілів у пунктах переробки являє собою складну багатокритеріальну задачу, що лежить у площині управління стохастичними процесами та вимагає глибокої оптимізації міжкомпонентної взаємодії між вантажними автомобілями й пунктом переробки вантажів. Нелінійний характер цієї взаємодії зумовлений постійним впливом випадкових факторів, які дестабілізують ритмічність вхідних вантажопотоків та спричиняють виникнення просторово-часових десинхронізацій на стиках

транспортних і складських операцій. За таких умов розробка управлінських рішень передбачає відмову від спрощених детермінованих алгоритмів на користь динамічних адаптивних стратегій, здатних враховувати імовірнісну природу логістичних процесів та забезпечувати високу гнучкість обслуговуючого середовища.

Головною метою стратегічного планування та комплексної організації роботи пунктів переробки виступає мінімізація сукупного часу перебування вантажних автомобілів у системі, який складається з тривалості очікування в зоні накопичення та часу безпосереднього виконання технологічних операцій на постах. Скорочення цієї часової метрики виступає ключовим інструментом мінімізації сукупних транспортно-логістичних витрат, оскільки дозволяє суттєво зменшити непродуктивні простої вантажних автомобілів, підвищити коефіцієнт його використання та знизити обсяги іммобілізованого в дорозі капіталу. Реалізація оптимізаційних стратегій в умовах стохастичного вхідного потоку дає змогу досягти раціонального компромісу між рівнем завантаження переробної спроможності пункту переробки та величиною економічних збитків від очікування обслуговування, забезпечуючи високу стійкість і конкурентоспроможність усього ланцюга постачання.

Формування високоефективної стратегії обслуговування вантажних автомобілів у пунктах переробки являє собою системний багатоетапний процес, який вимагає послідовного переходу від емпіричного спостереження до математичного моделювання та оптимізації. Початковий етап даного дослідження відіграє фундаментальну роль у всій науково-прикладній методиці, оскільки від повноти, структурованості та точності первинних даних безпосередньо залежить адекватність розроблених у подальшому розрахункових моделей. На даній стадії здійснюється комплексна фіксація та статистична обробка інформації щодо часових і кількісних характеристик потоку вантажних автомобілів, динамічних закономірностей формування затримок у накопичувальних зонах та операційних параметрів функціонування пунктів переробки.

Ключовим завданням початкового етапу є сувора кількісна та якісна ідентифікація базових параметрів досліджуваної системи масового обслуговування. Першочерговому аналізу підлягає

топологічна структура обробного фронту, зокрема кількість, пропускна спроможність та технологічна спеціалізація наявних каналів (постів) обслуговування. Паралельно здійснюється формалізація вхідного потоку вимог через виявлення наявності та внутрішньої структури пріоритетних категорій (наприклад, за ознаками форми власності рухомого складу, терміновості доставки чи спряженості з залізничним транспортом). Окрім цього, хронометруванню підлягає середній час обслуговування для кожної з визначених пріоритетних груп.

Зібраний на початковому етапі емпіричний масив даних становить методичний базис для подальших етапів дослідження. Це забезпечує високу обґрунтованість розроблюваних управлінських стратегій та мінімізує похибку прогнозування часу перебування автомобілів у пункті переробки.

На другому етапі визначається середня інтенсивність прибуття вантажних автомобілів за пріоритетними класами та опис статистичних характеристик процесу обслуговування, а саме – розрахунок першого та другого моментів часу обслуговування вимог усіх класів пріоритетності згідно з формулами (12; 13).

Наступним кроком є визначення навантаження на пункт переробки вантажів з боку вхідного потоку автомобілів *k*-го пріоритету. Значення навантаження базується на отриманих раніше показниках інтенсивності надходження та середнього часу обслуговування для кожної групи вимог, а саме у випадку одноканальної моделі обслуговування (наявність одного поста у пункті переробки вантажу) навантаження для кожного класу пріоритету розраховується за аналітичною залежністю (5).

Функціонування системи в критичному режимі, за якого коефіцієнт завантаження перевищує одиницю, характеризується втратою стаціонарної стійкості процесу обслуговування. За таких умов інтенсивність вхідного потоку вимог перевищує максимально можливу продуктивність пункту переробки вантажів, що призводить до системної неспроможності об’єкта оперативно реагувати на запити транспортного потоку та спричиняє неконтрольоване зростання довжини черги.

Подолання виникаючого дефіциту переробної спроможності вимагає реалізації адаптивних стратегій управління, спрямованих на гнучке коригування параметрів системи та підвищення її пропускної здатності. Основними організаційно-технологічними важелями

оптимізації взаємодії пункту переробки з вантажними автомобілями в умовах перевантаження є:

– автоматизація та цифровізація інформаційно-документальних процесів, що дозволяє мінімізувати часові витрати на виконанні підготовчо-заключних та оформлювальних операцій;

– структурне масштабування системи, яке передбачає збільшення кількості постів обслуговування для розосередження та раціонального перерозподілу навантаження між постами;

– технічна модернізація та реінжиніринг технологічного оснащення, спрямовані на підвищення інтенсивності обслуговування.

На заключному етапі розробки стратегій здійснюється розрахунок моментів часу очікування обслуговування для кожного класу пріоритетності. Отримані значення дозволяють оцінити часові параметри затримок вантажних автомобілів у черзі та визначити загальну ефективність технологічного процесу в пункті переробки вантажів.

Алгоритм розрахунку моменту часу очікування обслуговування за пріоритетами представлено у вигляді блок-схеми на рис. 32, а методику обслуговування вантажних автомобілів у пунктах переробки – на рис. 33.


Початок
Збір вихідних даних
Визначення критеріїв і рівнів пріоритетності в системі обслуговування вантажних автомобілів
Визначення параметрів інтенсивності прибуття вантажних автомобілів (λ_k) і середнього часу їх обслуговування (t_k)
Розрахунок першого моменту часу обслуговування (2.39), $M(X)$
Розрахунок другого моменту часу обслуговування (2.40), $M(X^2)$
Розрахунок навантаження на пункт переробки для кожного класу пріоритету (2.21), ρ_k
Б
А

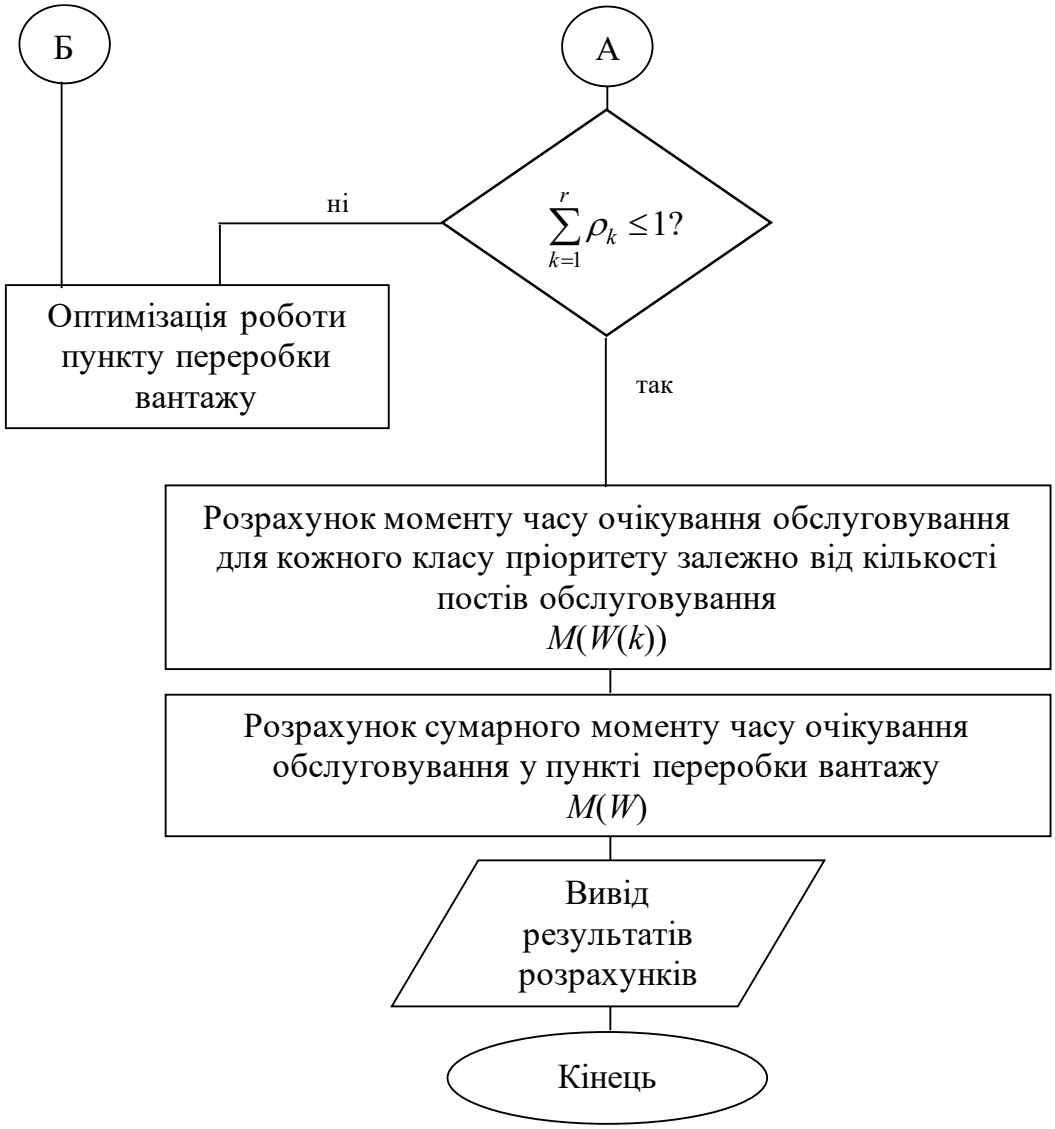
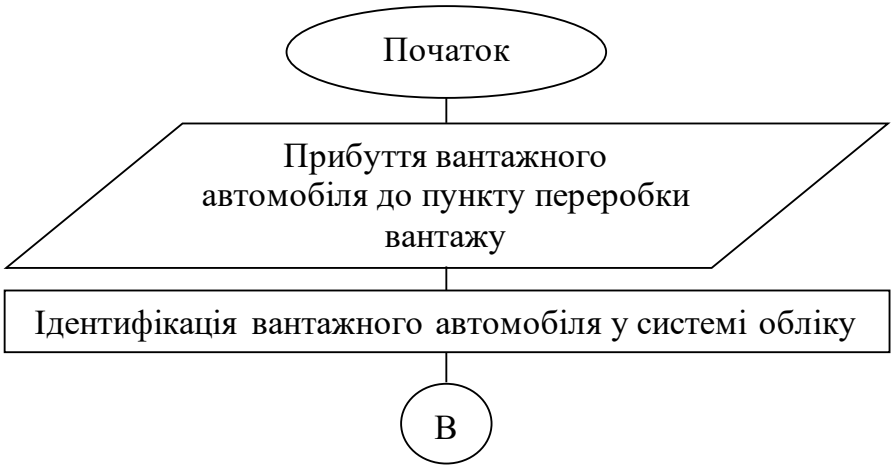
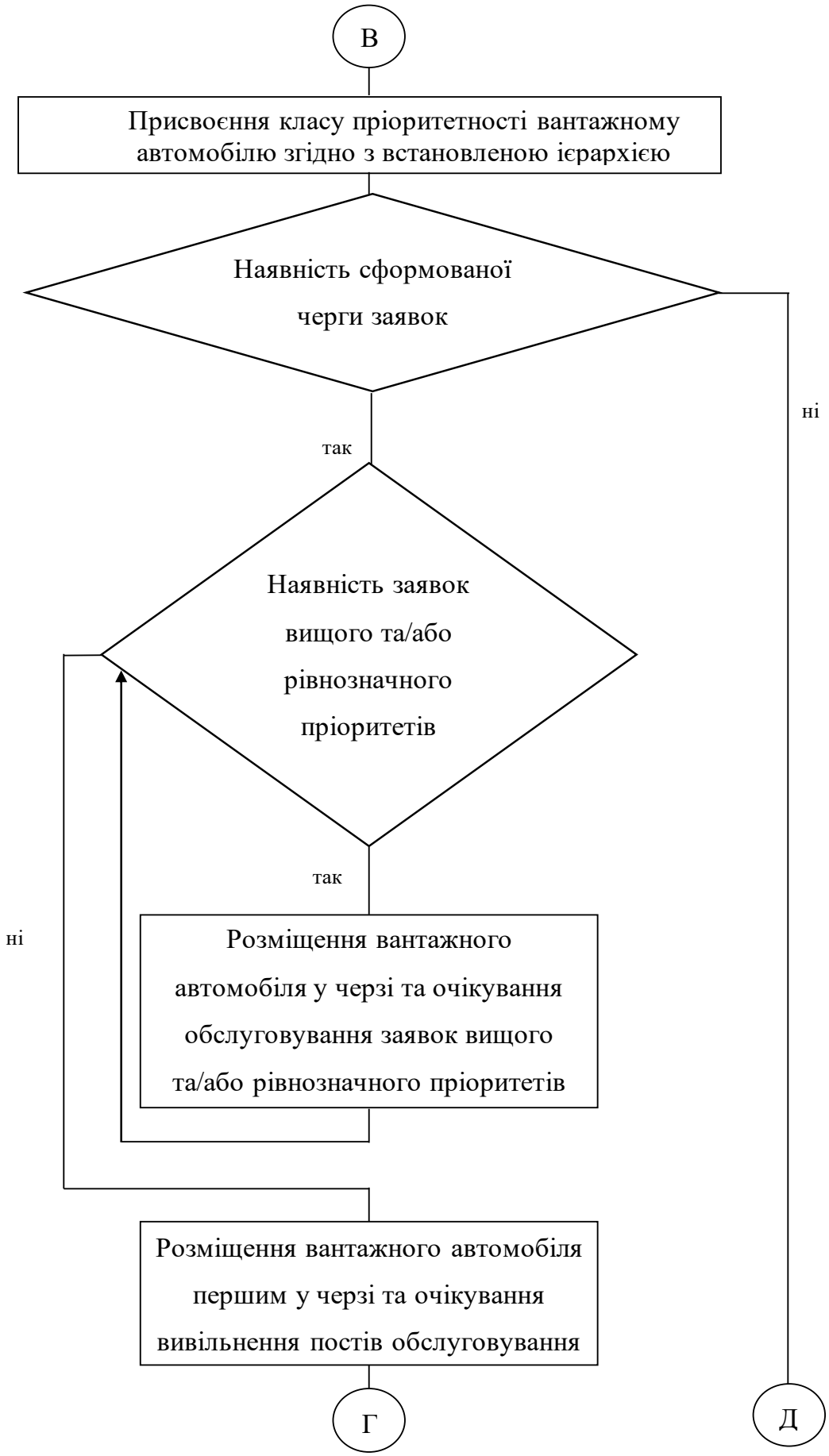


Рис. 32. Блок-схема алгоритму розрахунку моменту часу очікування обслуговування за пріоритетами




В
Присвоєння класу пріоритетності вантажному автомобілю згідно з встановленою ієрархією
Наявність сформованої черги заявок
ні
так
Наявність заявок вищого та/або рівнозначного пріоритетів
так
ні
Розміщення вантажного автомобіля у черзі та очікування обслуговування заявок вищого та/або рівнозначного пріоритетів
Розміщення вантажного автомобіля першим у черзі та очікування вивільнення постів обслуговування
Г
Д

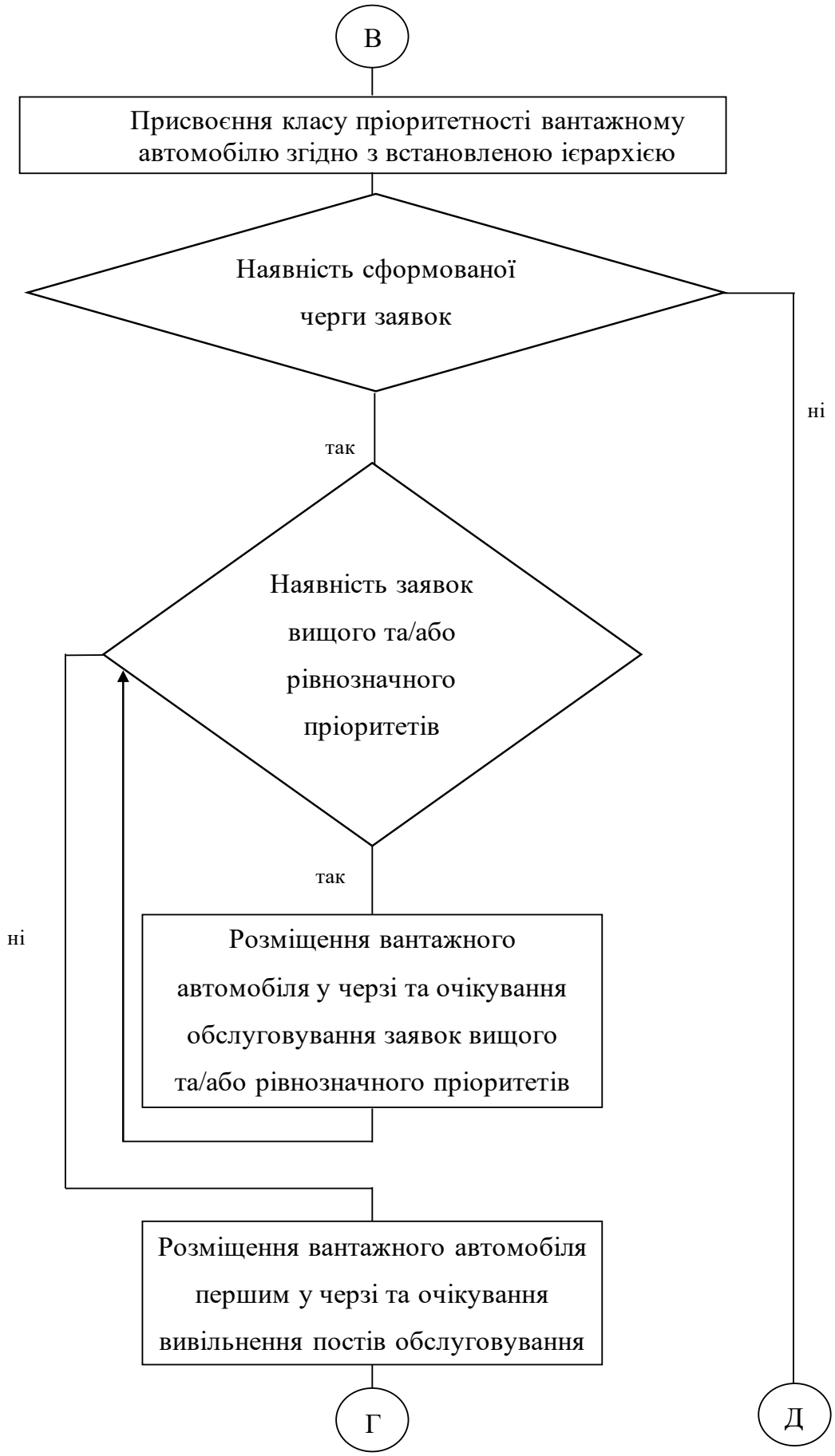

В
Присвоєння класу пріоритетності вантажному автомобілю згідно з встановленою ієрархією
Наявність сформованої черги заявок
ні
так
Наявність заявок вищого та/або рівнозначного пріоритетів
так
ні
Розміщення вантажного автомобіля у черзі та очікування обслуговування заявок вищого та/або рівнозначного пріоритетів
Розміщення вантажного автомобіля першим у черзі та очікування вивільнення постів обслуговування
Г
Д



Рис. 33. Блок-схема стратегії обслуговування вантажних автомобілів у пунктах переробки вантажу

4.3 Практичні рекомендації щодо використання пропонованих стратегій по обслуговуванню пунктами переробки вантажних автомобілів

На основі проведених експериментальних досліджень та розробленої аналітичної моделі сформовано комплекс практичних рекомендацій щодо підвищення ефективності взаємодії вантажних автомобілів і пунктів переробки вантажів. Практична імплементація пропонованих стратегій базується на оптимізації ресурсної бази, впровадженні ефективних дисциплін черги та використанні методу часової декомпозиції.

Формування стратегій обслуговування має базуватися на аналізі факторів, що визначають ефективність роботи пункту переробки. Систематизація цих факторів слугує опорою для формування ієрархічної моделі пріоритетного обслуговування, спрямованої на оптимізацію часових і вартісних параметрів доставки вантажу.

Дисципліна відносного пріоритету розглядається як базовий механізм управління вхідним потоком. Згідно з цим принципом, заявка з вищим пріоритетним індексом, що надійшла в систему, не спричиняє переривання поточної операції з автомобілем нижчого пріоритету, але посідає перше місце в черзі для подальшої обробки. Такий підхід гарантує цілісність технологічного циклу обслуговування, оскільки прибуття пріоритетного вантажного автомобіля не перериває вже розпочате виконання вантажних операцій, що дозволяє уникнути додаткових часових і економічних втрат на повторні маневри та підготовчі дії.

Для досягнення балансу між терміновістю та рівномірністю очікування, кожен виокремлений клас пріоритетності розглядається як локальна підсистема, де діє правило черговості за моментом надходження. Це гарантує, що жоден автомобіль у межах своєї групи не буде випереджений іншим вантажним автомобілем з аналогічними характеристиками, який прибув пізніше. Подібна дворівнева структура (зовнішній пріоритет + внутрішній FIFO) є оптимальною для стабілізації загального часу перебування автомобілів у системі, особливо в умовах високої інтенсивності вхідного потоку.

Враховуючи стохастичний характер взаємодії пункту переробки і вантажних автомобілів, де вхідний потік автомобілів описується пуассонівським законом, а тривалість технологічних операцій підпорядковується показниковому розподілу, управління має здійснюватися безперервно. Оскільки інтервали між прибуттями вантажних автомобілів і тривалість їх обслуговування є випадковими величинами, виникає ризик короткочасних перевантажень навіть при нормативному середньому рівні завантаження. Безперервний контроль дозволяє вчасно коригувати пріоритетність заявок та розподіл ресурсів між постами, мінімізуючи сумарні втрати часу на очікування.

Для підвищення ефективності управління пунктами переробки практична діяльність диспетчерського центру має базуватися на науково обґрунтованому алгоритмі, який забезпечує перехід від інтуїтивного планування до точного прогнозування процесів обслуговування.

Впровадження системи відносних пріоритетів на пунктах переробки вантажу обумовлює необхідність формування комплексу адаптивних стратегій для автотранспортних підприємств з метою гармонізації їхніх операційних циклів. Враховуючи взаємозв'язок між пріоритетним статусом вантажу, рівнем напруженості системи та часовими втратами, стратегія випуску автомобілів на лінію має базуватися на критеріях мінімізації сукупних логістичних витрат, де час очікування розглядається як ключовий обмежувальний фактор.

Перевізникам доцільно планувати виконання рейсів з урахуванням критеріїв, за якими термінал надає найвищий пріоритет (наприклад, орендований транспорт або вантажі з високими штрафними санкціями за затримку). Автомобілі з вантажем низького пріоритету (наприклад, порожня тара, внутрішнє переміщення) слід направляти на пункт переробки у нічні або найменш завантажені зміни, де ймовірність виникнення нескінченної черги є мінімальною.

Для підвищення ефективності взаємодії вантажних автомобілів і пунктів переробки вантажу автотранспортним компаніям рекомендовано впроваджувати наскрізну діджиталізацію документообігу. Попередня передача супровідної інформації до пункту переробки до моменту фізичного прибуття вантажного автомобіля дозволяє реалізувати стратегію превентивного оформлення заявок. Це скорочує час перебування вантажного автомобіля у пункті переробки вантажу, підвищуючи середню

інтенсивність обслуговування та, як наслідок, знижуючи загальний коефіцієнт завантаження системи.

Для нівелювання негативного впливу випадкових сплесків інтенсивності прибуття автомобілів управління функціонуванням вантажних автомобілів має базуватися на принципах інформаційної прозорості. Моніторинг поточного навантаження на пункт переробки вантажу у реальному часі дозволяє диспетчеру здійснювати оперативне керування. Це перетворює некерований процес утворення черг у контрольовану декомпозицію потоку, що мінімізує витрати палива та непродуктивні простої автомобілів у зоні пункту переробки вантажу.

Розроблена методика обслуговування вантажних автомобілів у пунктах переробки базується на дворівневому аналізі: імітаційне відтворення реальних умов експлуатації поєднується з жорстким математичним апаратом теорії черг. Це створює надійне підґрунтя для формування стратегій пріоритетного обслуговування, дозволяючи диспетчерському центру оперативно коригувати навантаження на пости та мінімізувати сукупні витрати часу на перебування автомобілів у системі.

Аналітична оцінка параметрів системи дозволила визначити умови її стійкого функціонування. Проведений параметричний аналіз виявив вплив кількості постів обслуговування на стабільність функціонування пункту переробки вантажів.

Застосування комбінованої дисципліни обслуговування, що поєднує механізм відносних пріоритетів із принципом FIFO у межах кожної пріоритетної групи, виступає ефективним інструментом параметричної оптимізації пунктів переробки вантажів. Така дворівнева ієрархія дозволяє трансформувати складні стохастичні процеси очікування у чітко формалізовану математичну структуру. Це забезпечує можливість аналітичного розрахунку часових показників для кожного класу заявок та дозволяє мінімізувати детерміновані затримки, зумовлені ірраціональною організацією черги.

На основі узагальнення результатів дослідження сформовано практичні рекомендації щодо застосування стратегій обслуговування вантажних автомобілів у пунктах переробки вантажів. Обґрунтовано доцільність використання системи відносних пріоритетів, оптимізації кількості постів обслуговування, впровадження часової сегментації процесів обробки та

використання інформаційних технологій для попередньої обробки транспортних заявок. Реалізація запропонованих підходів забезпечує скорочення непродуктивних простоїв вантажних автомобілів, підвищення пропускної здатності пунктів переробки та загальне зростання ефективності функціонування логістичних систем.

ВИСНОВКИ

Проведений комплексний аналіз взаємодії вантажних автомобілів і пунктів переробки показав, що ключовим фактором утворення черг є стохастичний характер вхідного потоку та недосконаліть інструментів прогнозування часу перебування автомобілів у системі. Встановлено, що в реальних умовах очікування в черзі становить до 60–80 % загальної тривалості перебування автомобіля, що обґрунтовує необхідність їх формалізації.

Розроблена математична модель часу перебування вантажних автомобілів у пунктах переробки вантажів враховує стохастичну природу вхідного потоку заявок, параметри обслуговування та структуру черги. Використання моделі дозволяє формалізувати процес обслуговування вантажних автомобілів і визначити основні часові характеристики функціонування системи. Загальний час перебування автомобіля в пункті переробки є сумою часу очікування в черзі, безпосереднього часу обслуговування, часу маневрування, часу на приймання вантажу та часу на оформлення документів. При цьому саме час очікування є керованим параметром, який підлягає оптимізації. Розроблена модель дозволяє визначити час очікування для різних категорій вантажних автомобілів при застосуванні відносного пріоритету.

Запропонована комбінована дисципліна обслуговування, що поєднує механізм відносних пріоритетів із принципом FIFO у межах кожної пріоритетної групи, виступає ефективним інструментом параметричної оптимізації пунктів переробки вантажів. Така дворівнева ієрархія дозволяє трансформувати складні стохастичні процеси очікування у чітко формалізовану математичну структуру. Це забезпечує можливість аналітичного розрахунку часових показників для кожного класу заявок. Встановлено, що процес прибуття вантажних автомобілів з достатнім рівнем точності описується пуассонівським законом розподілу, а час їх обслуговування – показниковим законом розподілу.

Динаміка роботи пункту переробки вантажу автомобільного транспорту протягом заданого часового інтервалу з урахуванням стохастичної природи ключових процесів реалізована за допомогою імітаційного моделювання. Ця модель відтворює зміну виконання операцій автомобіля в пункті переробки: від моменту прибуття,

очікування в черзі з урахуванням визначеної дисципліни до завершення вантажних операцій. Модель дозволяє фіксувати часові параметри для кожної ітерації.

Для підприємств, що обслуговують автомобілі з різнорідними вантажами, доцільним є застосування дисципліни обслуговування з відносним пріоритетом, що забезпечує мінімальний час перебування для критично важливих вантажів без суттєвого розширення інфраструктури. З метою запобігання зростанню черг рекомендовано підтримувати коефіцієнт завантаження пункту на рівні 0,75–0,8, перевищення якого потребує оперативного залучення резервних постів або перерозподілу персоналу. Використання сучасних засобів механізації та стандартизованих технологічних карт зменшує варіацію часу переробки вантажів і скорочує черги. Для пунктів з кількома постами доцільною є організація єдиної електронної черги, що забезпечує рівномірне завантаження ресурсів. Запропонований математичний апарат доцільно інтегрувати в системи управління для прогнозування часу виїзду автомобілів і планування графіків прибуття. Рішення щодо розширення інфраструктури слід приймати на основі економічного компромісу між витратами на простої автомобілів і утримання додаткових постів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *UN Trade and Development (UNCTAD)* URL: https://unctad.org/ (дата звернення: 22.10.2023).

2. *Державна служба статистики України* : офіційний веб-сайт. URL: https://stat.gov.ua/ (дата звернення: 12.03.2026).

3. Кунда Н. Т., Панченко Ю. В. Оцінка доцільності застосування термінальних перевезень за часовими характеристиками. *Вісник Національного транспортного університету*. 2013. № 28. С. 257–266.

4. Нагорний Є. В., Самойленко А. С. Методика визначення часу переробки тарно–штучних вантажів на терміналі. *Автомобільний транспорт*. 2006. №19. С. 72–76.

5. Aldona Jarašūnienė Optimisation of technological processes in terminals. *Transport*. 2004. № 19(5). P. 207–213. DOI: 10.3846/16484142.2004.9637978.

6. Марченко В., Бугайко Д. Сучасні перспективи розвитку транспортної логістикивідповідно до нових ринкових тенденцій та проблем сьогодення. *Conference: POLIT.Challenges of science today*. 2022. № 12. С. 251–252.

7. Гуцалюк О. В. Цифрова трансформація логістичного менеджменту на основі використання технологій штучного інтелекту. *Економіка та суспільство*. 2021. № 26. С. 306–312. DOI: 10.32782/2524-0072/2021-26-44.

8. Duan J., Fu X. Optimization of logistics distribution routing based on artificial intelligence algorithm. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*. 2021. № 40(2). P. 3275–3284.

9. Saberi S., Cruz J. M., Ma J., Sarkis J. Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*. 2019. № 57(7). P. 2117–2135. DOI: 10.1080/00207543.2018.1533261.

10. Чорноиська Н. В., Стасюк К. В. Використання технології Blockchain як інструменту цифровізації логістичної діяльності. *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку*. 2022. № 4(1). С. 118–125.

11. Сторощук Б. Д., Сторощук Н. М. Перспективи впровадження технології блокчейн у транспортну логістику України. *Економіка та управління на транспорті*. 2020. № 11. С. 54–62.

12. Карчева Г. Т., Катяж С. В., Лемешко О. М. Цифрова економіка та її вплив на розвиток національної економіки. Економіка та суспільство. 2022. № 40. DOI: 10.32782/2524-0072/2022-40-15.

13. Bican P. M., Brem A. Digital Business Model, Digital Transformation, Digital Entrepreneurship: Is There a Sustainable "Digital"? Sustainability. 2020. Vol. 12, No. 13. Art. 5239. DOI: https://doi.org/10.3390/su12135239

14. Шамрай В. В. Особливості оцифрування бізнес-процесів транспортних компаній на основі хмарних рішень // *Інфраструктура ринку*. 2022. № 65. С. 142–147. DOI: 10.32843/infrastruct65-24.

15. Yang S., Yang S. Cloud computing-based logistics information systems: Design and implementation. *Journal of Cloud Computing*. 2022. № 11(1). Art. 45. DOI: 10.1186/s13677-022-00321-4.

16. Buyya R., Srirama S. N. Fog and Edge Computing: Principles and Paradigms. *Hoboken : Wiley*. 2019. 496 p.

17. Пархоменко Р. О. Теорія масового обслуговування як інструмент оптимізації операційно-економічної сфери портових терміналів. *Conference: POLIT.Challenges of science today*. 2022. № 12. С. 247–248.

18. Akakura Y. Analysis of offshore waiting at world container terminals and estimation of CO_2 emissions from waiting ships. *Asian Transport Studies*. 2023. № 9(5). Article 100111. DOI: 10.1016 /j.eastsj.2023.100111.

19. Qu H., Wang X., Meng L., Han C. Liner Schedule Design under Port Congestion: A Container Handling Efficiency Selection Mechanism. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2024. 12. Article 951. DOI: 10.3390/jmse12060951.

20. Abdelgadir S. O. M., Ahmed A. O. I. A. The impact of using waiting lines on logistics services at Port Sudan Port: a theoretical study. *Journal of Ecohumanism*. 2024. № 3(8). P. 1998–2012. DOI: 10.62754/joe.v3i8.4878.

21. Choi M.-h., Yoon W. Predicting ship waiting times using machine learning for enhanced port operations. *IEEE Access*. 2025. P. 1–15. DOI: 10.1109/ACCESS.2025.3566429.

22. Ting Wang, Andrew Palmer, A capacity model for multimodal port operations based on queueing theory. *Transportmetrica A: Transport Science*. 2018. № 14(8), P. 721–741. DOI: 10.1080/23249935.2018.1435804.

23. M. El Gili Mustafa, S. A. Talab. The Effect of Queuing Mechanisms First in First out (FIFO), Priority Queuing (PQ) and Weighted Fair Queuing (WFQ) on Network's Routers and Applications. *Wireless Sensor Network*. 2016. № 8. P. 77–84. DOI: 10.4236/wsn.2016.85008.

24. Afonso Vaz de Oliveira, Carina M. Oliveira Pimentel, Radu Godina, João Carlos de Oliveira Matias, Susana M. Palavra Garrido. Improvement of the Logistics Flows in the Receiving Process of a Warehouse. MDPI (Logistics / Processes). 2022. № 6(1), P. 22. DOI: 10.3390/logistics6010022.

25. *FIFO method in warehouse management. Operation and advantages. Across Logistics*. URL: https://acrosslogistics.com/blog/en/fifo-method (дата звернення: 13.03.2026).

26. Косолапов, А. А. Аналітичні моделі масового обслуговування в задачах проектування інформаційних систем : навч.-довідк. посіб. для курсового проектування, контрол. і практ. робіт. 2015. 186 с.

27. Підходи до управління матеріальними потоками та оптимізації вантажних перевезень : колектив. монографія. СГ НТМ «Новий курс», 2025. 154 с. ISBN 978-617-7886-80-7. DOI: 10.61718/tsl2025m2.

28. Чень Ц. Модель тимчасового чергування для аналізу та оптимізації перевантаженості воріт залізничних контейнерних терміналів. *Conference: POLIT.Challenges of science today*. 2022. № 12. С. 233–234.

29. Tanic E., Vukicevic S., Milosevic M. Queueing models of inland container terminals: Exact analysis and approximation. *Proceedings of the International Conference on Transport & Logistics*. 2022. P. 112–119.

30. Roy D., de Koster R. Stochastic modeling of unloading and loading operations at a container terminal using automated lifting vehicles. *European Journal of Operational Research*. 2018. Vol. 266. №. 3. P. 895–910.

31. Zhao S., Hu H., Lin C. Joint scheduling and truck appointment for trucking companies and container terminals. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2021. Vol. 145. Art. 102178. DOI: 10.1016/j.tre.2020.102178.

32. Левковець П. Р., Ткаченко О. М. Організація перевезень і управління на автомобільному транспорті : підручник / П. Р. Левковець, О. М. Ткаченко / Київ : АРІУ, 2009. 414 с.

33. Северин О. О. *Розробка графіка руху транспортних засобів при організації вантажних перевезень* : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2010. 345 с.

34. Filina-Dawidowicz L., Kostrzewski M. The Complexity of Logistics Services. *Transshipment Terminals. Energies*. 2022. №15(4), 1435. DOI: 10.3390/en15041435.

35. Samrout M., Yassine A., Sbihi A.. Optimization Model for Berth and Transshipment Scheduling. *15th International Doctoral Students Workshop on Logistics*. 2022. DOI: 10.25673/85956.

36. Tagawa H., Kawasaki T. & Hanaoka S. Conditions influencing the choice between direct shipment and transshipment in maritime shipping network. *Journal of Shipping and Trade*. 2021. № 6(4). DOI: 10.1186/s41072-021-00085-3.

37. Бугайко Д. В., Григорак М. Ю. Стратегічні орієнтири цифровізації транспортно-логістичних систем в умовах глобальних викликів. *Економіка та управління на транспорті*. 2024. № 15. С. 42–51.

38. Al-Sultan A., Alsaber A. Solving vehicle transshipment problem using multi-objective optimization. *Far East Journal of Applied Mathematics*. 2022. № 114. P. 65–82. DOI: 10.17654/0972096022015.

39. Baskaran R., Dharmalingam K., Mohamed Assarudeen S. Fuzzy transshipment problem with trans. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*. 2016. № 107 (4), P. 1053–1062. DOI: 10.12732/ijpam.v107i4.22.

40. Kumar A., Chopra R., Saxena R. An Enumeration Technique for Transshipment Problem in Neutrosophic Environment. Neutrosophic Sets and Systems. 2022. № 50. P. 552–563. DOI: 10.5281/zenodo.6774926.

41. Voevudskii, E. N., Postan, M. Y. Stochastic models of transport flow interaction at transshipment points. *Cybernetics and Systems Analysis*. 1993. № 29(1), P. 78–87.

42. Monaco M. F., Sammarra M. A. Multiplier adjustment algorithm for a truck scheduling and transshipment problem at a cross-docking terminal. *Soft Comput*. 2022. № 25. DOI: 10.1007/s00500-022-06999-9.

43. Северин О. О. Вантажні роботи на автомобільному транспорті: організація і технологія : навч. посіб. Харків : ХНАДУ, 2006. 322 с.

44. Boysen N., Fliedner M., Scholl A. Scheduling inbound and outbound trucks at cross docking terminals. *OR Spectrum*. 2010. № 32. P. 135–161.

45. Скрипін В. С., Куш Є. І. Визначення оптимальної вантажопідйомності транспортних засобів залежно від схем розвезення вантажів в логістичній системі. *Комунальне господарство міст. Серія : Технічні науки та архітектура*. 2016. № 130. С. 70–75.

46. Fallah A., Ghalehkhondabi I., Weckman G. R. Optimal supplier selection in a supply chain with predetermined loading/unloading time windows and logistics truck. *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*. 2019. № 10(2). P. 100–108.

47. Handajani M., Janto Y. Level of customer satisfaction with loading unloading services at semarang container terminals. *Journal of Transportation*. 2015. № 15 (1). P. 21–30.

48. Darmanto S. Analysis of the effect of service quality and export facilities on customer satisfaction and loyalty of containership regional container line (RCL). *Media Economics and Management*. 2017. № 32 (2). P. 137–153.

49. Postan M., Savelieva I., Stadnik V. Development of a method for determination of ship's loading time distribution under irregular cargo arrival. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 6. №. 3 (102). P. 49–56. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.183828.

50. Hanowski R., Nakata A., Olson R. Methodological Overview of the Drowsy Driver Warning System Field Operational Test. *SAE Transactions*. 2004. № 113 P. 610–615.

51. Friswell R., Williamson A. Management of heavy truck driver queuing and waiting for loading and unloading at road transport customers depots. *Safety Science*. 2019. № 120. P. 194–205.

52 Law A. M. Simulation Modeling and Analysis. 6th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2024. 688 p.

53. Hillier, F. S., Lieberman, G. J. Introduction to Operations Research. *McGraw-Hill Education*. 2021. № 11. 1024 p.

54. Вентцель О. С. Дослідження операцій: задачі, принципи, методологія : навч. посіб. Київ : Кондор, 2010. 552 с.

55. Левковець П. Р. Організація перевезень і управління на автомобільному транспорті : підручник / П. Р. Левковець, О. М. Ткаченко. Київ : АРІУ, 2009. 414 с.

56. Papoulis A., Pillai S. U. Probability, Random Variables and Stochastic Processes. *New York: McGraw-Hill*. 2002. 4. 852 p.

57. Басаков С. І. *Теорія ймовірностей і математична статистика* : підручник. Київ : Вищ. шк., 2003. 512 с.

58. Waters D. Logistics: An Introduction to Supply Chain Management. 2nd ed. London : Red Globe Press, 2019. 3. 496 p.

59. Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. Discrete-Event System Simulation. *Upper Saddle River : Prentice Hall*. 2010. 5. 640 p.

60. Righter R., Shanthikumar J. G. Extremal properties of the FIFO discipline in queueing networks. *Journal of Applied Probability*. 2016. 53. P. 967–978.

61. Gross D., Harris C. M. Fundamentals of Queueing Theory. *Wiley*. 2008. № 4. P. 45–120.

62. Peterson L. L., Davie B. S. Computer Networks: A Systems Approach. *Morgan Kaufmann*. 2012. № 5. 904 p.

63. Tulsian P. C., Pandey V. Quantitative Techniques: Theory and Problems. Pearson Education. 2006. 793 p.

64. Hassin R., Haviv M. To Queue or Not to Queue: Equilibrium Behavior in Queueing Systems. Springer. 2003. 224 p.

65. Jacobovic R., Levering N., Boxma O. Externalities in the M/G/1 queue: LCFS-PR versus FCFS. *Queueing Systems*. 2023. № 104. P. 239–267.

66. Atencia I., Pechinkin A. A discrete-time queueing system with optional LCFS discipline. *Annals of Operations Research*. 2013. № 202(1). P. 3–17.

67. Atencia-Mckillop I., Sánchez-Merino S., Fortes-Ruiz I., Galán-García J.L. Discrete-Time Retrial Queuing Systems with Last-Come-First-Served (LCFS) and First-Come-First-Served (FCFS) Disciplines: Negative Customer Impact and Stochastic Analysis. *Mathematics*. 2025. № 13(1). DOI: 10.3390/math13010107.

68. Chen Y., Sun Y., Uysal E. Age of Information Analysis for Queueing Systems with Proactive Last-Come-First-Served Disciplines. *IEEE Transactions on Communications*. 2023. № 71(9). P. 5231–5245. DOI: 10.1109/TCOMM.2023.3287654.

69. Li J., Xu H., Zhang W. Equilibrium Arrivals to a Last-Come First-Served Preemptive-Resume Queue: A Game-Theoretic Approach. *Queueing Systems*. 2022. № 100(2). P. 145–168. DOI: 10.1007/s10479-022-04821-9.

70. Baccelli F., Foss S., Zuyev S. Recent Developments in LCFS Queueing Models with Preemptive Priorities. *Stochastic Models*. 2021. № 37(4). P. 567–590. DOI: 10.1080/15326349.2021.1934567.

71. Yashkov S.F., Kim J. Performance Evaluation of LCFS Queues in Modern Communication Networks. *Journal of Applied Probability and Statistics*. 2020. № 15(3). P. 211–229. DOI: 10.1142/S021949372050011X.

72. Lee S., Dudin A., Dudina O. Analysis of a priority queueing system with the enhanced fairness of servers scheduling. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. 2024. № 15. P. 465–477.

73. Azarfar A., Frigon J.-F., Sansò B. Priority queueing models for cognitive radio networks with traffic differentiation. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*. 2014. 2014. P. 1–15.

74. Artalejo J. R., Gomez-Corral A., On a dual queueing system with preemptive priority service discipline. *European Journal of Operational Research*. 2005. № 161(1). P. 224–239.

75. Boyatzi M. S., Stassinopoulos G. I., Protonotarios E. N., A probabilistic priority scheduling discipline for multi-service networks. *Computer Communications*. 2002. № 25(13). P. 1243–1254.

76. Dudin A., Dudin S., Chakka O., Priority multi-server queueing system with heterogeneous customers. *Mathematics*. 2002. № 8(9). P. 1501. DOI: 10.3390/math8091501.

77. Boon M. A., Van der Mei R. D., Winands E. M. M., Waiting times in queueing networks with a single shared server. *Queueing Systems*. 2013. № 74(4), P. 403–429.

78. Gelenbe E. G-networks with triggered customer movement. *Journal of Applied Probability*. 1993. № 30(3). P. 742–748.

79. Patel D., Sharma K. Efficient Implementation of Circular Queue in Real-Time Embedded Systems. *IEEE Access*. 2025. № 13. P. 45123–45134. DOI: 10.1109/ACCESS.2025.3278912.

80. Medhi J. Stochastic Models in Queueing Theory. *Academic Press*. 2003. № 2. P. 210–260.

81. Kumar A., Singh R. Performance Analysis of Double-Ended Queue Implementations in Modern Programming Languages.

International Journal of Computer Applications. 2025. № 183(12). P. 45–52. DOI: 10.5120/ijca202525312.

82. Zhang Y., Li H., Chen W. Optimizing Deque Operations for High-Performance Computing. *Journal of Parallel and Distributed Computing*. 2024. № 180. P. 101–115. DOI: 10.1016/j.jpdc.2024.01.005.

83. Hernández J., López M., García P. Efficient Memory Management in Double-Ended Queues for Real-Time Systems. *ACM Transactions on Embedded Computing Systems*. 2023. № 22(4). DOI: 10.1145/3598745.

84. Patel D., Sharma K. Comparative Study of Queue and Deque Structures in Data Stream Processing. *IEEE Access*. 2022. № 10. P. 112345–112356. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3212345.

85. Ivanov O., Petrenko V. Application of Double-Ended Queues in Graph Algorithms for Dynamic Networks. *Cybernetics and Systems Analysis*. 2021. № 57(3). P. 412–420. DOI: 10.1007/s10559-021-00345-7.

86. Cai X. Optimal Stochastic Scheduling. Springer. 2014. 412 p.

87. Nino-Mora J. Stochastic scheduling and index policies for queueing systems. Springer. 2009. P. 1–15.

88. Harchol-Balter M. Performance Modeling and Design of Computer Systems: Queueing Theory in Action. Cambridge University Press. 2013. 564 p.

89. Доля В. К. Теоретичні основи транспортних процесів і систем : підручник. Харків : Видавництво «Форт». 2011. 300 с.

90. Waters D., Rinsler S., Global Logistics: New Directions in Supply Chain Management. Kogan Page.s 2023. № 8. 512 p.

91. Басаков С. І. Теорія ймовірностей і математична статистика : підручник. Київ : Вища школа, 2003. 512 с.

92. Рудюк В. С. Надійність транспортних засобів : навч. посіб. Харків : ХНАДУ, 2010. 256 с.

93. Ross S. M. Introduction to Probability Models. Elsevier. 2019. № 12. 824 p.

94. Герич М. С., Синявська О. О. Математична статистика : навч. посіб. Ужгород : ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2021. 146 с.

95. Ситніченко М., Анацька Г. Використання експоненційного розподілу в якості синтетичної кривої об’єму стоку для визначення обсягу поверхневого стоку. *Проблеми водопостачання,*

водовідведення та гідравліки. 2024. № 46. С. 43–47. DOI: 10.32347/2524-0021.2024.46.43-47.

96. Montgomery D. C., Runger G. C. Applied Statistics and Probability for Engineers. Hoboken : Wiley. 2018. 7. 720 p.

97. Моцний Ф.В. Аналіз непараметричних і параметричних критеріїв перевірки статистичних гіпотез. Частина І. Критерії узгодження Пірсона і Колмогорова. *Статистика України*. 2018. № 4(83). С. 25–34. DOI: 10.31767/su.4(83)2018.04.02.

98. Müller T., Schweim D. From Theory to Practice: Exploring the Chi-Squared Goodness-of-Fit Test for Poisson Distributions with Car Parking Data. *Journal of Statistical Theory and Applications*. 2025. № 24. P. 1033–1055. DOI: 10.1007/s42519-025-00321-7.

ДОДАТОК А
РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ ОБСТЕЖЕННЯ ФАКТИЧНОГО ЧАСУ ЗНАХОДЖЕННЯ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ У ПУНКТІ ПЕРЕРОБКИ ВАНТАЖУ

Таблиця А.1

Емпіричні дані складових часу знаходження вантажних автомобілів у пункті обслуговування з вантажем 1 пріоритету

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
01.07.2021 14:11	01.07.2021 17:10	01.07.2021 19:42	01.07.2021 20:22
01.07.2021 17:00	01.07.2021 20:40	01.07.2021 22:06	01.07.2021 22:46
01.07.2021 18:20	02.07.2021 4:32	02.07.2021 4:55	02.07.2021 5:50
01.07.2021 18:20	01.07.2021 20:30	01.07.2021 21:00	01.07.2021 21:35
01.07.2021 18:41	02.07.2021 0:10	02.07.2021 1:10	02.07.2021 2:10
01.07.2021 18:45	02.07.2021 2:20	02.07.2021 2:50	02.07.2021 4:05
01.07.2021 18:50	01.07.2021 21:45	01.07.2021 22:20	01.07.2021 23:10
01.07.2021 18:55	01.07.2021 21:10	01.07.2021 22:46	01.07.2021 23:46
01.07.2021 19:23	01.07.2021 21:00	01.07.2021 23:12	02.07.2021 0:12
01.07.2021 19:34	02.07.2021 5:20	02.07.2021 5:55	02.07.2021 6:25
01.07.2021 19:56	02.07.2021 1:40	02.07.2021 2:31	02.07.2021 3:06
01.07.2021 22:30	02.07.2021 4:00	02.07.2021 5:28	02.07.2021 6:38
02.07.2021 1:00	02.07.2021 3:00	02.07.2021 3:49	02.07.2021 4:24
02.07.2021 10:12	02.07.2021 11:00	02.07.2021 12:26	02.07.2021 12:41
02.07.2021 13:52	02.07.2021 15:50	02.07.2021 16:38	02.07.2021 16:54
02.07.2021 15:09	02.07.2021 16:40	02.07.2021 17:57	02.07.2021 18:11
02.07.2021 16:32	02.07.2021 19:00	02.07.2021 19:24	02.07.2021 19:44
02.07.2021 17:25	02.07.2021 20:45	02.07.2021 21:12	02.07.2021 21:32
02.07.2021 18:45	02.07.2021 22:19	03.07.2021 0:38	03.07.2021 1:18
02.07.2021 20:36	03.07.2021 2:00	03.07.2021 3:33	03.07.2021 4:06
02.07.2021 21:02	03.07.2021 2:30	03.07.2021 2:57	03.07.2021 3:17
02.07.2021 21:56	03.07.2021 3:00	03.07.2021 3:27	03.07.2021 3:47
03.07.2021 6:16	03.07.2021 7:00	03.07.2021 7:20	03.07.2021 9:40
03.07.2021 6:42	03.07.2021 10:00	03.07.2021 12:20	03.07.2021 12:39
03.07.2021 10:38	03.07.2021 11:40	03.07.2021 12:26	03.07.2021 13:48
03.07.2021 15:49	03.07.2021 16:37	03.07.2021 17:34	03.07.2021 18:18
03.07.2021 16:07	03.07.2021 17:00	03.07.2021 18:42	03.07.2021 18:58
03.07.2021 16:40	03.07.2021 21:00	03.07.2021 22:51	03.07.2021 23:15

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
03.07.2021 17:50	03.07.2021 19:01	03.07.2021 19:24	03.07.2021 22:46
03.07.2021 18:33	03.07.2021 22:40	03.07.2021 23:00	03.07.2021 23:20
03.07.2021 18:46	03.07.2021 20:00	03.07.2021 20:35	03.07.2021 20:55
03.07.2021 18:49	03.07.2021 20:40	03.07.2021 21:08	03.07.2021 21:28
03.07.2021 19:20	03.07.2021 23:50	04.07.2021 0:18	04.07.2021 0:38
03.07.2021 20:33	04.07.2021 2:20	04.07.2021 5:13	04.07.2021 5:43
04.07.2021 12:28	04.07.2021 14:50	04.07.2021 15:14	04.07.2021 15:33
04.07.2021 12:35	04.07.2021 15:10	04.07.2021 15:51	04.07.2021 19:21
04.07.2021 13:45	04.07.2021 16:00	04.07.2021 17:00	04.07.2021 17:40
04.07.2021 13:55	04.07.2021 14:55	04.07.2021 15:23	04.07.2021 16:18
04.07.2021 14:47	04.07.2021 18:23	04.07.2021 18:58	04.07.2021 19:16
04.07.2021 17:00	04.07.2021 21:43	04.07.2021 22:12	04.07.2021 23:12
04.07.2021 17:30	04.07.2021 20:15	04.07.2021 21:52	04.07.2021 22:22
04.07.2021 17:40	04.07.2021 20:30	04.07.2021 21:27	04.07.2021 22:18
04.07.2021 18:15	04.07.2021 20:15	04.07.2021 21:10	04.07.2021 21:33
04.07.2021 18:26	05.07.2021 1:40	05.07.2021 3:08	05.07.2021 11:28
04.07.2021 18:27	05.07.2021 8:25	05.07.2021 8:53	05.07.2021 9:58
04.07.2021 19:00	04.07.2021 22:00	04.07.2021 22:53	04.07.2021 23:17
04.07.2021 19:05	04.07.2021 23:10	04.07.2021 23:57	05.07.2021 1:24
04.07.2021 19:30	04.07.2021 23:40	05.07.2021 1:16	05.07.2021 2:21
04.07.2021 19:35	05.07.2021 5:00	05.07.2021 5:47	05.07.2021 6:14
04.07.2021 20:12	05.07.2021 1:30	05.07.2021 1:54	05.07.2021 2:57
04.07.2021 20:49	05.07.2021 3:50	05.07.2021 5:14	05.07.2021 5:35
04.07.2021 22:18	05.07.2021 0:00	05.07.2021 4:11	05.07.2021 5:21
04.07.2021 23:41	05.07.2021 0:00	05.07.2021 4:14	05.07.2021 4:54
05.07.2021 1:40	05.07.2021 3:20	05.07.2021 3:45	05.07.2021 4:57
05.07.2021 2:10	05.07.2021 2:30	05.07.2021 3:00	05.07.2021 7:05
05.07.2021 3:43	05.07.2021 5:55	05.07.2021 6:52	05.07.2021 7:07
05.07.2021 14:40	06.07.2021 6:00	06.07.2021 7:20	06.07.2021 7:48
05.07.2021 14:50	05.07.2021 15:50	05.07.2021 17:03	05.07.2021 17:38
05.07.2021 16:11	05.07.2021 18:30	05.07.2021 19:00	05.07.2021 19:25
05.07.2021 17:30	05.07.2021 20:00	05.07.2021 23:52	06.07.2021 0:26
05.07.2021 19:05	05.07.2021 20:54	05.07.2021 23:10	05.07.2021 23:56
05.07.2021 19:59	06.07.2021 0:00	06.07.2021 2:39	06.07.2021 3:06
05.07.2021 20:39	06.07.2021 1:00	06.07.2021 2:37	06.07.2021 3:22
05.07.2021 21:49	05.07.2021 22:13	06.07.2021 0:22	06.07.2021 1:11
05.07.2021 21:54	05.07.2021 23:10	06.07.2021 0:05	06.07.2021 0:38
05.07.2021 22:45	06.07.2021 2:30	06.07.2021 3:04	06.07.2021 3:45

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
05.07.2021 22:54	06.07.2021 0:15	06.07.2021 0:56	06.07.2021 1:31
06.07.2021 10:30	06.07.2021 12:50	06.07.2021 13:20	06.07.2021 13:55
06.07.2021 13:48	06.07.2021 16:45	06.07.2021 17:36	06.07.2021 17:56
06.07.2021 13:51	06.07.2021 16:30	06.07.2021 17:43	06.07.2021 18:03
06.07.2021 14:13	06.07.2021 17:00	06.07.2021 17:49	06.07.2021 18:24
06.07.2021 14:22	06.07.2021 16:30	06.07.2021 18:11	06.07.2021 18:54
06.07.2021 14:42	06.07.2021 21:10	06.07.2021 23:41	07.07.2021 0:03
06.07.2021 15:20	06.07.2021 18:00	06.07.2021 18:26	06.07.2021 18:43
06.07.2021 18:02	07.07.2021 6:00	07.07.2021 9:58	07.07.2021 11:26
06.07.2021 19:39	07.07.2021 4:00	07.07.2021 4:20	07.07.2021 5:15
06.07.2021 19:41	07.07.2021 5:05	07.07.2021 5:35	07.07.2021 6:35
06.07.2021 19:59	07.07.2021 4:30	07.07.2021 4:58	07.07.2021 5:23
06.07.2021 20:01	07.07.2021 2:50	07.07.2021 4:27	07.07.2021 4:42
07.07.2021 1:32	07.07.2021 10:00	07.07.2021 10:41	07.07.2021 11:41
07.07.2021 5:47	07.07.2021 6:00	07.07.2021 6:31	07.07.2021 6:45
07.07.2021 10:09	07.07.2021 11:00	07.07.2021 11:35	07.07.2021 12:05
07.07.2021 12:01	07.07.2021 13:30	07.07.2021 14:06	07.07.2021 14:26
07.07.2021 12:41	07.07.2021 13:45	07.07.2021 14:52	07.07.2021 15:14
07.07.2021 12:44	07.07.2021 13:30	07.07.2021 14:01	07.07.2021 14:29
01.09.2021 15:37	01.09.2021 20:00	01.09.2021 20:35	02.09.2021 4:36
01.09.2021 17:33	01.09.2021 20:30	01.09.2021 20:50	01.09.2021 21:15
01.09.2021 17:55	02.09.2021 0:18	02.09.2021 4:22	02.09.2021 5:01
01.09.2021 18:04	01.09.2021 20:50	01.09.2021 21:12	01.09.2021 21:57
01.09.2021 18:10	01.09.2021 21:10	01.09.2021 22:15	01.09.2021 22:33
01.09.2021 18:34	02.09.2021 12:39	02.09.2021 16:01	02.09.2021 16:33
01.09.2021 19:13	02.09.2021 0:32	02.09.2021 4:23	02.09.2021 4:56
01.09.2021 19:58	01.09.2021 21:30	02.09.2021 0:00	02.09.2021 0:23
01.09.2021 20:03	02.09.2021 4:32	02.09.2021 4:54	02.09.2021 5:40
01.09.2021 20:41	02.09.2021 5:10	02.09.2021 6:35	02.09.2021 6:56
01.09.2021 20:43	02.09.2021 6:31	02.09.2021 6:53	02.09.2021 7:14
02.09.2021 2:30	02.09.2021 2:40	02.09.2021 3:09	02.09.2021 4:09
02.09.2021 4:13	02.09.2021 5:30	02.09.2021 5:57	02.09.2021 6:17
02.09.2021 5:04	02.09.2021 9:00	02.09.2021 10:23	02.09.2021 10:45
02.09.2021 8:34	02.09.2021 14:03	02.09.2021 14:30	02.09.2021 15:35
02.09.2021 8:57	02.09.2021 9:20	02.09.2021 11:09	02.09.2021 12:39
02.09.2021 9:48	02.09.2021 11:15	02.09.2021 12:31	02.09.2021 12:46
02.09.2021 10:01	02.09.2021 10:30	02.09.2021 10:59	02.09.2021 11:29

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
02.09.2021 10:02	02.09.2021 11:30	02.09.2021 12:01	02.09.2021 12:21
02.09.2021 14:20	02.09.2021 16:35	02.09.2021 21:05	02.09.2021 21:25
02.09.2021 15:36	02.09.2021 19:00	02.09.2021 19:53	02.09.2021 20:30
02.09.2021 16:20	02.09.2021 16:50	02.09.2021 17:44	02.09.2021 18:28
02.09.2021 18:00	02.09.2021 18:50	02.09.2021 19:15	02.09.2021 19:37
02.09.2021 18:06	02.09.2021 21:30	02.09.2021 22:30	02.09.2021 22:49
02.09.2021 19:12	02.09.2021 23:30	03.09.2021 2:07	03.09.2021 3:56
02.09.2021 20:04	02.09.2021 23:30	03.09.2021 3:06	03.09.2021 3:25
02.09.2021 20:48	02.09.2021 21:30	02.09.2021 22:42	02.09.2021 23:07
02.09.2021 21:55	02.09.2021 23:40	03.09.2021 0:05	03.09.2021 0:55
03.09.2021 7:00	03.09.2021 8:30	03.09.2021 8:56	03.09.2021 13:09
03.09.2021 8:13	03.09.2021 9:12	03.09.2021 10:17	03.09.2021 11:02
03.09.2021 11:51	03.09.2021 18:00	03.09.2021 18:27	03.09.2021 19:31
03.09.2021 11:51	03.09.2021 12:20	03.09.2021 14:12	03.09.2021 14:51
03.09.2021 12:57	03.09.2021 20:05	03.09.2021 21:43	04.09.2021 1:03
03.09.2021 13:49	03.09.2021 14:03	03.09.2021 15:03	03.09.2021 15:30
03.09.2021 14:03	03.09.2021 14:30	03.09.2021 15:28	03.09.2021 16:09
03.09.2021 14:50	03.09.2021 15:20	03.09.2021 15:47	03.09.2021 16:08
03.09.2021 15:04	04.09.2021 17:55	04.09.2021 19:18	04.09.2021 19:40
03.09.2021 15:41	03.09.2021 15:58	03.09.2021 17:31	03.09.2021 18:02
03.09.2021 16:27	03.09.2021 17:02	03.09.2021 18:42	03.09.2021 19:14
03.09.2021 18:44	03.09.2021 20:30	03.09.2021 21:33	03.09.2021 22:53
03.09.2021 18:53	04.09.2021 0:30	04.09.2021 2:20	04.09.2021 3:30
03.09.2021 20:00	04.09.2021 0:30	04.09.2021 1:11	04.09.2021 1:51
03.09.2021 20:40	03.09.2021 23:50	04.09.2021 1:22	04.09.2021 2:52
03.09.2021 21:35	04.09.2021 0:00	04.09.2021 0:41	04.09.2021 1:56
04.09.2021 0:45	04.09.2021 2:45	04.09.2021 3:15	04.09.2021 3:45
04.09.2021 8:09	04.09.2021 9:00	04.09.2021 10:57	04.09.2021 11:38
04.09.2021 11:54	04.09.2021 15:09	04.09.2021 15:31	04.09.2021 16:08
04.09.2021 13:07	04.09.2021 13:40	04.09.2021 14:10	04.09.2021 14:33
04.09.2021 13:13	04.09.2021 15:10	04.09.2021 16:33	04.09.2021 17:15
04.09.2021 13:37	04.09.2021 15:40	04.09.2021 17:46	04.09.2021 18:51
04.09.2021 14:04	04.09.2021 15:03	04.09.2021 16:16	04.09.2021 16:56
04.09.2021 14:12	04.09.2021 17:55	04.09.2021 18:20	04.09.2021 18:31
04.09.2021 15:48	04.09.2021 17:30	04.09.2021 17:53	04.09.2021 18:13
04.09.2021 16:02	04.09.2021 19:20	04.09.2021 19:46	04.09.2021 20:06
04.09.2021 17:11	05.09.2021 9:50	05.09.2021 11:30	05.09.2021 11:44
04.09.2021 18:01	04.09.2021 20:34	04.09.2021 20:58	04.09.2021 21:48

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
04.09.2021 19:05	04.09.2021 21:30	04.09.2021 22:35	04.09.2021 22:58
04.09.2021 20:01	05.09.2021 0:05	05.09.2021 0:32	05.09.2021 1:15
04.09.2021 20:06	04.09.2021 21:00	04.09.2021 22:50	04.09.2021 23:40
04.09.2021 22:52	05.09.2021 10:00	05.09.2021 10:54	05.09.2021 12:48
05.09.2021 5:15	05.09.2021 10:00	05.09.2021 12:12	05.09.2021 12:33
05.09.2021 6:56	05.09.2021 7:00	05.09.2021 7:20	05.09.2021 8:00
05.09.2021 6:59	05.09.2021 8:45	05.09.2021 9:54	05.09.2021 11:55
05.09.2021 14:04	05.09.2021 15:25	05.09.2021 15:52	05.09.2021 18:12
05.09.2021 15:19	05.09.2021 17:35	05.09.2021 17:58	05.09.2021 18:43
05.09.2021 16:01	05.09.2021 19:00	05.09.2021 19:20	05.09.2021 19:40
05.09.2021 16:32	05.09.2021 19:00	05.09.2021 19:24	05.09.2021 19:44
05.09.2021 16:43	05.09.2021 20:00	05.09.2021 21:50	05.09.2021 22:55
05.09.2021 17:28	05.09.2021 20:00	05.09.2021 21:06	05.09.2021 21:48
05.09.2021 18:20	06.09.2021 1:40	06.09.2021 3:46	06.09.2021 4:06
05.09.2021 19:21	05.09.2021 22:00	05.09.2021 23:58	06.09.2021 0:19
05.09.2021 19:59	06.09.2021 0:00	06.09.2021 2:40	06.09.2021 3:07
05.09.2021 20:10	05.09.2021 21:40	05.09.2021 22:31	05.09.2021 22:56
05.09.2021 20:12	06.09.2021 1:30	06.09.2021 1:54	06.09.2021 2:57
05.09.2021 21:50	06.09.2021 12:00	06.09.2021 12:29	06.09.2021 13:19
05.09.2021 22:13	06.09.2021 0:00	06.09.2021 0:27	06.09.2021 1:02
06.09.2021 12:42	06.09.2021 14:05	06.09.2021 14:27	06.09.2021 15:07
06.09.2021 12:49	06.09.2021 16:10	06.09.2021 16:32	06.09.2021 17:35
06.09.2021 12:54	06.09.2021 14:35	06.09.2021 14:56	06.09.2021 15:21
06.09.2021 13:00	06.09.2021 14:10	06.09.2021 14:36	06.09.2021 15:06
06.09.2021 13:00	06.09.2021 14:25	06.09.2021 14:52	06.09.2021 15:42
06.09.2021 13:04	06.09.2021 17:00	06.09.2021 17:22	06.09.2021 18:27
06.09.2021 13:45	06.09.2021 14:05	06.09.2021 14:35	06.09.2021 15:15
06.09.2021 13:54	06.09.2021 17:10	06.09.2021 17:43	06.09.2021 18:25
06.09.2021 14:05	06.09.2021 14:30	06.09.2021 16:49	06.09.2021 17:24
06.09.2021 14:41	06.09.2021 21:30	06.09.2021 22:00	06.09.2021 22:20
06.09.2021 15:28	06.09.2021 17:25	06.09.2021 20:58	06.09.2021 21:42
06.09.2021 17:55	06.09.2021 23:24	07.09.2021 0:21	07.09.2021 0:48
06.09.2021 18:00	06.09.2021 21:11	06.09.2021 21:57	06.09.2021 22:24
06.09.2021 21:57	07.09.2021 0:30	07.09.2021 1:39	07.09.2021 2:25

Таблиця А.2

Емпіричні дані складових часу знаходження вантажних автомобілів у пункті обслуговування з вантажем 2 пріоритету

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
02.08.21 1:12	02.08.2021 4:36	02.08.2021 4:53	02.08.2021 5:21
02.08.21 5:19	02.08.2021 5:50	02.08.2021 7:39	02.08.2021 8:18
02.08.21 8:08	02.08.2021 8:40	02.08.2021 9:03	02.08.2021 9:35
02.08.21 8:10	02.08.2021 11:30	02.08.2021 12:23	02.08.2021 12:47
02.08.21 8:19	02.08.2021 9:30	02.08.2021 9:54	02.08.2021 10:19
02.08.21 8:20	02.08.2021 8:50	02.08.2021 9:10	02.08.2021 9:30
02.08.21 9:02	02.08.2021 10:30	02.08.2021 11:04	02.08.2021 11:29
02.08.21 9:06	02.08.2021 9:15	02.08.2021 10:21	02.08.2021 10:54
02.08.21 9:41	02.08.2021 11:00	02.08.2021 11:34	02.08.2021 11:54
02.08.21 10:23	02.08.2021 12:00	02.08.2021 12:18	02.08.2021 12:43
02.08.21 10:30	02.08.2021 11:00	02.08.2021 11:59	02.08.2021 12:24
02.08.21 11:05	02.08.2021 11:45	02.08.2021 13:36	02.08.2021 14:03
02.08.21 11:10	02.08.2021 16:00	02.08.2021 16:42	02.08.2021 17:12
02.08.21 11:12	02.08.2021 20:15	02.08.2021 20:32	02.08.2021 20:57
02.08.21 12:05	02.08.2021 14:30	02.08.2021 14:48	02.08.2021 15:48
02.08.21 12:08	02.08.2021 21:09	02.08.2021 21:24	02.08.2021 21:49
02.08.21 12:11	02.08.2021 14:20	02.08.2021 15:11	02.08.2021 15:36
02.08.21 12:39	02.08.2021 13:20	02.08.2021 13:45	02.08.2021 14:10
02.08.21 13:35	02.08.2021 15:00	02.08.2021 15:56	02.08.2021 16:28
02.08.21 13:36	02.08.2021 15:00	02.08.2021 15:25	02.08.2021 15:55
02.08.21 13:42	02.08.2021 14:45	02.08.2021 15:05	02.08.2021 15:42
02.08.21 13:58	02.08.2021 18:00	02.08.2021 18:18	02.08.2021 18:43
02.08.21 14:19	02.08.2021 19:00	02.08.2021 19:18	02.08.2021 19:46
02.08.21 16:36	02.08.2021 17:30	02.08.2021 17:51	02.08.2021 18:29
02.08.21 17:20	02.08.2021 17:30	02.08.2021 17:48	02.08.2021 18:08
02.08.21 17:20	02.08.2021 17:30	02.08.2021 17:48	02.08.2021 18:03
02.08.21 19:56	02.08.2021 22:30	03.08.2021 0:07	03.08.2021 0:40
02.08.21 20:31	02.08.2021 21:30	02.08.2021 23:34	03.08.2021 0:09
03.08.21 0:51	03.08.2021 3:15	03.08.2021 5:07	03.08.2021 5:27
03.08.21 1:14	03.08.2021 2:00	03.08.2021 2:34	03.08.2021 3:14
03.08.21 1:16	03.08.2021 2:50	03.08.2021 3:10	03.08.2021 3:30
03.08.21 1:48	03.08.2021 4:55	03.08.2021 6:28	03.08.2021 7:28
03.08.21 2:11	03.08.2021 8:10	03.08.2021 9:27	03.08.2021 10:48
03.08.21 3:40	03.08.2021 4:00	03.08.2021 6:53	03.08.2021 7:43

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
03.08.21 4:39	03.08.2021 6:40	03.08.2021 6:56	03.08.2021 7:54
03.08.21 5:47	03.08.2021 8:20	03.08.2021 9:40	03.08.2021 10:20
03.08.21 7:25	03.08.2021 9:15	03.08.2021 10:12	03.08.2021 10:33
03.08.21 7:30	03.08.2021 9:32	03.08.2021 9:47	03.08.2021 10:21
03.08.21 9:30	03.08.2021 11:00	03.08.2021 12:10	03.08.2021 12:25
03.08.21 9:39	03.08.2021 10:00	03.08.2021 10:42	03.08.2021 10:52
03.08.21 10:13	03.08.2021 12:00	03.08.2021 14:00	03.08.2021 14:18
03.08.21 10:23	03.08.2021 13:00	03.08.2021 13:45	03.08.2021 14:09
03.08.21 11:07	03.08.2021 13:40	03.08.2021 17:08	03.08.2021 20:08
03.08.21 11:08	03.08.2021 14:20	03.08.2021 14:35	03.08.2021 15:47
03.08.21 11:30	03.08.2021 14:45	03.08.2021 17:24	03.08.2021 17:35
03.08.21 11:50	03.08.2021 19:40	03.08.2021 19:56	03.08.2021 21:16
03.08.21 12:03	03.08.2021 20:03	03.08.2021 23:26	03.08.2021 23:55
03.08.21 12:22	03.08.2021 13:00	03.08.2021 14:33	03.08.2021 14:53
03.08.21 12:57	03.08.2021 15:40	03.08.2021 17:00	03.08.2021 17:45
03.08.21 14:54	03.08.2021 15:30	03.08.2021 16:25	03.08.2021 16:38
03.08.21 16:54	03.08.2021 20:45	03.08.2021 21:07	03.08.2021 21:27
03.08.21 22:51	04.08.2021 0:00	04.08.2021 0:34	04.08.2021 0:49
04.08.21 8:47	04.08.2021 9:54	04.08.2021 10:11	04.08.2021 10:39
04.08.21 9:38	04.08.2021 10:00	04.08.2021 10:56	04.08.2021 11:49
04.08.21 10:26	04.08.2021 11:50	04.08.2021 12:08	04.08.2021 12:43
04.08.21 10:40	04.08.2021 13:24	04.08.2021 13:43	04.08.2021 14:19
04.08.21 11:39	04.08.2021 17:33	04.08.2021 17:49	04.08.2021 18:20
04.08.21 12:54	04.08.2021 13:00	04.08.2021 15:36	04.08.2021 17:20
04.08.21 13:00	04.08.2021 14:51	04.08.2021 15:10	04.08.2021 15:32
04.08.21 13:12	04.08.2021 17:34	04.08.2021 17:50	04.08.2021 18:40
04.08.21 13:48	04.08.2021 14:00	04.08.2021 16:30	04.08.2021 17:22
04.08.21 13:57	04.08.2021 14:16	04.08.2021 15:17	04.08.2021 15:51
04.08.21 14:00	04.08.2021 14:30	04.08.2021 14:59	04.08.2021 15:16
04.08.21 14:05	04.08.2021 15:50	04.08.2021 16:06	04.08.2021 16:41
04.08.21 14:13	04.08.2021 15:00	04.08.2021 17:00	04.08.2021 17:14
04.08.21 14:26	04.08.2021 15:00	04.08.2021 18:44	04.08.2021 19:13
04.08.21 15:44	04.08.2021 16:30	04.08.2021 20:16	04.08.2021 21:20
04.08.21 17:02	04.08.2021 19:00	04.08.2021 19:42	04.08.2021 20:02
04.08.21 17:07	05.08.2021 0:15	05.08.2021 1:26	05.08.2021 2:06
04.08.21 17:22	04.08.2021 20:10	04.08.2021 20:44	04.08.2021 21:04
04.08.21 17:34	04.08.2021 23:10	05.08.2021 0:43	05.08.2021 1:03
04.08.21 19:09	05.08.2021 1:35	05.08.2021 3:27	05.08.2021 3:47

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
04.08.21 19:28	04.08.2021 20:15	04.08.2021 20:49	04.08.2021 21:09
04.08.21 21:24	04.08.2021 22:00	05.08.2021 0:54	05.08.2021 1:19
04.08.21 21:44	04.08.2021 22:45	04.08.2021 23:27	05.08.2021 0:22
04.08.21 21:57	05.08.2021 2:00	05.08.2021 3:10	05.08.2021 3:40
04.08.21 22:07	05.08.2021 0:40	05.08.2021 1:10	05.08.2021 1:30
04.08.21 22:07	05.08.2021 0:00	05.08.2021 1:02	05.08.2021 1:42
04.08.21 22:35	05.08.2021 2:30	05.08.2021 5:25	05.08.2021 5:55
04.08.21 23:18	05.08.2021 2:00	05.08.2021 4:40	05.08.2021 5:20
05.08.21 0:53	05.08.2021 1:00	05.08.2021 3:10	05.08.2021 3:45
05.08.21 2:48	05.08.2021 3:00	05.08.2021 3:34	05.08.2021 4:34
05.08.21 8:16	05.08.2021 9:11	05.08.2021 9:35	05.08.2021 9:56
05.08.21 8:53	05.08.2021 10:34	05.08.2021 10:49	05.08.2021 11:36
05.08.21 11:20	05.08.2021 12:00	05.08.2021 13:41	05.08.2021 14:06
05.08.21 11:25	05.08.2021 11:36	05.08.2021 12:11	05.08.2021 12:45
05.08.21 11:35	05.08.2021 12:00	05.08.2021 12:35	05.08.2021 13:15
05.08.21 11:54	05.08.2021 13:40	05.08.2021 13:57	05.08.2021 14:24
05.08.21 11:55	05.08.2021 12:50	05.08.2021 13:52	05.08.2021 14:42
05.08.21 12:30	05.08.2021 13:30	05.08.2021 16:26	05.08.2021 17:26
28.08.21 18:26	28.08.2021 20:50	28.08.2021 21:51	28.08.2021 22:11
28.08.21 18:34	28.08.2021 20:00	28.08.2021 20:59	28.08.2021 21:20
28.08.21 18:40	29.08.2021 15:30	29.08.2021 16:11	29.08.2021 17:41
28.08.21 18:45	28.08.2021 20:00	28.08.2021 21:01	28.08.2021 21:51
28.08.21 20:05	28.08.2021 22:00	29.08.2021 1:16	29.08.2021 1:46
28.08.21 20:18	29.08.2021 1:30	29.08.2021 3:28	29.08.2021 3:48
28.08.21 21:37	28.08.2021 22:00	28.08.2021 23:49	29.08.2021 0:09
28.08.21 23:40	29.08.2021 0:00	29.08.2021 1:25	29.08.2021 1:45
29.08.21 1:34	29.08.2021 9:33	29.08.2021 9:48	29.08.2021 10:53
29.08.21 2:55	29.08.2021 3:00	29.08.2021 4:13	29.08.2021 4:27
29.08.21 7:00	29.08.2021 8:00	29.08.2021 8:41	29.08.2021 9:11
29.08.21 7:09	29.08.2021 10:05	29.08.2021 10:22	29.08.2021 11:25
29.08.21 8:45	29.08.2021 8:45	29.08.2021 9:06	29.08.2021 9:31
29.08.21 9:15	29.08.2021 9:25	29.08.2021 10:06	29.08.2021 10:36
29.08.21 11:05	29.08.2021 11:10	29.08.2021 11:31	29.08.2021 12:01
29.08.21 11:30	29.08.2021 11:35	29.08.2021 11:52	29.08.2021 12:57
29.08.21 11:30	29.08.2021 18:20	29.08.2021 19:05	29.08.2021 20:15
29.08.21 11:40	29.08.2021 11:45	29.08.2021 12:07	29.08.2021 12:52
29.08.21 12:00	29.08.2021 12:05	29.08.2021 12:24	29.08.2021 13:39

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
29.08.21 12:45	29.08.2021 14:20	29.08.2021 15:01	29.08.2021 15:41
29.08.21 12:55	29.08.2021 13:30	29.08.2021 13:57	29.08.2021 14:37
29.08.21 13:30	29.08.2021 14:40	29.08.2021 15:07	29.08.2021 16:07
29.08.21 13:50	29.08.2021 22:50	29.08.2021 23:35	30.08.2021 0:30
29.08.21 13:55	29.08.2021 22:39	30.08.2021 0:15	30.08.2021 1:05
29.08.21 14:45	29.08.2021 15:05	29.08.2021 15:46	29.08.2021 16:41
29.08.21 15:22	29.08.2021 17:20	29.08.2021 17:36	29.08.2021 18:16
29.08.21 16:00	29.08.2021 17:32	29.08.2021 17:49	29.08.2021 18:29
29.08.21 16:00	29.08.2021 22:30	29.08.2021 23:55	30.08.2021 0:45
29.08.21 16:30	29.08.2021 21:30	29.08.2021 21:53	29.08.2021 22:26
29.08.21 17:07	29.08.2021 19:16	29.08.2021 19:36	29.08.2021 19:58
29.08.21 17:58	29.08.2021 19:23	29.08.2021 19:39	29.08.2021 20:34
29.08.21 18:18	29.08.2021 19:30	29.08.2021 19:47	29.08.2021 20:11
29.08.21 18:55	29.08.2021 22:00	29.08.2021 22:46	29.08.2021 23:05
29.08.21 19:00	29.08.2021 19:10	29.08.2021 19:30	29.08.2021 21:30
29.08.21 20:11	30.08.2021 20:00	30.08.2021 20:19	30.08.2021 20:47
29.08.21 20:39	30.08.2021 0:30	30.08.2021 1:15	30.08.2021 1:34
29.08.21 21:12	29.08.2021 22:39	30.08.2021 0:15	30.08.2021 1:00
29.08.21 21:54	30.08.2021 0:50	30.08.2021 2:16	30.08.2021 2:35
29.08.21 22:22	30.08.2021 1:50	30.08.2021 2:37	30.08.2021 3:14
29.08.21 22:38	30.08.2021 23:54	31.08.2021 1:03	31.08.2021 2:06
30.08.21 1:34	30.08.2021 10:35	30.08.2021 13:04	30.08.2021 13:08
30.08.21 4:24	30.08.2021 4:40	30.08.2021 5:35	30.08.2021 6:19
30.08.21 4:42	30.08.2021 4:47	30.08.2021 5:52	30.08.2021 6:44
30.08.21 5:23	30.08.2021 14:17	30.08.2021 15:48	30.08.2021 16:58
30.08.21 5:52	30.08.2021 6:00	30.08.2021 6:24	30.08.2021 6:56
30.08.21 6:11	30.08.2021 6:24	30.08.2021 7:31	30.08.2021 7:54
30.08.21 8:30	30.08.2021 8:40	30.08.2021 8:58	30.08.2021 9:48
30.08.21 8:30	30.08.2021 8:40	30.08.2021 9:51	30.08.2021 10:56
30.08.21 8:45	30.08.2021 9:00	30.08.2021 9:19	30.08.2021 9:39
30.08.21 9:36	30.08.2021 23:26	30.08.2021 23:48	31.08.2021 1:27
30.08.21 10:20	30.08.2021 11:40	30.08.2021 12:22	30.08.2021 13:17
30.08.21 10:54	30.08.2021 14:40	30.08.2021 15:07	30.08.2021 16:37
30.08.21 11:10	31.08.2021 2:27	31.08.2021 2:43	31.08.2021 4:09
30.08.21 12:00	30.08.2021 14:00	30.08.2021 14:42	30.08.2021 15:32
30.08.21 12:00	30.08.2021 20:30	30.08.2021 21:25	30.08.2021 21:59
30.08.21 12:10	30.08.2021 12:30	30.08.2021 14:56	30.08.2021 15:21
30.08.21 12:35	30.08.2021 12:40	30.08.2021 13:02	30.08.2021 14:07

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
30.08.21 13:03	31.08.2021 9:25	31.08.2021 9:52	31.08.2021 10:12
30.08.21 13:10	30.08.2021 15:00	30.08.2021 15:22	30.08.2021 16:17
30.08.21 13:57	30.08.2021 15:20	30.08.2021 15:41	30.08.2021 16:21
30.08.21 13:57	30.08.2021 15:20	30.08.2021 15:41	30.08.2021 16:31
30.08.21 14:10	30.08.2021 15:00	30.08.2021 15:22	30.08.2021 15:57
30.08.21 14:48	30.08.2021 21:00	30.08.2021 21:19	30.08.2021 21:54
30.08.21 14:54	30.08.2021 23:05	30.08.2021 23:24	30.08.2021 23:29
30.08.21 14:58	30.08.2021 16:20	30.08.2021 16:41	30.08.2021 17:41
30.08.21 15:00	30.08.2021 16:10	30.08.2021 17:01	30.08.2021 17:56
30.08.21 15:30	30.08.2021 22:24	30.08.2021 23:55	31.08.2021 0:43
30.08.21 15:45	30.08.2021 23:00	31.08.2021 0:17	31.08.2021 0:59
30.08.21 17:00	30.08.2021 17:05	30.08.2021 17:27	30.08.2021 18:17
30.08.21 17:52	30.08.2021 19:59	30.08.2021 20:16	30.08.2021 20:38
30.08.21 18:45	30.08.2021 23:30	31.08.2021 0:03	31.08.2021 0:55
30.08.21 20:48	31.08.2021 0:53	31.08.2021 1:11	31.08.2021 2:06
30.08.21 20:55	31.08.2021 0:26	31.08.2021 1:41	31.08.2021 2:08
30.08.21 23:18	31.08.2021 6:14	31.08.2021 6:32	31.08.2021 6:41
30.08.21 23:25	31.08.2021 0:10	31.08.2021 0:56	31.08.2021 1:15
30.08.21 23:29	31.08.2021 1:22	31.08.2021 3:24	31.08.2021 3:55
30.08.21 23:43	31.08.2021 1:06	31.08.2021 2:46	31.08.2021 3:21
30.08.21 23:50	31.08.2021 4:00	31.08.2021 4:15	31.08.2021 5:10
31.08.21 1:11	31.08.2021 9:25	31.08.2021 9:42	31.08.2021 10:07
31.08.21 2:42	31.08.2021 4:10	31.08.2021 4:26	31.08.2021 4:54
31.08.21 5:51	31.08.2021 6:00	31.08.2021 6:48	31.08.2021 7:09
31.08.21 6:49	31.08.2021 8:15	31.08.2021 9:53	31.08.2021 10:20
31.08.21 7:00	31.08.2021 7:19	31.08.2021 7:35	31.08.2021 7:52
31.08.21 9:45	31.08.2021 11:50	31.08.2021 12:12	31.08.2021 12:32
31.08.21 9:48	31.08.2021 10:00	31.08.2021 11:17	31.08.2021 12:19
31.08.21 11:56	31.08.2021 14:20	31.08.2021 18:57	31.08.2021 19:17
31.08.21 12:07	31.08.2021 15:40	31.08.2021 16:03	31.08.2021 16:28
31.08.21 12:07	31.08.2021 12:20	31.08.2021 13:05	31.08.2021 13:30
31.08.21 13:37	31.08.2021 19:35	31.08.2021 19:52	31.08.2021 20:32
31.08.21 13:58	31.08.2021 16:45	31.08.2021 20:27	31.08.2021 20:47
31.08.21 14:55	31.08.2021 15:00	31.08.2021 15:46	31.08.2021 16:05
31.08.21 15:59	31.08.2021 16:30	31.08.2021 16:53	31.08.2021 17:32
31.08.21 16:17	31.08.2021 17:30	31.08.2021 20:06	31.08.2021 20:26
31.08.21 16:29	31.08.2021 16:40	31.08.2021 17:01	31.08.2021 17:31
31.08.21 16:47	31.08.2021 17:01	31.08.2021 17:29	31.08.2021 17:55

Таблиця А.3

Емпіричні дані складових часу знаходження вантажних автомобілів у пункті обслуговування з вантажем 3 пріоритету

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
11.07.2021 13:30	11.07.2021 16:50	11.07.2021 19:31	11.07.2021 19:40
11.07.2021 15:13	11.07.2021 22:10	11.07.2021 23:22	11.07.2021 23:42
11.07.2021 15:34	11.07.2021 17:40	11.07.2021 20:12	11.07.2021 20:32
11.07.2021 15:39	12.07.2021 4:25	12.07.2021 6:41	12.07.2021 7:01
11.07.2021 16:33	11.07.2021 23:30	12.07.2021 1:16	12.07.2021 3:41
11.07.2021 18:00	12.07.2021 1:30	12.07.2021 3:17	12.07.2021 3:37
11.07.2021 18:14	11.07.2021 22:25	11.07.2021 23:47	12.07.2021 0:07
11.07.2021 18:28	11.07.2021 22:30	12.07.2021 0:33	12.07.2021 0:53
11.07.2021 19:33	12.07.2021 2:40	12.07.2021 5:52	12.07.2021 6:12
11.07.2021 19:50	11.07.2021 23:45	12.07.2021 0:29	12.07.2021 0:49
11.07.2021 21:02	12.07.2021 1:20	12.07.2021 3:37	12.07.2021 3:57
11.07.2021 21:17	12.07.2021 15:53	12.07.2021 16:11	12.07.2021 18:03
11.07.2021 22:39	12.07.2021 1:30	12.07.2021 3:47	12.07.2021 4:07
12.07.2021 0:36	12.07.2021 1:30	12.07.2021 3:33	12.07.2021 3:53
12.07.2021 6:46	12.07.2021 15:00	12.07.2021 15:39	12.07.2021 16:24
12.07.2021 6:48	12.07.2021 8:30	12.07.2021 8:48	12.07.2021 9:18
12.07.2021 8:21	12.07.2021 10:01	12.07.2021 10:38	12.07.2021 11:06
12.07.2021 8:40	12.07.2021 10:21	12.07.2021 10:58	12.07.2021 11:51
12.07.2021 10:43	12.07.2021 14:07	12.07.2021 14:30	12.07.2021 15:47
12.07.2021 11:00	12.07.2021 13:00	12.07.2021 14:06	12.07.2021 14:46
12.07.2021 13:25	12.07.2021 13:30	12.07.2021 14:42	12.07.2021 15:02
12.07.2021 13:35	13.07.2021 7:00	13.07.2021 7:21	13.07.2021 8:29
12.07.2021 13:39	13.07.2021 0:03	13.07.2021 2:34	13.07.2021 12:41
12.07.2021 16:11	12.07.2021 18:45	12.07.2021 20:10	13.07.2021 2:15
12.07.2021 16:17	12.07.2021 22:49	12.07.2021 23:13	12.07.2021 23:32
12.07.2021 16:51	12.07.2021 18:40	12.07.2021 19:55	12.07.2021 22:10
12.07.2021 16:55	12.07.2021 18:00	12.07.2021 18:58	12.07.2021 19:28
12.07.2021 17:10	13.07.2021 3:59	13.07.2021 4:19	13.07.2021 4:49
12.07.2021 17:27	12.07.2021 19:16	12.07.2021 19:35	12.07.2021 23:19
12.07.2021 18:31	13.07.2021 2:10	13.07.2021 3:02	13.07.2021 4:06
12.07.2021 18:36	12.07.2021 20:02	12.07.2021 21:39	12.07.2021 22:05
12.07.2021 19:00	13.07.2021 5:20	13.07.2021 6:38	13.07.2021 7:01
12.07.2021 19:27	13.07.2021 2:54	13.07.2021 3:17	13.07.2021 4:03
12.07.2021 19:50	13.07.2021 10:00	13.07.2021 10:44	13.07.2021 11:08

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
12.07.2021 20:38	13.07.2021 0:12	13.07.2021 2:41	13.07.2021 3:59
12.07.2021 21:12	12.07.2021 23:26	12.07.2021 23:52	13.07.2021 0:08
13.07.2021 1:16	13.07.2021 4:34	13.07.2021 4:55	13.07.2021 5:30
13.07.2021 4:29	13.07.2021 17:29	13.07.2021 20:54	13.07.2021 21:34
13.07.2021 10:03	13.07.2021 11:00	13.07.2021 11:45	13.07.2021 12:15
13.07.2021 13:08	14.07.2021 1:33	14.07.2021 1:54	14.07.2021 3:03
13.07.2021 13:46	13.07.2021 15:28	13.07.2021 16:06	14.07.2021 0:16
13.07.2021 14:03	13.07.2021 18:10	13.07.2021 19:02	13.07.2021 19:27
13.07.2021 14:55	13.07.2021 15:25	13.07.2021 16:10	13.07.2021 17:35
13.07.2021 15:05	13.07.2021 15:30	13.07.2021 15:58	13.07.2021 17:18
13.07.2021 15:45	13.07.2021 16:20	13.07.2021 16:59	13.07.2021 18:09
13.07.2021 17:37	14.07.2021 1:00	14.07.2021 1:19	14.07.2021 2:59
13.07.2021 18:11	13.07.2021 20:03	13.07.2021 20:52	13.07.2021 21:19
13.07.2021 18:35	14.07.2021 2:35	14.07.2021 3:29	14.07.2021 3:46
13.07.2021 19:06	14.07.2021 3:37	14.07.2021 4:16	14.07.2021 4:46
13.07.2021 20:40	13.07.2021 22:57	13.07.2021 23:21	13.07.2021 23:45
13.07.2021 20:55	14.07.2021 2:18	14.07.2021 5:34	14.07.2021 7:50
13.07.2021 21:02	14.07.2021 1:20	14.07.2021 1:40	14.07.2021 2:36
13.07.2021 21:46	14.07.2021 0:40	14.07.2021 3:51	14.07.2021 4:23
13.07.2021 22:03	14.07.2021 0:06	14.07.2021 0:56	14.07.2021 1:36
13.07.2021 22:46	14.07.2021 5:57	14.07.2021 6:24	14.07.2021 6:45
13.07.2021 22:49	14.07.2021 7:00	14.07.2021 7:45	14.07.2021 8:05
13.07.2021 23:10	14.07.2021 6:50	14.07.2021 7:26	14.07.2021 8:15
13.07.2021 23:42	14.07.2021 1:01	14.07.2021 1:53	14.07.2021 5:53
13.07.2021 23:59	14.07.2021 6:50	14.07.2021 7:15	14.07.2021 8:10
14.07.2021 0:54	14.07.2021 8:00	14.07.2021 10:46	14.07.2021 11:12
14.07.2021 1:00	14.07.2021 2:08	14.07.2021 3:18	14.07.2021 3:54
14.07.2021 1:07	14.07.2021 5:29	14.07.2021 6:48	14.07.2021 7:23
14.07.2021 1:38	14.07.2021 6:30	14.07.2021 6:54	14.07.2021 7:26
14.07.2021 3:17	14.07.2021 4:33	14.07.2021 5:10	14.07.2021 5:52
14.07.2021 4:40	14.07.2021 9:05	14.07.2021 10:52	14.07.2021 10:59
14.07.2021 6:48	14.07.2021 8:30	14.07.2021 9:28	14.07.2021 9:59
14.07.2021 8:03	14.07.2021 10:20	14.07.2021 10:52	14.07.2021 11:17
14.07.2021 8:09	14.07.2021 8:15	14.07.2021 9:00	14.07.2021 9:10
14.07.2021 9:52	14.07.2021 17:35	14.07.2021 18:29	14.07.2021 19:09
14.07.2021 11:19	14.07.2021 12:59	14.07.2021 14:51	14.07.2021 15:16
14.07.2021 13:57	14.07.2021 14:05	14.07.2021 15:17	14.07.2021 15:27
14.07.2021 14:00	14.07.2021 15:55	14.07.2021 16:28	14.07.2021 16:43

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
14.07.2021 15:30	14.07.2021 17:45	14.07.2021 18:58	14.07.2021 19:23
14.07.2021 16:23	14.07.2021 20:16	14.07.2021 22:00	15.07.2021 13:05
14.07.2021 17:24	15.07.2021 1:38	15.07.2021 1:59	15.07.2021 2:19
14.07.2021 17:38	14.07.2021 18:00	14.07.2021 20:32	14.07.2021 20:52
14.07.2021 18:36	14.07.2021 21:20	14.07.2021 22:42	14.07.2021 22:58
14.07.2021 18:41	15.07.2021 1:40	15.07.2021 2:19	15.07.2021 4:29
14.07.2021 19:00	14.07.2021 20:13	14.07.2021 21:31	14.07.2021 21:51
14.07.2021 21:54	14.07.2021 22:00	15.07.2021 0:30	15.07.2021 0:42
14.07.2021 22:18	14.07.2021 22:40	15.07.2021 0:35	15.07.2021 0:46
14.07.2021 22:38	15.07.2021 0:10	15.07.2021 2:12	15.07.2021 2:45
14.07.2021 23:25	15.07.2021 0:10	15.07.2021 1:16	15.07.2021 1:36
15.07.2021 1:25	15.07.2021 2:49	15.07.2021 6:52	15.07.2021 7:12
15.07.2021 1:46	15.07.2021 4:33	15.07.2021 5:11	15.07.2021 5:31
15.07.2021 11:55	15.07.2021 14:00	15.07.2021 14:24	15.07.2021 15:06
15.07.2021 12:06	15.07.2021 15:39	15.07.2021 16:03	15.07.2021 16:15
15.07.2021 12:38	15.07.2021 13:58	15.07.2021 14:22	15.07.2021 14:49
15.07.2021 12:42	15.07.2021 15:00	15.07.2021 15:58	15.07.2021 16:28
26.08.2021 6:47	26.08.2021 10:10	26.08.2021 10:26	26.08.2021 12:30
26.08.2021 7:07	26.08.2021 9:10	26.08.2021 9:25	26.08.2021 10:01
26.08.2021 12:11	26.08.2021 14:10	26.08.2021 14:34	26.08.2021 15:06
26.08.2021 13:09	26.08.2021 20:00	26.08.2021 20:29	27.08.2021 2:24
26.08.2021 14:13	26.08.2021 20:30	26.08.2021 20:56	26.08.2021 21:16
26.08.2021 14:54	26.08.2021 15:56	26.08.2021 16:18	26.08.2021 17:12
26.08.2021 14:54	26.08.2021 15:45	26.08.2021 20:30	26.08.2021 20:51
26.08.2021 15:21	26.08.2021 18:07	26.08.2021 18:27	26.08.2021 19:06
26.08.2021 16:36	26.08.2021 21:40	26.08.2021 22:29	26.08.2021 22:54
26.08.2021 18:13	26.08.2021 19:10	26.08.2021 21:23	26.08.2021 21:48
26.08.2021 18:47	26.08.2021 21:40	26.08.2021 22:02	26.08.2021 22:27
26.08.2021 18:48	26.08.2021 20:35	26.08.2021 21:30	26.08.2021 21:55
26.08.2021 19:42	26.08.2021 20:10	26.08.2021 20:59	26.08.2021 21:29
26.08.2021 21:50	27.08.2021 0:30	27.08.2021 0:54	27.08.2021 1:02
27.08.2021 0:34	27.08.2021 1:30	27.08.2021 2:00	27.08.2021 2:25
27.08.2021 2:13	28.08.2021 6:12	28.08.2021 6:35	28.08.2021 7:12
27.08.2021 4:45	28.08.2021 7:19	28.08.2021 7:43	28.08.2021 7:47
27.08.2021 8:47	28.08.2021 9:00	28.08.2021 10:05	28.08.2021 10:45
27.08.2021 11:38	28.08.2021 2:10	28.08.2021 5:12	28.08.2021 5:22
27.08.2021 11:41	27.08.2021 13:16	27.08.2021 13:36	27.08.2021 14:13

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
27.08.2021 11:41	27.08.2021 13:00	27.08.2021 17:37	27.08.2021 17:52
27.08.2021 12:31	27.08.2021 13:10	27.08.2021 14:43	27.08.2021 14:56
27.08.2021 12:32	27.08.2021 14:10	27.08.2021 15:51	27.08.2021 16:05
27.08.2021 12:51	27.08.2021 23:55	28.08.2021 2:42	28.08.2021 3:02
27.08.2021 14:53	28.08.2021 10:09	28.08.2021 10:24	28.08.2021 11:03
27.08.2021 15:59	27.08.2021 20:00	27.08.2021 22:26	27.08.2021 22:46
27.08.2021 17:49	28.08.2021 1:50	28.08.2021 3:21	28.08.2021 3:41
27.08.2021 18:08	27.08.2021 23:59	28.08.2021 5:46	28.08.2021 6:06
27.08.2021 21:13	28.08.2021 6:00	28.08.2021 9:40	28.08.2021 10:00
27.08.2021 21:42	28.08.2021 8:23	28.08.2021 8:45	28.08.2021 9:18
27.08.2021 22:16	28.08.2021 21:00	28.08.2021 22:55	28.08.2021 23:31
27.08.2021 22:21	28.08.2021 3:30	28.08.2021 5:44	28.08.2021 6:04
27.08.2021 22:55	29.08.2021 0:10	29.08.2021 0:53	29.08.2021 1:26
27.08.2021 23:19	28.08.2021 0:00	28.08.2021 1:52	28.08.2021 2:17
28.08.2021 1:45	28.08.2021 1:55	28.08.2021 2:24	28.08.2021 2:44
28.08.2021 7:10	28.08.2021 8:20	28.08.2021 10:22	28.08.2021 11:05
28.08.2021 9:09	28.08.2021 14:03	28.08.2021 14:24	28.08.2021 15:13
28.08.2021 10:21	29.08.2021 9:20	29.08.2021 9:40	29.08.2021 10:29
28.08.2021 10:37	28.08.2021 13:40	28.08.2021 13:55	28.08.2021 14:20
28.08.2021 11:09	28.08.2021 13:34	28.08.2021 13:52	28.08.2021 15:48
28.08.2021 14:44	28.08.2021 17:25	28.08.2021 17:46	28.08.2021 18:28
28.08.2021 16:03	28.08.2021 18:40	28.08.2021 19:45	28.08.2021 20:05
28.08.2021 21:31	29.08.2021 3:00	29.08.2021 4:15	29.08.2021 4:35
28.08.2021 21:36	28.08.2021 22:10	28.08.2021 23:52	29.08.2021 0:14
28.08.2021 22:04	29.08.2021 6:15	29.08.2021 8:55	29.08.2021 9:30
29.08.2021 10:45	29.08.2021 12:30	29.08.2021 12:55	29.08.2021 13:07
29.08.2021 10:53	29.08.2021 12:54	29.08.2021 13:15	29.08.2021 13:39
29.08.2021 10:54	29.08.2021 15:15	29.08.2021 15:37	29.08.2021 16:11
29.08.2021 11:46	30.08.2021 0:51	30.08.2021 7:25	30.08.2021 15:28
29.08.2021 14:02	29.08.2021 15:57	29.08.2021 16:13	29.08.2021 17:13
29.08.2021 14:21	29.08.2021 16:20	29.08.2021 16:38	29.08.2021 17:18
29.08.2021 14:31	29.08.2021 18:00	29.08.2021 18:18	29.08.2021 18:51
29.08.2021 14:42	29.08.2021 16:45	29.08.2021 17:00	29.08.2021 17:55
29.08.2021 16:00	29.08.2021 16:58	29.08.2021 17:16	29.08.2021 17:33
29.08.2021 16:59	29.08.2021 22:20	29.08.2021 22:46	29.08.2021 23:15
29.08.2021 18:30	30.08.2021 2:42	30.08.2021 6:34	30.08.2021 7:17
29.08.2021 21:20	30.08.2021 0:30	30.08.2021 1:26	30.08.2021 1:49
30.08.2021 6:02	30.08.2021 7:10	30.08.2021 7:48	30.08.2021 8:36

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
30.08.2021 11:19	30.08.2021 14:40	30.08.2021 18:22	30.08.2021 18:42
30.08.2021 11:21	30.08.2021 14:10	30.08.2021 18:51	30.08.2021 19:16
30.08.2021 11:22	30.08.2021 21:05	30.08.2021 21:47	30.08.2021 22:18
30.08.2021 12:30	31.08.2021 2:12	31.08.2021 2:28	31.08.2021 3:41
30.08.2021 13:45	30.08.2021 15:45	30.08.2021 22:00	30.08.2021 22:13
30.08.2021 15:08	30.08.2021 16:20	30.08.2021 18:55	30.08.2021 19:35
30.08.2021 15:29	30.08.2021 17:00	30.08.2021 18:05	30.08.2021 18:35
30.08.2021 16:00	31.08.2021 6:12	31.08.2021 6:28	31.08.2021 7:09
30.08.2021 16:07	30.08.2021 20:19	30.08.2021 21:09	30.08.2021 21:29
30.08.2021 16:21	31.08.2021 6:51	31.08.2021 7:09	31.08.2021 7:51
30.08.2021 16:35	31.08.2021 4:04	31.08.2021 4:25	31.08.2021 4:49
30.08.2021 16:37	30.08.2021 17:50	30.08.2021 20:17	30.08.2021 20:27
30.08.2021 17:31	31.08.2021 4:28	31.08.2021 5:39	31.08.2021 6:09
30.08.2021 18:15	31.08.2021 10:20	31.08.2021 10:45	31.08.2021 11:10
30.08.2021 18:57	31.08.2021 8:00	31.08.2021 9:06	31.08.2021 9:46
30.08.2021 19:35	30.08.2021 22:02	30.08.2021 22:40	30.08.2021 23:39
30.08.2021 20:27	31.08.2021 5:05	31.08.2021 5:47	31.08.2021 6:27
30.08.2021 23:43	31.08.2021 4:56	31.08.2021 5:28	31.08.2021 5:36
31.08.2021 4:18	31.08.2021 7:00	31.08.2021 8:08	31.08.2021 8:48
31.08.2021 6:24	31.08.2021 9:25	31.08.2021 10:14	31.08.2021 10:39
31.08.2021 7:51	31.08.2021 10:20	31.08.2021 11:14	31.08.2021 11:39
31.08.2021 8:51	31.08.2021 14:20	31.08.2021 15:51	31.08.2021 16:16
31.08.2021 9:22	31.08.2021 9:30	31.08.2021 12:14	31.08.2021 13:14
31.08.2021 11:31	31.08.2021 12:45	31.08.2021 13:21	31.08.2021 13:46
31.08.2021 11:33	01.09.2021 1:00	01.09.2021 1:19	01.09.2021 3:09
31.08.2021 11:54	31.08.2021 13:45	31.08.2021 14:27	31.08.2021 14:52
31.08.2021 12:06	31.08.2021 14:20	31.08.2021 14:43	31.08.2021 15:08
31.08.2021 12:24	31.08.2021 15:40	31.08.2021 17:32	31.08.2021 18:02
31.08.2021 13:05	31.08.2021 13:40	31.08.2021 15:41	31.08.2021 16:20
31.08.2021 14:15	31.08.2021 14:30	31.08.2021 16:13	31.08.2021 16:25
31.08.2021 15:53	31.08.2021 20:25	31.08.2021 20:41	31.08.2021 20:59
31.08.2021 16:00	31.08.2021 17:30	31.08.2021 20:06	31.08.2021 20:31
31.08.2021 16:35	31.08.2021 19:30	31.08.2021 19:56	31.08.2021 21:51
31.08.2021 17:43	01.09.2021 8:34	01.09.2021 8:49	01.09.2021 9:29
31.08.2021 19:28	31.08.2021 23:45	01.09.2021 0:07	01.09.2021 1:02
31.08.2021 19:33	31.08.2021 21:35	31.08.2021 21:53	31.08.2021 22:28
31.08.2021 19:55	01.09.2021 0:10	01.09.2021 7:12	01.09.2021 7:32
31.08.2021 20:57	01.09.2021 2:56	01.09.2021 3:16	01.09.2021 4:39

Таблиця А.4

Емпіричні дані складових часу знаходження вантажних автомобілів у пункті обслуговування з вантажем 4 пріоритету

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
11.06.2021 9:32	11.06.2021 15:00	11.06.2021 15:42	11.06.2021 16:42
11.06.2021 13:30	11.06.2021 15:30	11.06.2021 16:12	11.06.2021 16:42
11.06.2021 13:50	11.06.2021 15:30	11.06.2021 15:59	11.06.2021 16:38
11.06.2021 19:16	11.06.2021 20:45	11.06.2021 21:03	11.06.2021 21:28
11.06.2021 19:48	12.06.2021 22:35	12.06.2021 22:55	12.06.2021 23:30
11.06.2021 21:05	12.06.2021 2:48	12.06.2021 3:10	12.06.2021 3:27
11.06.2021 23:07	12.06.2021 0:10	12.06.2021 0:39	12.06.2021 1:08
12.06.2021 2:57	12.06.2021 12:55	12.06.2021 14:03	12.06.2021 14:23
12.06.2021 5:50	12.06.2021 7:16	12.06.2021 7:40	12.06.2021 7:55
12.06.2021 8:12	12.06.2021 16:50	12.06.2021 17:50	12.06.2021 18:10
12.06.2021 10:49	12.06.2021 14:38	12.06.2021 16:34	12.06.2021 16:59
12.06.2021 12:06	12.06.2021 16:15	12.06.2021 17:35	12.06.2021 17:55
12.06.2021 13:29	12.06.2021 16:43	12.06.2021 20:08	12.06.2021 20:28
12.06.2021 14:25	13.06.2021 1:52	13.06.2021 2:44	13.06.2021 4:05
12.06.2021 16:59	12.06.2021 22:53	12.06.2021 23:22	13.06.2021 8:34
12.06.2021 17:34	13.06.2021 6:50	13.06.2021 7:10	13.06.2021 7:45
12.06.2021 17:56	13.06.2021 8:16	13.06.2021 8:42	13.06.2021 9:40
12.06.2021 20:11	13.06.2021 6:42	13.06.2021 7:00	13.06.2021 9:31
12.06.2021 20:55	13.06.2021 0:50	13.06.2021 1:18	13.06.2021 10:48
12.06.2021 21:00	13.06.2021 4:55	13.06.2021 5:23	13.06.2021 5:33
12.06.2021 21:43	13.06.2021 7:10	13.06.2021 7:29	13.06.2021 7:49
12.06.2021 22:46	13.06.2021 0:40	13.06.2021 6:09	13.06.2021 8:12
12.06.2021 23:02	13.06.2021 1:00	13.06.2021 2:05	13.06.2021 2:16
12.06.2021 23:55	13.06.2021 2:45	13.06.2021 4:29	13.06.2021 4:43
13.06.2021 2:48	13.06.2021 6:00	13.06.2021 6:25	13.06.2021 8:59
13.06.2021 5:51	13.06.2021 7:05	13.06.2021 7:30	13.06.2021 11:00
13.06.2021 6:43	13.06.2021 12:11	13.06.2021 13:56	13.06.2021 14:03
13.06.2021 7:09	13.06.2021 9:04	13.06.2021 9:28	13.06.2021 10:30
13.06.2021 8:27	13.06.2021 10:39	13.06.2021 11:58	13.06.2021 12:20
13.06.2021 8:29	14.06.2021 0:00	14.06.2021 0:31	14.06.2021 1:11
13.06.2021 9:26	13.06.2021 10:40	13.06.2021 12:05	13.06.2021 13:15
13.06.2021 10:34	13.06.2021 12:43	13.06.2021 14:05	13.06.2021 14:27
13.06.2021 12:30	14.06.2021 1:50	14.06.2021 2:15	14.06.2021 3:10
13.06.2021 14:19	13.06.2021 15:41	13.06.2021 17:08	13.06.2021 17:11

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
13.06.2021 15:00	13.06.2021 17:20	13.06.2021 17:51	13.06.2021 18:03
13.06.2021 18:39	13.06.2021 22:15	13.06.2021 22:39	13.06.2021 23:04
13.06.2021 20:38	13.06.2021 23:00	13.06.2021 23:30	14.06.2021 1:30
13.06.2021 20:47	14.06.2021 4:30	14.06.2021 4:49	14.06.2021 5:34
13.06.2021 21:24	14.06.2021 1:10	14.06.2021 1:29	14.06.2021 1:54
14.06.2021 1:56	14.06.2021 9:33	14.06.2021 10:00	14.06.2021 10:23
14.06.2021 8:26	14.06.2021 9:46	14.06.2021 10:16	14.06.2021 10:38
14.06.2021 10:04	14.06.2021 11:01	14.06.2021 12:04	14.06.2021 12:37
14.06.2021 11:41	14.06.2021 13:46	14.06.2021 14:05	14.06.2021 14:38
14.06.2021 13:24	15.06.2021 8:00	15.06.2021 9:20	15.06.2021 9:50
14.06.2021 14:32	14.06.2021 16:09	14.06.2021 16:41	14.06.2021 17:55
14.06.2021 18:46	14.06.2021 20:20	14.06.2021 20:53	14.06.2021 21:23
14.06.2021 18:48	14.06.2021 20:50	14.06.2021 22:01	14.06.2021 22:26
14.06.2021 19:08	14.06.2021 20:30	14.06.2021 21:44	15.06.2021 4:54
14.06.2021 19:30	15.06.2021 0:30	15.06.2021 1:07	15.06.2021 1:27
14.06.2021 20:31	15.06.2021 2:20	15.06.2021 3:34	15.06.2021 4:04
14.06.2021 20:47	15.06.2021 2:35	15.06.2021 5:03	15.06.2021 5:23
14.06.2021 23:02	15.06.2021 2:20	15.06.2021 2:40	15.06.2021 3:15
15.06.2021 2:02	15.06.2021 2:50	15.06.2021 3:09	15.06.2021 3:39
15.06.2021 9:56	15.06.2021 13:28	15.06.2021 13:56	15.06.2021 14:31
15.06.2021 13:10	15.06.2021 16:53	15.06.2021 17:15	15.06.2021 17:35
15.06.2021 13:12	15.06.2021 17:33	15.06.2021 18:10	15.06.2021 18:41
15.06.2021 13:19	15.06.2021 15:47	15.06.2021 16:11	15.06.2021 16:40
15.06.2021 13:47	15.06.2021 16:07	15.06.2021 16:37	15.06.2021 17:19
15.06.2021 14:34	15.06.2021 20:45	15.06.2021 21:18	15.06.2021 21:43
15.06.2021 15:10	15.06.2021 18:25	15.06.2021 18:52	15.06.2021 19:24
15.06.2021 15:22	15.06.2021 19:15	15.06.2021 19:41	15.06.2021 20:04
15.06.2021 17:43	16.06.2021 8:00	16.06.2021 9:28	16.06.2021 9:58
15.06.2021 21:56	16.06.2021 1:25	16.06.2021 2:14	16.06.2021 2:34
16.06.2021 8:31	16.06.2021 12:00	16.06.2021 12:26	16.06.2021 12:57
16.06.2021 13:52	16.06.2021 15:28	16.06.2021 15:57	16.06.2021 16:26
16.06.2021 15:56	16.06.2021 17:30	16.06.2021 18:23	16.06.2021 18:39
16.06.2021 18:29	17.06.2021 12:00	17.06.2021 12:53	17.06.2021 13:14
16.06.2021 18:59	17.06.2021 5:04	17.06.2021 5:31	17.06.2021 7:01
16.06.2021 19:11	17.06.2021 12:20	17.06.2021 12:50	17.06.2021 13:07
16.06.2021 19:32	16.06.2021 21:11	16.06.2021 21:42	16.06.2021 22:04
16.06.2021 20:06	17.06.2021 9:40	17.06.2021 10:03	17.06.2021 11:45
16.06.2021 21:16	16.06.2021 21:45	16.06.2021 22:22	16.06.2021 23:07

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
17.06.2021 9:32	18.06.2021 6:32	18.06.2021 7:51	18.06.2021 9:51
17.06.2021 10:24	18.06.2021 8:15	18.06.2021 9:35	18.06.2021 10:52
17.06.2021 11:03	17.06.2021 15:05	17.06.2021 15:28	17.06.2021 16:35
17.06.2021 15:02	18.06.2021 20:52	18.06.2021 21:13	19.06.2021 5:23
17.06.2021 15:04	17.06.2021 18:56	17.06.2021 19:18	17.06.2021 19:40
17.06.2021 15:24	17.06.2021 22:55	17.06.2021 23:23	17.06.2021 23:43
17.06.2021 15:46	17.06.2021 22:04	17.06.2021 22:40	17.06.2021 23:04
17.06.2021 16:00	17.06.2021 17:35	17.06.2021 17:55	17.06.2021 19:20
17.06.2021 17:19	18.06.2021 0:18	18.06.2021 1:36	18.06.2021 1:37
17.06.2021 17:51	18.06.2021 4:01	18.06.2021 4:38	18.06.2021 5:12
17.06.2021 19:07	18.06.2021 4:31	18.06.2021 8:24	18.06.2021 9:23
17.06.2021 22:25	18.06.2021 7:00	18.06.2021 7:28	18.06.2021 9:28
17.06.2021 22:40	18.06.2021 7:30	18.06.2021 7:58	18.06.2021 10:08
17.06.2021 23:54	18.06.2021 5:11	18.06.2021 5:37	18.06.2021 7:29
18.06.2021 11:03	19.06.2021 2:20	19.06.2021 2:40	19.06.2021 5:03
18.06.2021 11:20	19.06.2021 5:43	19.06.2021 6:36	19.06.2021 6:50
18.06.2021 13:42	18.06.2021 16:18	18.06.2021 16:44	18.06.2021 17:14
18.06.2021 15:01	19.06.2021 3:45	19.06.2021 4:07	19.06.2021 5:01
18.06.2021 15:50	18.06.2021 22:06	18.06.2021 22:28	18.06.2021 23:02
22.08.2021 16:28	23.08.2021 10:30	23.08.2021 12:06	23.08.2021 12:31
22.08.2021 19:11	22.08.2021 22:08	22.08.2021 22:27	22.08.2021 22:58
22.08.2021 22:19	23.08.2021 5:56	23.08.2021 6:19	23.08.2021 6:49
22.08.2021 22:21	23.08.2021 6:21	23.08.2021 6:46	23.08.2021 7:08
22.08.2021 23:38	23.08.2021 11:55	23.08.2021 16:42	23.08.2021 16:57
23.08.2021 0:47	23.08.2021 1:00	23.08.2021 2:18	23.08.2021 3:08
23.08.2021 1:33	23.08.2021 11:25	23.08.2021 13:08	23.08.2021 13:28
23.08.2021 1:54	23.08.2021 7:20	23.08.2021 8:33	23.08.2021 9:03
23.08.2021 12:05	24.08.2021 7:40	24.08.2021 8:16	24.08.2021 8:36
23.08.2021 14:09	24.08.2021 7:05	24.08.2021 7:30	24.08.2021 7:59
23.08.2021 14:35	24.08.2021 5:40	24.08.2021 6:00	24.08.2021 6:20
23.08.2021 15:24	24.08.2021 7:00	24.08.2021 7:18	24.08.2021 7:50
23.08.2021 17:03	24.08.2021 6:25	24.08.2021 9:35	24.08.2021 9:55
23.08.2021 17:11	24.08.2021 6:51	24.08.2021 7:20	24.08.2021 7:38
23.08.2021 17:58	24.08.2021 6:00	24.08.2021 6:29	24.08.2021 6:59
23.08.2021 18:33	24.08.2021 7:35	24.08.2021 9:46	24.08.2021 10:06
23.08.2021 19:46	24.08.2021 5:20	24.08.2021 5:46	24.08.2021 6:11
23.08.2021 21:01	24.08.2021 7:30	24.08.2021 9:42	24.08.2021 10:02

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
23.08.2021 21:53	24.08.2021 5:36	24.08.2021 5:58	24.08.2021 6:26
24.08.2021 0:37	24.08.2021 3:57	24.08.2021 4:23	24.08.2021 5:49
24.08.2021 0:50	24.08.2021 6:15	24.08.2021 6:34	24.08.2021 6:57
24.08.2021 7:58	24.08.2021 12:30	24.08.2021 14:13	24.08.2021 14:33
24.08.2021 18:00	24.08.2021 18:20	24.08.2021 19:25	24.08.2021 20:02
24.08.2021 18:15	24.08.2021 21:00	24.08.2021 21:53	24.08.2021 22:05
26.08.2021 0:11	26.08.2021 2:00	26.08.2021 2:40	26.08.2021 3:05
26.08.2021 0:55	26.08.2021 1:00	26.08.2021 1:31	26.08.2021 1:51
26.08.2021 11:33	26.08.2021 14:56	26.08.2021 15:22	26.08.2021 16:10
26.08.2021 13:38	26.08.2021 17:21	26.08.2021 17:42	26.08.2021 18:07
26.08.2021 15:22	26.08.2021 17:17	26.08.2021 17:39	26.08.2021 18:06
26.08.2021 17:09	26.08.2021 19:20	26.08.2021 20:00	26.08.2021 20:20
26.08.2021 21:02	26.08.2021 21:15	27.08.2021 0:05	27.08.2021 3:40
26.08.2021 21:06	26.08.2021 23:35	27.08.2021 1:11	27.08.2021 1:31
26.08.2021 22:32	27.08.2021 1:00	27.08.2021 2:36	27.08.2021 3:01
27.08.2021 8:04	27.08.2021 9:31	27.08.2021 9:53	27.08.2021 12:01
27.08.2021 8:29	27.08.2021 10:26	27.08.2021 10:55	27.08.2021 12:14
27.08.2021 9:39	27.08.2021 12:25	27.08.2021 12:53	27.08.2021 13:47
27.08.2021 10:16	27.08.2021 13:38	27.08.2021 13:59	27.08.2021 14:36
27.08.2021 10:22	27.08.2021 13:48	27.08.2021 14:07	27.08.2021 14:49
27.08.2021 10:58	28.08.2021 11:32	28.08.2021 11:59	28.08.2021 15:54
27.08.2021 11:36	27.08.2021 14:59	27.08.2021 15:23	27.08.2021 16:17
27.08.2021 11:39	27.08.2021 14:33	27.08.2021 14:53	27.08.2021 17:33
27.08.2021 11:57	27.08.2021 15:12	27.08.2021 15:38	27.08.2021 16:11
27.08.2021 15:00	27.08.2021 17:27	27.08.2021 17:56	27.08.2021 18:46
27.08.2021 16:28	27.08.2021 19:10	27.08.2021 19:56	27.08.2021 20:16
27.08.2021 20:12	28.08.2021 6:14	28.08.2021 6:54	28.08.2021 9:04
27.08.2021 20:15	28.08.2021 5:50	28.08.2021 8:03	28.08.2021 8:23
27.08.2021 21:22	28.08.2021 1:55	28.08.2021 5:37	28.08.2021 5:57
27.08.2021 21:35	28.08.2021 9:55	28.08.2021 10:21	28.08.2021 10:41
28.08.2021 2:06	28.08.2021 21:35	28.08.2021 22:56	28.08.2021 23:16
28.08.2021 5:13	28.08.2021 17:35	28.08.2021 17:56	28.08.2021 18:31
28.08.2021 15:11	28.08.2021 23:45	29.08.2021 1:06	29.08.2021 1:26
28.08.2021 15:19	28.08.2021 22:55	29.08.2021 0:24	29.08.2021 0:44
28.08.2021 18:13	28.08.2021 20:50	28.08.2021 22:27	28.08.2021 22:47
28.08.2021 19:26	29.08.2021 1:20	29.08.2021 3:03	29.08.2021 3:23
28.08.2021 20:18	29.08.2021 1:30	29.08.2021 3:43	29.08.2021 4:03
28.08.2021 20:21	29.08.2021 6:15	29.08.2021 8:38	29.08.2021 10:13

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
28.08.2021 22:43	29.08.2021 3:40	29.08.2021 5:54	29.08.2021 6:14
29.08.2021 1:34	29.08.2021 9:33	29.08.2021 9:59	29.08.2021 10:55
29.08.2021 7:09	29.08.2021 10:05	29.08.2021 10:28	29.08.2021 11:31
29.08.2021 9:55	29.08.2021 11:55	29.08.2021 12:15	29.08.2021 12:55
29.08.2021 11:14	29.08.2021 14:47	29.08.2021 15:10	29.08.2021 15:32
29.08.2021 14:47	29.08.2021 19:16	29.08.2021 19:47	29.08.2021 20:50
29.08.2021 14:47	29.08.2021 16:00	29.08.2021 16:41	29.08.2021 17:00
29.08.2021 15:12	29.08.2021 18:50	29.08.2021 19:16	29.08.2021 19:36
29.08.2021 21:12	29.08.2021 22:39	30.08.2021 0:23	30.08.2021 1:08
30.08.2021 10:02	30.08.2021 11:58	30.08.2021 12:46	30.08.2021 14:41
30.08.2021 10:31	30.08.2021 11:45	30.08.2021 12:36	30.08.2021 14:51
30.08.2021 11:33	30.08.2021 14:40	30.08.2021 15:02	30.08.2021 16:18
30.08.2021 11:38	30.08.2021 14:40	30.08.2021 15:00	30.08.2021 16:26
30.08.2021 13:03	31.08.2021 9:25	31.08.2021 10:11	31.08.2021 10:31
30.08.2021 13:43	30.08.2021 16:20	30.08.2021 19:07	30.08.2021 19:47
30.08.2021 14:13	30.08.2021 21:02	30.08.2021 21:33	30.08.2021 21:39
30.08.2021 16:53	30.08.2021 22:10	30.08.2021 22:57	30.08.2021 23:27
30.08.2021 17:50	31.08.2021 10:20	31.08.2021 11:33	31.08.2021 11:53
30.08.2021 17:54	30.08.2021 20:08	30.08.2021 20:32	30.08.2021 21:17
30.08.2021 18:13	30.08.2021 20:37	30.08.2021 21:06	30.08.2021 21:30
30.08.2021 19:03	30.08.2021 22:57	30.08.2021 23:16	30.08.2021 23:59
30.08.2021 20:48	31.08.2021 0:53	31.08.2021 1:20	31.08.2021 2:15
30.08.2021 21:04	31.08.2021 1:48	31.08.2021 2:29	31.08.2021 2:51
30.08.2021 23:50	31.08.2021 4:00	31.08.2021 4:41	31.08.2021 5:06
31.08.2021 9:45	31.08.2021 11:50	31.08.2021 12:30	31.08.2021 12:50
31.08.2021 10:54	31.08.2021 14:20	31.08.2021 15:07	31.08.2021 15:37
31.08.2021 11:56	31.08.2021 14:20	31.08.2021 18:10	31.08.2021 18:30
31.08.2021 13:58	31.08.2021 16:45	31.08.2021 19:40	31.08.2021 20:00
31.08.2021 14:39	01.09.2021 3:05	01.09.2021 3:26	01.09.2021 4:01
31.08.2021 16:17	31.08.2021 17:30	31.08.2021 19:59	31.08.2021 20:19
31.08.2021 17:03	01.09.2021 8:54	01.09.2021 11:25	01.09.2021 11:25
31.08.2021 21:10	01.09.2021 3:38	01.09.2021 4:09	01.09.2021 4:30
31.08.2021 22:54	01.09.2021 9:30	01.09.2021 11:44	01.09.2021 12:04
01.09.2021 0:25	01.09.2021 5:50	01.09.2021 6:10	01.09.2021 7:20
01.09.2021 8:35	01.09.2021 10:30	01.09.2021 11:55	01.09.2021 12:15
01.09.2021 15:44	01.09.2021 19:10	01.09.2021 19:35	01.09.2021 19:55
01.09.2021 19:26	02.09.2021 3:32	02.09.2021 3:58	02.09.2021 4:30
01.09.2021 20:51	02.09.2021 2:11	02.09.2021 2:29	02.09.2021 2:50

Таблиця А.5

Емпіричні дані складових часу знаходження вантажних автомобілів у пункті обслуговування з вантажем 5 пріоритету

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
08.01.2021 0:17	08.01.2021 9:00	08.01.2021 10:42	08.01.2021 11:06
08.01.2021 1:29	09.01.2021 15:13	09.01.2021 15:39	09.01.2021 16:31
08.01.2021 2:09	08.01.2021 3:11	08.01.2021 3:34	08.01.2021 4:23
08.01.2021 15:45	09.01.2021 15:12	09.01.2021 15:33	09.01.2021 16:15
10.01.2021 11:56	10.01.2021 22:54	10.01.2021 23:18	11.01.2021 0:09
10.01.2021 16:30	11.01.2021 0:51	11.01.2021 1:33	11.01.2021 2:01
11.01.2021 0:40	11.01.2021 2:35	11.01.2021 3:28	11.01.2021 3:53
11.01.2021 2:03	11.01.2021 6:25	11.01.2021 7:50	11.01.2021 8:15
11.01.2021 8:37	11.01.2021 12:28	11.01.2021 12:50	11.01.2021 13:20
11.01.2021 20:46	12.01.2021 4:50	12.01.2021 6:58	12.01.2021 7:23
12.01.2021 7:21	12.01.2021 8:35	12.01.2021 9:29	12.01.2021 9:36
12.01.2021 9:24	12.01.2021 11:20	12.01.2021 12:27	12.01.2021 12:55
12.01.2021 13:08	12.01.2021 14:40	12.01.2021 15:46	12.01.2021 16:04
12.01.2021 14:54	12.01.2021 16:10	12.01.2021 16:52	12.01.2021 17:13
12.01.2021 20:35	12.01.2021 21:30	12.01.2021 23:38	13.01.2021 12:33
12.01.2021 23:20	13.01.2021 3:10	13.01.2021 3:36	13.01.2021 4:33
13.01.2021 1:43	13.01.2021 3:20	13.01.2021 3:59	13.01.2021 5:04
13.01.2021 8:51	13.01.2021 10:00	13.01.2021 10:54	13.01.2021 11:29
13.01.2021 15:43	13.01.2021 20:40	13.01.2021 22:49	13.01.2021 23:09
13.01.2021 21:08	14.01.2021 9:24	14.01.2021 10:31	14.01.2021 10:58
14.01.2021 1:01	14.01.2021 4:50	14.01.2021 5:34	14.01.2021 5:54
14.01.2021 7:24	14.01.2021 10:30	14.01.2021 11:43	14.01.2021 12:03
14.01.2021 8:15	14.01.2021 10:50	14.01.2021 11:27	14.01.2021 12:26
14.01.2021 13:52	14.01.2021 15:39	14.01.2021 16:00	14.01.2021 16:33
14.01.2021 22:14	15.01.2021 5:00	15.01.2021 5:44	15.01.2021 7:04
15.01.2021 1:19	15.01.2021 9:15	15.01.2021 10:35	15.01.2021 10:55
15.01.2021 13:28	15.01.2021 14:45	15.01.2021 16:30	15.01.2021 17:20
15.01.2021 15:33	15.01.2021 17:30	15.01.2021 18:14	15.01.2021 18:44
16.01.2021 14:07	19.01.2021 6:50	19.01.2021 7:15	19.01.2021 7:47
16.01.2021 14:21	19.01.2021 8:55	19.01.2021 9:24	19.01.2021 10:51
16.01.2021 14:22	19.01.2021 10:00	19.01.2021 10:18	19.01.2021 11:14
16.01.2021 23:10	19.01.2021 14:43	19.01.2021 15:12	19.01.2021 16:12
17.01.2021 1:51	17.01.2021 17:56	17.01.2021 18:22	18.01.2021 6:23
17.01.2021 16:25	19.01.2021 9:00	19.01.2021 9:32	19.01.2021 11:02

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
17.01.2021 16:47	18.01.2021 13:20	18.01.2021 14:05	18.01.2021 14:40
18.01.2021 14:05	18.01.2021 18:10	18.01.2021 18:55	18.01.2021 19:33
18.01.2021 14:10	19.01.2021 16:10	19.01.2021 16:40	19.01.2021 17:20
18.01.2021 14:11	18.01.2021 19:14	18.01.2021 19:43	18.01.2021 22:02
18.01.2021 14:27	18.01.2021 18:25	18.01.2021 19:09	18.01.2021 19:34
18.01.2021 17:11	19.01.2021 17:40	19.01.2021 18:03	19.01.2021 18:38
18.01.2021 19:16	18.01.2021 22:47	18.01.2021 23:30	19.01.2021 0:57
22.01.2021 15:55	23.01.2021 5:50	23.01.2021 7:23	23.01.2021 7:58
22.01.2021 18:55	22.01.2021 21:00	22.01.2021 21:32	22.01.2021 21:54
23.01.2021 11:13	23.01.2021 13:00	23.01.2021 15:10	23.01.2021 15:30
23.01.2021 16:01	23.01.2021 19:56	23.01.2021 20:21	23.01.2021 20:45
23.01.2021 16:04	23.01.2021 20:48	23.01.2021 21:25	23.01.2021 22:50
23.01.2021 20:36	23.01.2021 23:52	24.01.2021 0:45	24.01.2021 1:37
24.01.2021 12:20	25.01.2021 1:45	25.01.2021 2:30	25.01.2021 2:50
24.01.2021 14:25	24.01.2021 14:34	24.01.2021 15:01	24.01.2021 18:48
24.01.2021 16:33	25.01.2021 2:00	25.01.2021 2:30	25.01.2021 2:50
24.01.2021 20:16	25.01.2021 2:45	25.01.2021 3:28	25.01.2021 3:55
25.01.2021 8:38	25.01.2021 9:47	25.01.2021 10:14	25.01.2021 11:11
25.01.2021 8:42	25.01.2021 9:47	25.01.2021 10:12	25.01.2021 10:42
25.01.2021 11:00	25.01.2021 15:06	25.01.2021 15:43	25.01.2021 16:42
25.01.2021 12:14	25.01.2021 15:59	25.01.2021 16:37	25.01.2021 22:44
25.01.2021 14:03	25.01.2021 16:49	25.01.2021 17:42	25.01.2021 19:27
25.01.2021 14:59	25.01.2021 20:00	25.01.2021 22:02	25.01.2021 22:22
25.01.2021 15:06	25.01.2021 19:05	25.01.2021 19:37	25.01.2021 20:22
25.01.2021 16:49	11.01.2021 8:50	11.01.2021 9:30	11.01.2021 10:03
25.01.2021 21:37	26.01.2021 2:50	26.01.2021 3:49	26.01.2021 4:09
26.01.2021 10:18	26.01.2021 14:25	26.01.2021 15:05	26.01.2021 15:50
26.01.2021 17:14	26.01.2021 23:12	26.01.2021 23:52	27.01.2021 0:43
26.01.2021 17:40	26.01.2021 22:11	26.01.2021 22:33	26.01.2021 23:59
26.01.2021 18:11	26.01.2021 21:20	26.01.2021 21:49	26.01.2021 22:30
26.01.2021 19:20	27.01.2021 0:32	27.01.2021 1:30	27.01.2021 2:26
27.01.2021 12:43	27.01.2021 19:00	27.01.2021 19:24	27.01.2021 19:44
27.01.2021 14:31	27.01.2021 19:50	27.01.2021 21:26	27.01.2021 21:51
27.01.2021 15:32	27.01.2021 16:05	27.01.2021 16:45	27.01.2021 17:05
27.01.2021 18:44	28.01.2021 5:15	28.01.2021 5:55	28.01.2021 6:20
27.01.2021 23:11	28.01.2021 2:05	28.01.2021 3:13	28.01.2021 3:38
28.01.2021 15:28	28.01.2021 17:40	28.01.2021 19:25	28.01.2021 19:45
28.01.2021 17:12	28.01.2021 18:55	28.01.2021 19:23	28.01.2021 19:43

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
28.01.2021 17:24	28.01.2021 18:55	28.01.2021 19:40	28.01.2021 20:00
28.01.2021 20:43	29.01.2021 10:00	29.01.2021 14:22	29.01.2021 14:47
28.01.2021 22:29	29.01.2021 0:25	29.01.2021 1:19	29.01.2021 1:39
29.01.2021 16:00	29.01.2021 18:45	29.01.2021 19:03	29.01.2021 19:28
29.01.2021 16:06	30.01.2021 7:12	30.01.2021 7:48	30.01.2021 8:26
29.01.2021 16:25	30.01.2021 2:15	30.01.2021 3:41	30.01.2021 4:01
29.01.2021 18:15	30.01.2021 7:17	30.01.2021 7:42	30.01.2021 8:33
30.01.2021 8:25	31.01.2021 6:20	31.01.2021 7:41	31.01.2021 8:06
30.01.2021 9:54	31.01.2021 6:20	31.01.2021 7:05	31.01.2021 7:30
30.01.2021 12:16	31.01.2021 6:20	31.01.2021 7:25	31.01.2021 7:50
30.01.2021 15:18	30.01.2021 23:00	30.01.2021 23:30	31.01.2021 0:55
30.01.2021 15:56	31.01.2021 0:40	31.01.2021 3:30	31.01.2021 4:00
30.01.2021 17:10	30.01.2021 23:00	31.01.2021 0:09	31.01.2021 1:19
31.01.2021 1:18	31.01.2021 6:45	31.01.2021 8:34	31.01.2021 8:54
31.01.2021 8:51	31.01.2021 10:40	31.01.2021 11:39	31.01.2021 11:59
31.01.2021 11:05	31.01.2021 14:00	31.01.2021 14:39	31.01.2021 14:59
31.01.2021 18:20	31.01.2021 22:08	31.01.2021 22:27	31.01.2021 23:00
03.02.2021 8:13	03.02.2021 22:40	04.02.2021 0:36	04.02.2021 1:15
15.08.2021 16:02	16.08.2021 2:37	16.08.2021 3:02	16.08.2021 4:25
15.08.2021 16:06	16.08.2021 6:00	16.08.2021 6:20	16.08.2021 7:29
15.08.2021 19:11	16.08.2021 3:34	16.08.2021 3:56	16.08.2021 5:49
16.08.2021 16:09	17.08.2021 2:25	17.08.2021 2:50	17.08.2021 3:15
16.08.2021 16:12	17.08.2021 0:20	17.08.2021 0:45	17.08.2021 1:40
16.08.2021 16:15	17.08.2021 0:04	17.08.2021 0:22	17.08.2021 1:34
16.08.2021 16:18	17.08.2021 12:55	17.08.2021 15:02	17.08.2021 15:22
16.08.2021 16:22	17.08.2021 3:39	17.08.2021 4:04	17.08.2021 4:40
16.08.2021 20:01	17.08.2021 13:55	17.08.2021 14:34	17.08.2021 14:54
16.08.2021 20:50	17.08.2021 7:54	17.08.2021 8:36	17.08.2021 8:56
17.08.2021 9:04	17.08.2021 21:30	17.08.2021 22:50	17.08.2021 23:15
17.08.2021 9:10	17.08.2021 9:20	17.08.2021 10:44	17.08.2021 11:04
17.08.2021 16:07	18.08.2021 11:42	18.08.2021 12:01	18.08.2021 13:25
17.08.2021 16:13	17.08.2021 21:00	17.08.2021 22:52	17.08.2021 23:17
17.08.2021 16:43	18.08.2021 5:00	18.08.2021 6:05	18.08.2021 6:30
17.08.2021 17:37	18.08.2021 3:30	18.08.2021 4:28	18.08.2021 4:53
17.08.2021 23:55	18.08.2021 10:25	18.08.2021 10:54	18.08.2021 11:49
18.08.2021 16:03	19.08.2021 3:30	19.08.2021 4:58	19.08.2021 5:23
18.08.2021 16:16	19.08.2021 7:00	19.08.2021 7:25	19.08.2021 7:50

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
18.08.2021 16:19	18.08.2021 23:00	19.08.2021 1:07	19.08.2021 1:32
18.08.2021 17:29	19.08.2021 3:00	19.08.2021 3:58	19.08.2021 4:23
18.08.2021 22:19	19.08.2021 1:00	19.08.2021 2:31	19.08.2021 2:56
19.08.2021 1:37	19.08.2021 9:29	19.08.2021 10:20	19.08.2021 11:34
19.08.2021 8:14	19.08.2021 10:30	19.08.2021 11:06	19.08.2021 12:01
19.08.2021 9:40	19.08.2021 20:00	20.08.2021 0:44	20.08.2021 1:04
19.08.2021 11:28	19.08.2021 14:00	19.08.2021 14:24	19.08.2021 14:39
19.08.2021 14:31	19.08.2021 18:20	19.08.2021 18:47	19.08.2021 19:28
19.08.2021 15:53	19.08.2021 18:20	19.08.2021 19:45	19.08.2021 20:05
19.08.2021 19:12	19.08.2021 21:45	20.08.2021 0:24	20.08.2021 0:44
20.08.2021 8:20	20.08.2021 10:40	20.08.2021 11:05	20.08.2021 11:50
20.08.2021 8:20	20.08.2021 13:35	20.08.2021 14:01	20.08.2021 14:29
20.08.2021 9:19	20.08.2021 11:46	20.08.2021 12:06	20.08.2021 13:09
21.08.2021 1:40	21.08.2021 9:55	21.08.2021 10:15	21.08.2021 13:29
21.08.2021 7:40	21.08.2021 14:25	21.08.2021 18:27	21.08.2021 18:47
21.08.2021 10:37	21.08.2021 13:20	21.08.2021 14:25	21.08.2021 14:45
21.08.2021 13:40	21.08.2021 20:20	21.08.2021 20:49	21.08.2021 21:19
21.08.2021 14:36	22.08.2021 9:10	22.08.2021 11:50	22.08.2021 12:10
21.08.2021 14:52	22.08.2021 2:57	22.08.2021 3:23	22.08.2021 3:54
21.08.2021 14:56	22.08.2021 3:58	22.08.2021 4:21	22.08.2021 4:59
21.08.2021 15:07	22.08.2021 5:09	22.08.2021 5:35	22.08.2021 6:04
21.08.2021 15:20	22.08.2021 6:45	22.08.2021 7:09	22.08.2021 7:34
22.08.2021 9:57	22.08.2021 11:10	22.08.2021 12:15	22.08.2021 18:15
23.08.2021 9:16	23.08.2021 16:20	23.08.2021 20:56	23.08.2021 21:56
26.08.2021 10:32	26.08.2021 13:10	26.08.2021 13:36	26.08.2021 14:23
27.08.2021 13:40	27.08.2021 17:25	27.08.2021 17:44	27.08.2021 18:17
27.08.2021 14:32	28.08.2021 14:33	28.08.2021 14:52	28.08.2021 15:49
27.08.2021 14:56	28.08.2021 10:25	28.08.2021 10:46	28.08.2021 11:28
27.08.2021 17:29	28.08.2021 16:43	28.08.2021 17:04	28.08.2021 17:54
27.08.2021 18:11	28.08.2021 1:55	28.08.2021 4:12	28.08.2021 4:32
27.08.2021 18:25	28.08.2021 16:06	28.08.2021 16:33	28.08.2021 17:23
27.08.2021 19:20	28.08.2021 15:34	28.08.2021 15:53	28.08.2021 16:44
27.08.2021 20:41	28.08.2021 16:41	28.08.2021 16:59	28.08.2021 17:24
27.08.2021 21:52	28.08.2021 11:17	28.08.2021 11:41	28.08.2021 12:09
28.08.2021 2:54	29.08.2021 4:50	29.08.2021 6:02	29.08.2021 6:22
28.08.2021 3:11	28.08.2021 13:25	28.08.2021 14:30	28.08.2021 14:30
28.08.2021 7:27	29.08.2021 9:08	29.08.2021 9:26	29.08.2021 10:29
28.08.2021 8:02	28.08.2021 13:36	28.08.2021 14:00	28.08.2021 15:09

Дата та час прибуття вантажного автомобіля	Дата та час початку обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час закінчення обслуговування вантажного автомобіля	Дата та час виїзду вантажного автомобіля з пункту обслуговування
28.08.2021 11:23	28.08.2021 18:20	28.08.2021 18:39	28.08.2021 19:09
28.08.2021 17:06	28.08.2021 18:57	28.08.2021 20:50	28.08.2021 21:10
28.08.2021 17:17	28.08.2021 19:05	28.08.2021 20:18	28.08.2021 20:38
28.08.2021 18:08	29.08.2021 5:45	29.08.2021 8:03	29.08.2021 8:23
28.08.2021 18:11	28.08.2021 20:50	28.08.2021 21:32	28.08.2021 21:52
28.08.2021 18:58	29.08.2021 2:00	29.08.2021 3:20	29.08.2021 3:40
28.08.2021 23:54	29.08.2021 4:30	29.08.2021 8:11	29.08.2021 8:36
29.08.2021 1:41	29.08.2021 7:30	29.08.2021 8:20	29.08.2021 9:35
29.08.2021 1:45	29.08.2021 6:00	29.08.2021 8:41	29.08.2021 9:01
29.08.2021 7:18	29.08.2021 10:02	29.08.2021 10:54	29.08.2021 11:19
29.08.2021 9:14	29.08.2021 11:33	29.08.2021 11:52	29.08.2021 12:54
29.08.2021 11:59	29.08.2021 14:23	29.08.2021 14:44	29.08.2021 15:14
29.08.2021 13:06	29.08.2021 14:40	29.08.2021 15:09	29.08.2021 15:46
29.08.2021 14:37	29.08.2021 21:19	29.08.2021 21:40	29.08.2021 22:20
29.08.2021 15:40	30.08.2021 0:35	30.08.2021 1:01	30.08.2021 1:38
29.08.2021 16:12	29.08.2021 17:55	29.08.2021 18:14	29.08.2021 18:54
29.08.2021 16:28	29.08.2021 21:16	29.08.2021 21:37	29.08.2021 22:16
30.08.2021 8:21	30.08.2021 9:15	30.08.2021 12:36	30.08.2021 12:56
30.08.2021 8:33	30.08.2021 9:15	30.08.2021 12:09	30.08.2021 13:09
30.08.2021 9:23	30.08.2021 10:35	30.08.2021 14:08	30.08.2021 14:20
30.08.2021 10:35	30.08.2021 11:58	30.08.2021 14:59	30.08.2021 15:49
30.08.2021 10:38	30.08.2021 12:10	30.08.2021 15:07	30.08.2021 16:07
30.08.2021 10:46	30.08.2021 12:10	30.08.2021 15:40	30.08.2021 15:55
30.08.2021 15:33	30.08.2021 16:45	30.08.2021 19:41	30.08.2021 19:52
30.08.2021 17:19	30.08.2021 19:22	30.08.2021 19:48	30.08.2021 20:50
30.08.2021 20:10	30.08.2021 23:20	30.08.2021 23:39	31.08.2021 0:08
30.08.2021 20:14	30.08.2021 23:39	31.08.2021 0:01	31.08.2021 0:27
30.08.2021 20:56	31.08.2021 7:00	31.08.2021 7:29	31.08.2021 8:34
31.08.2021 1:34	31.08.2021 5:50	31.08.2021 6:11	31.08.2021 6:40
31.08.2021 2:14	31.08.2021 5:28	31.08.2021 5:49	31.08.2021 6:20
31.08.2021 12:22	31.08.2021 15:35	31.08.2021 18:48	31.08.2021 19:13
31.08.2021 13:51	31.08.2021 15:50	31.08.2021 19:34	31.08.2021 20:19
31.08.2021 13:55	31.08.2021 15:40	31.08.2021 19:31	31.08.2021 19:56
01.09.2021 4:08	01.09.2021 6:30	01.09.2021 6:58	01.09.2021 7:28
01.09.2021 12:24	01.09.2021 15:05	01.09.2021 18:52	01.09.2021 19:12
01.09.2021 12:46	01.09.2021 22:50	01.09.2021 23:08	01.09.2021 23:39

Наукове видання

ФЕДОРОВ Віталій Юрійович, КОВЦУР Катерина Григорівна

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ У ПУНКТАХ ПЕРЕРОБКИ ВАНТАЖІВ: МОДЕЛЮВАННЯ ОДНОКАНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

ISBN 978-617-8821-09-8
DOI 10.61718/2026uto
Видання українською мовою
Авторські аркуші – 5,5

Науково-дослідна установа – Національний інноваційний інститут «Новий курс»
Пр. Перемоги, 77, оф. 179, м. Харків, 61174, Україна,
тел.: +380500301905
info@newroute.org.ua
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 8013 від 22.11.2023
Зареєстровано у Global Register of Publishers
Зареєстровано у Crossref із власним префіксом 10.61718