

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет транспорту та механічної інженерії
(повне найменування факультету)
Кафедра автомобілів і транспортних технологій
(повне найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»
УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ
БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Спеціальність: 275 Транспортні технології (на
автомобільному транспорті)

Освітня програма: Транспортні технології (на
автомобільному транспорті)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ТТм-21
Богдан РУБЛЮК

Керівник:
к.т.н., доцент
Ігор МУРОВАНІЙ

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
„_____” _____ 2025 р.

к.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
Ігор МУРОВАНІЙ

АНОТАЦІЯ

Рублюк Б.Р. Удосконалення транспортного процесу доставки будівельних матеріалів. Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра ОП «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» спеціальності 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)». Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та переліку джерел посилання та додатків. Робота містить 61 сторінку основного тексту, 20 таблиць, 15 рисунків, 27 джерел посилань.

Зростання обсягів будівельних робіт та підвищення вимог до термінів доставки матеріалів зумовлюють необхідність удосконалення транспортного процесу будівельних підприємств. Значна частка транспортних витрат у собівартості будівельної продукції актуалізує потребу в оптимізації структури парку рухомого складу та раціоналізації організації перевезень будівельних матеріалів.

Метою кваліфікаційної роботи є удосконалення транспортного процесу доставки будівельних матеріалів на прикладі ТОВ «ЖИТЛОБУД-2».

Об'єктом дослідження є транспортний процес доставки будівельних матеріалів ТОВ «ЖИТЛОБУД-2».

Предметом дослідження є процеси організації перевезень будівельних вантажів автомобільним транспортом, зокрема технологія доставки та оптимальна структура парку рухомого складу.

У роботі проаналізовано діяльність підприємства, напрями та обсяги перевезень, досліджено вантажопотоки та ефективність використання рухомого складу. На основі статистичного аналізу визначено закон розподілу обсягів вантажних партій, обґрунтовано оптимальну за вантажопідйомністю структуру автопарку та виконано розрахунок експлуатаційних витрат до і після впровадження запропонованих заходів.

Ключові слова: будівельні матеріали, транспортний процес, автомобільні перевезення, оптимізація парку рухомого складу, закон розподілу, вантажопотоки, економічна ефективність, інвестиційний проект.

ANNOTATION

Rubliuk Bohdan. Improvement of the transportation process for delivering construction materials. Manuscript.

Qualification work of the Master of Educational program "Transport technologies (on road transport)" specialty 275.03 "Transport technologies (on road transport)". Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The thesis consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of references, and appendices. The work includes 61 pages of main text, 20 tables, 15 figures, and 27 reference sources.

The growth in the volume of construction works and the increasing requirements for material delivery timeframes necessitate the improvement of the transport process at construction enterprises. A significant share of transportation costs in the total cost of construction products highlights the need to optimize the structure of the vehicle fleet and to rationalize the organization of construction material transportation.

The purpose of the qualification thesis is to improve the transport process of delivering construction materials using LLC "ZHYTLOBUD-2" as a case study.

The object of the research is the transport process of delivering construction materials at LLC "ZHYTLOBUD-2".

The subject of the research comprises the processes of organizing the transportation of construction cargo by road transport, in particular the delivery technology and the optimal structure of the vehicle fleet.

The study analyzes the company's activities, transportation directions and volumes, as well as cargo flows and the efficiency of vehicle fleet utilization. Based on statistical analysis, the distribution law of cargo batch volumes is determined, the optimal vehicle fleet structure in terms of load capacity is substantiated, and operating costs before and after the implementation of the proposed measures are calculated.

Keywords: construction materials, transport process, road transport, vehicle fleet optimization, distribution law, cargo flows, economic efficiency, investment project.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ТОВ «ЖИТЛОБУД-2»	11
1.1 Аналіз діяльності ТОВ «ЖИТЛОБУД-2»	11
1.2 Аналіз основного виду вантажу та напрямків перевезень підприємства..	14
1.3 Аналіз парку рухомого складу та вантажопотоків підприємства	15
1.4 Аналіз вантажопотоків ТОВ «ЖИТЛОБУД-2»	19
Висновки до розділу 1	23
2 ОРГАНІЗАЦІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	25
2.1 Напрями удосконалення транспортного процесу доставки будівельних матеріалів	25
2.2 Сучасні підходи до вдосконалення транспортного процесу доставки будівельних матеріалів	28
2.3 Аналіз організації перевезень будівельних вантажів ТОВ «ЖИТЛОБУД-2»	31
Висновки до розділу 2	40
3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ	42
3.1 Визначення закону розподілу величин партій будівельних матеріалів	42
3.2 Розрахунок ймовірності отримання заявок на перевезення вантажів партіями певних розмірів	44
3.3 Розрахунок кількості транспортних засобів визначеної вантажопідйомності	50
Висновки до розділу 3	54
4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ	56
4.1 Розрахунок експлуатаційних витрат та економічного ефекту	56

4.2 Розрахунок чистої поточної вартості проекту оптимізації структури парку рухомого складу	63
Висновки до розділу 4	65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	67
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	70
ДОДАТКИ.....	73

ВСТУП

Актуальність теми. В умовах зростання обсягів будівельних робіт та підвищення вимог до строків і якості їх виконання особливої актуальності набуває питання ефективної організації перевезень будівельних вантажів. Транспортні витрати займають значну частку у собівартості будівельної продукції, а нераціональне використання рухомого складу, нерівномірність вантажопотоків і недосконала структура автопарку призводять до зростання експлуатаційних витрат та зниження економічної ефективності діяльності підприємств.

Автомобільний транспорт відіграє провідну роль у забезпеченні будівельних процесів завдяки своїй мобільності, можливості доставки вантажів безпосередньо до будівельних майданчиків і гнучкості у формуванні маршрутів. Разом із тим, зміна структури вантажних потоків, а також зростання вартості паливно-мастильних матеріалів зумовлюють необхідність перегляду існуючої структури парку рухомого складу та впровадження економічно обґрунтованих рішень щодо його оптимізації.

У цьому контексті актуальним є дослідження, спрямоване на аналіз транспортних послуг підприємства, оцінку ефективності використання наявного автопарку, обґрунтування раціональної структури рухомого складу та визначення економічного ефекту від упровадження запропонованих заходів. Реалізація таких рішень дозволяє знизити експлуатаційні витрати, підвищити продуктивність перевезень і забезпечити стійкий розвиток будівельного підприємства в сучасних економічних умовах.

Метою магістерської роботи є удосконалення транспортного процесу доставки будівельних матеріалів на прикладі ТОВ «ЖИТЛОБУД-2».

На основі поставленої мети було сформульовано наступні завдання:

- 1) проаналізувати діяльність, напрями та обсяги перевезень ТОВ «ЖИТЛОБУД-2»;

- 2) проаналізувати роботу парку рухомого складу та вантажопотоки ТОВ «ЖИТЛОБУД-2»;
- 3) визначити напрями удосконалення транспортного процесу доставки будівельних матеріалів;
- 4) проаналізувати сучасні підходи до вдосконалення транспортного процесу доставки будівельних матеріалів;
- 5) провести аналіз існуючих маршрутів перевезень будівельних вантажів ТОВ «ЖИТЛОБУД-2»;
- 6) визначити оптимальну за вантажопідйомністю структуру парку рухомого складу;
- 7) розрахувати експлуатаційні витрати до і після впровадження запропонованих рішень та визначити їх економічну ефективність;
- 8) розрахувати чисту поточну вартість проєкту оптимізації структури парку рухомого складу.

Об'єктом дослідження є транспортного процесу доставки будівельних матеріалів ТОВ «ЖИТЛОБУД-2».

Предметом дослідження є процеси організації та удосконалення перевезень будівельних вантажів автомобільним транспортом, зокрема технологія доставки та оптимальна структура парку рухомого складу.

Методи дослідження. У роботі використано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів дослідження, а саме: аналіз і синтез, методи математичної статистики — для визначення характеристик розподілу вантажних партій; метод дисконтування — для оцінки інвестиційної ефективності запропонованих заходів.

Інформаційну базу наукові праці вітчизняних і зарубіжних учених з питань організації перевезень і транспортної логістики, статистичні та звітні матеріали ТОВ «ЖИТЛОБУД-2», а також дані з офіційних електронних ресурсів і відкритих інформаційних джерел.

Наукова новизна отриманих результатів. У роботі застосовано підхід до оптимізації структури парку рухомого складу будівельного підприємства з

урахуванням статистичних характеристик вантажопотоків і ймовірного розподілу розмірів партій вантажів. Для існуючих умов діяльності ТОВ «ЖИТЛОБУД-2» визначено закон розподілу обсягів перевезень вантажу та розраховано оптимальну кількість і типи транспортних засобів.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів у діяльності ТОВ «ЖИТЛОБУД-2» для обґрунтування рішень щодо формування раціональної структури парку рухомого складу.

Апробація результатів роботи. Основні положення та результати виконаної роботи були представлені й обговорені на наукових конференціях, а також опубліковані у збірниках матеріалів V студентської науково-технічної конференції факультету транспорту та механічної інженерії «Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії» (ЛНТУ, м. Луцьк) та VI Всеукраїнської науково-технічної інтернет-конференції «Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем» (НУВГП, м. Рівне).

За результатами дослідження опубліковано 2 тези доповідей.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ТОВ «ЖИТЛОБУД-2»

1.1 Аналіз діяльності ТОВ «ЖИТЛОБУД-2»

ТОВ «ЖИТЛОБУД-2» є будівельним підприємством, основною сферою діяльності якого є виконання робіт зі зведення житлових та нежитлових об'єктів. Юридична адреса підприємства: 43023, м. Луцьк, вул. Конякіна, 16в. Відповідно до класифікації видів економічної діяльності основним видом діяльності підприємства є КВЕД 41.20 «Будівництво житлових і нежитлових будівель», що передбачає виконання повного комплексу будівельно-монтажних робіт — від стадії проектування до завершення та введення об'єктів в експлуатацію за принципом «під ключ» [1].

Підприємство здійснює будівництво житлових комплексів, адміністративних та виробничих будівель, а також об'єктів інженерної та соціальної інфраструктури на території Волинської області. Наявність власної виробничо-технічної бази дозволяє ТОВ «ЖИТЛОБУД-2» самостійно виготовляти бетонні вироби, залізобетонні конструкції та бруківку, що забезпечує стабільну якість продукції та ефективний контроль усіх етапів будівельного процесу. У своїй діяльності підприємство активно застосовує сучасні будівельні матеріали, енергоефективні технології та інноваційні підходи до проектування, орієнтуючись на європейські стандарти якості у будівельній галузі.

ТОВ «ЖИТЛОБУД-2» надає широкий спектр будівельних послуг, включаючи зведення житлових і комерційних об'єктів, благоустрій територій, виробництво та монтаж залізобетонних конструкцій, а також реалізацію проєктів промислового призначення. Основні виробничі підрозділи підприємства розташовані за адресою: м. Луцьк, вул. Мирослава Скорика, 2, де функціонують цехи з виготовлення бетонних і залізобетонних виробів,

дільниця з виробництва тротуарної плитки та транспортно-експедиційний підрозділ [2].

Окрему складову діяльності підприємства становлять вантажні перевезення. Власний автопарк ТОВ «ЖИТЛОБУД-2» включає самоскидні та бортові автомобілі, призначені для доставки будівельних матеріалів, а також пасажирські автобуси для перевезення працівників до об'єктів будівництва. Наявність власних транспортних засобів забезпечує безперервне постачання матеріалів на будівельні майданчики, сприяє оптимізації логістичних процесів, зменшенню витрат часу та підвищенню загальної ефективності виробничої діяльності.

Крім того, підприємство систематично розширює масштаби своєї діяльності та залучається до реалізації як муніципальних, так і приватних проєктів, зокрема у сфері житлової забудови та розвитку соціальної інфраструктури міста.

Для оцінювання результатів основної діяльності підприємства було проведено аналіз фінансово-економічних показників. На основі даних джерела [3] сформовано Таблицю 1.1 та побудовано графік динаміки відповідних показників (Рисунки 1.1).

Таблиця 1. 1 – Аналіз діяльності ТОВ «ЖИТЛОБУД-2» за 2022-2024 роки

Показник	Роки			Абсолютне відхилення, тис. грн.		Відносне відхилення, %	
	2022	2023	2024	2023-2022	2024-2023	2023-2022	2024-2023
Дохід від реалізованих послуг, тис. грн.	83509	298579	393493	215070	94914	257,54	31,79
Собівартість реалізованих послуг, тис. грн.	73380	275036	366821	201656	91785	274,81	33,37
Прибуток, тис. грн.	633	15010	9593	14377	-5417	2271,25	-36,09

Результати діяльності ТОВ «ЖИТЛОБУД-2» представлено на Рисунку

1.1.

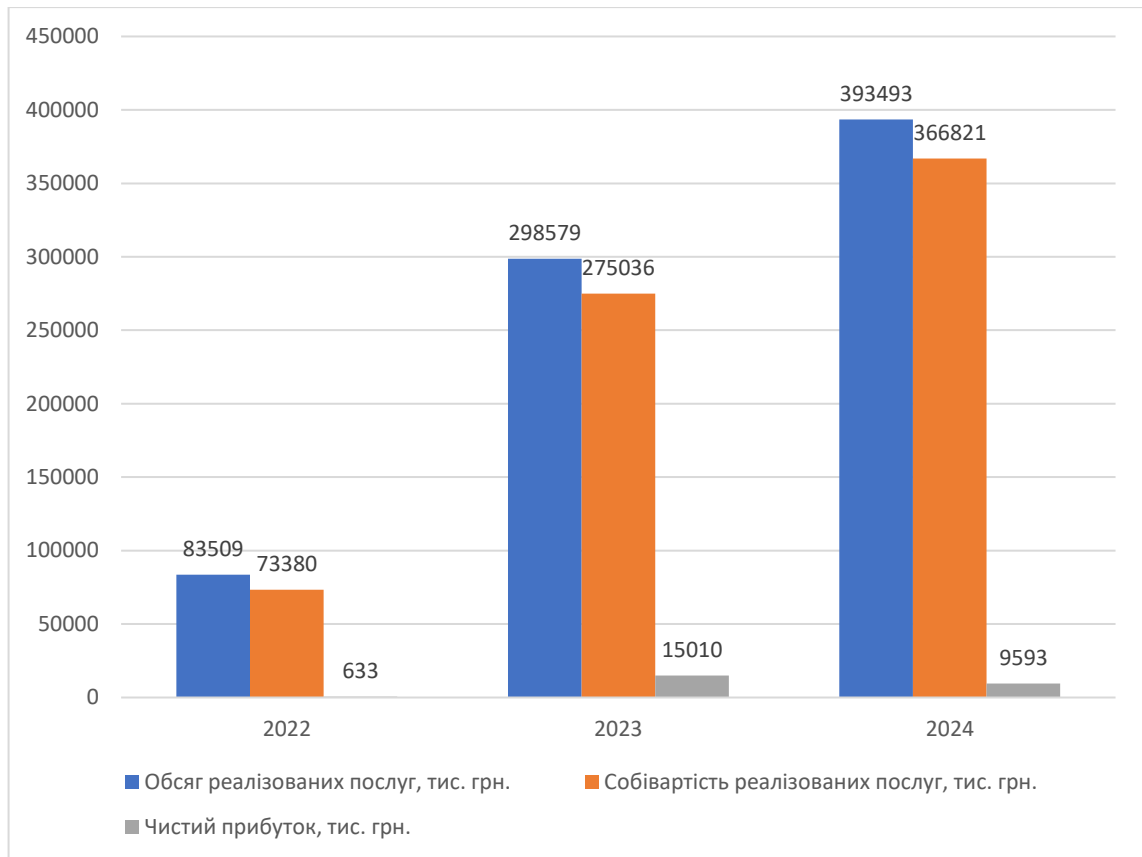


Рисунок 1.1 – Економічні показники діяльності ТОВ «ЖИТЛОБУД-2» за 2022 – 2024 роки, тис. грн.

Аналіз фінансових показників діяльності підприємства за 2022–2024 рр. свідчить про суттєве зростання обсягів господарської діяльності. Так, дохід від реалізованих послуг у 2023 р. зріс порівняно з 2022 р. на 215 070 тис. грн, або на 257,54 %, що вказує на розширення обсягів робіт. У 2024 р. позитивна тенденція збереглася, однак темпи зростання доходу сповільнилися й становили 31,79 %.

Собівартість реалізованих послуг зростала випереджальними темпами: у 2023 р. вона збільшилася на 201 656 тис. грн (274,81 %), а у 2024 р. — ще на 91 785 тис. грн (33,37 %).

Фінансовий результат у вигляді прибутку у 2023 р. суттєво покращився порівняно з 2022 р. (зростання на 14 377 тис. грн, або у 22,7 раза), що було наслідком різкого збільшення доходів. Водночас у 2024 р. прибуток

зменшився на 5 417 тис. грн (–36,09 %), що зумовлено більш швидким зростанням собівартості порівняно з доходами.

1.2 Аналіз основного виду вантажу та напрямків перевезень підприємства

ТОВ «ЖИТЛОБУД-2» здійснює перевезення будівельних вантажів, що використовуються під час виконання будівельно-монтажних робіт, благоустрою територій та забезпечення власного виробництва [4]. У структурі вантажопотоків підприємства переважають сипучі матеріали, залізобетонні конструкції, бруківка й тротуарні плити, металеві та дерев'яні елементи, а також оздоблювальні матеріали.

Сипучі матеріали (пісок, щебінь, гравій, цемент) перевозяться самоскидними або бортовими автомобілями, насипом або в тарі з дотриманням вимог до пакування. Залізобетонні вироби транспортуються власним або орендованим спеціалізованим транспортом залежно від габаритів вантажу. Бруківка та тротуарні плити пакуються на піддони та фіксуються стрейч-плівкою. Металеві й дерев'яні конструкції перевозяться бортовими автомобілями з використанням кріплення. Оздоблювальні матеріали транспортуються в упаковці з додатковим захистом від пошкоджень.

Підприємство також здійснює транспортування матеріалів і готової продукції для власних проєктів та партнерських організацій, забезпечуючи повний логістичний супровід будівництва. Географія перевезень охоплює Волинську, Рівненську, Львівську та Тернопільську області.

До основних напрямів транспортної діяльності підприємства належать:

1. Доставка будівельних матеріалів для житлового та промислового будівництва. Підприємство здійснює перевезення бетону, цементу, щебеню, піску, цегли, металевих конструкцій та інших ресурсів, необхідних для зведення житлових комплексів, адміністративних споруд і об'єктів промислового призначення.

2. Транспортування залізобетонних виробів та бруківки. ТОВ «ЖИТЛОБУД-2» використовує спеціалізований рухомий склад для перевезення важких і великогабаритних бетонних конструкцій, плит перекриття, фундаментних блоків, кільцевих елементів, а також готової тротуарної бруківки.

1.3 Аналіз парку рухомого складу та вантажопотоків підприємства

Парк рухомого складу ТОВ «ЖИТЛОБУД-2» для перевезення будівельних матеріалів налічує 13 транспортних засобів різної вантажопідйомності від 1,6 до 22 т. Структуру парку рухомого складу ТОВ «ЖИТЛОБУД-2» наведено у Таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Структура парку рухомого складу ТОВ «ЖИТЛОБУД-2»

Марка / модель	Вантажопідйомність, т	Кількість
VOLVO FH 13.440	22	1
КРАЗ 65055	16	1
МАЗ 5551	9	7
ЗІЛ ММЗ 4505	6	2
ГАЗ 3302	1,6	2



Рисунок 1.2 – ГАЗ 3302



Рисунок 1.3 – ЗІЛ ММЗ 4505



Рисунок 1.4 – МАЗ 5551

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики ГАЗ 3302, ЗІЛ ММЗ 4505 та МАЗ 5551 [5]

Характеристика	ГАЗ-3302	ЗІЛ 4505	МАЗ-5551
Колісна формула	4x2	4x2	4x2
Вантажопідйомність, кг	1660	6000	8500
Повна маса автомобіля, кг	3500	9975	16230
Внутрішні розміри платформи, мм:			
довжина	3090	2990	3800
ширина	1978	2270	2268
висота	400	580	950
Максимальна швидкість руху, км/год	120	90	83
Середня витрата палива, л /100 км	13	31	28
Об'єм двигуна, см ³	2890	5969	11200
Коробка передач	5МКПП	5МКПП	5МКПП
Максимальна потужність, к.с. (кВт)	107 (78)	150 (110)	230 (169)
Розмір шин	185/75R16C	260-508 (9.00R20)	12,00R20 (320R508)



Рисунок 1.5 – КРАЗ 65055



Рисунок 1.6 – VOLVO FH 13.440

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики КРАЗ 65055 та VOLVO FH 13.440
[6;7]

Характеристика	КрАЗ-65055	Volvo FH13.440
Колісна формула	6x4	4x2
Вантажопідйомність, кг	16000	29000
Повна маса автомобіля, кг	28350	44800
Внутрішні розміри платформи, мм:		
довжина	5030	
ширина	2260	
висота	950	
Максимальна швидкість руху, км/год	90	90
Середня витрата палива, л /100 км	32	39
Об'єм двигуна, см ³	14860	12777
Коробка передач	8МКПП	АКПП
Максимальна потужність, к.с. (кВт)	330 (243)	440
Розмір шин	12,00R20 (320R-508)	315/70 R22,5

1.4 Аналіз вантажопотоків ТОВ «ЖИТЛОБУД-2»

Добові та місячні вантажопотоки за окремими групами вантажів є вихідною інформаційною основою для подальшого визначення параметрів логістичної системи. На їх основі здійснюється розрахунок потреб у складських площах і технічному оснащенні, кількості навантажувально-розвантажувальних механізмів, чисельності персоналу, парку транспортних засобів, пакувальних матеріалів, а також формуються графіки роботи транспорту. Обсяги вантажопотоків за певний часовий період можуть визначатися двома способами: шляхом аналізу облікової документації або за результатами статистичного спостереження [8]. Для умов досліджуваного підприємства доцільним є застосування другого підходу, оскільки на підприємстві систематично ведеться статистичний облік експлуатації автотранспортних засобів.

При розрахунку вантажопотоків, необхідних для організації перевезень, навантажувально-розвантажувальних та складських процесів, враховується нерівномірність їх надходження та відправлення. Розрахунковий середньодобовий вантажопотік для кожного виду вантажу визначається за такою формулою:

$$Q_{\text{доб.розр.}} = Q_{\text{доб}} \cdot k_n, \quad (1.1)$$

де $Q_{\text{доб}}$ — середньодобовий вантажопотік, т;
 k_n — коефіцієнт нерівномірності відправлення вантажів.

Коефіцієнт нерівномірності k_n визначається за такою залежністю:

$$k_n = 1 + \frac{\sqrt{D}}{Q_{\text{доб}}}, \quad (1.2)$$

де D — дисперсія середньодобового вантажопотоку, що визначається методами математичної статистики.

Середньодобовий вантажопотік та дисперсія середньодобових обсягів перевезень розраховуються відповідно за формулами [9]:

$$Q_{\text{доб}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{\text{доб}.i}, \quad (1.3)$$

$$D = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_{\text{доб}.i} - Q_{\text{доб}})^2. \quad (1.4)$$

У Таблиці 1.5 наведено статистичні дані обліку роботи автомобільного транспорту за вересень 2025 року, а на Рисунку 1.7 відображено динаміку перевезень за видами транспортних засобів.

Таблиця 1.5 – Обсяг вантажу, що перевозився автомобілями ТОВ
«ЖИТЛОБУД-2» за вересень 2025, т

Дні	ГАЗ 3302	ЗІЛ ММЗ 4505	МАЗ 5551	КРАЗ 65055	VOLVO FH 13.440	Разом за день	$(Q_{\text{доб}.i} - Q_{\text{доб}})^2$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1,2	20,6	135	36,3	20,6	213,7	2670,82
2	1,5	24,6	146,7	40,4	10,2	223,4	3767,50
3	1	16,7	132,6	37,6	18,9	206,8	2005,25
4	0,3	10	114,8	28	21,8	174,9	165,89
5	0	9,3	52,8	10,5	19,7	92,3	4860,88
6	0	6	42,6	12,7		61,3	10144,52
7	0	10,7	44,5	10,8		66	9219,84
8	1,6	9,8	40,6	11,1		63,1	9785,17
9	0	21,5	86	27,1		134,6	751,86
10	0	8	42,4	10,7		61,1	10184,85
11	0	5,6	44,8	13,9		64,3	9549,20
12	0,9	28,4	128,1	31,3		188,7	711,82
13	0	9	42,7			51,7	12170,50
14	1,3	8,1	39,1	11,4	20,9	80,8	6596,69
15	1,1	8,1	126,5	38	21,5	195,2	1100,91
16	1,4	30,8	122,3	39,9	17,9	212,3	2528,08
17	0	16,7	81,1	10,8		108,6	2853,70
18	1,5	17,9	83,4	22,6	31,6	157	25,20
19	2,1	12,6	128,6	21,6	26,2	191,1	845,65
20	1,7	51,4	287	80,1	28	448,2	81898,99
21	2	35,1	150,1	53	36,2	276,4	13082,78
22	2,6	19,5	189,8	41,4	39,7	293	17155,76
Разом	20,2	380,4	2261,5	589,2	313,2	3564,5	202075,86

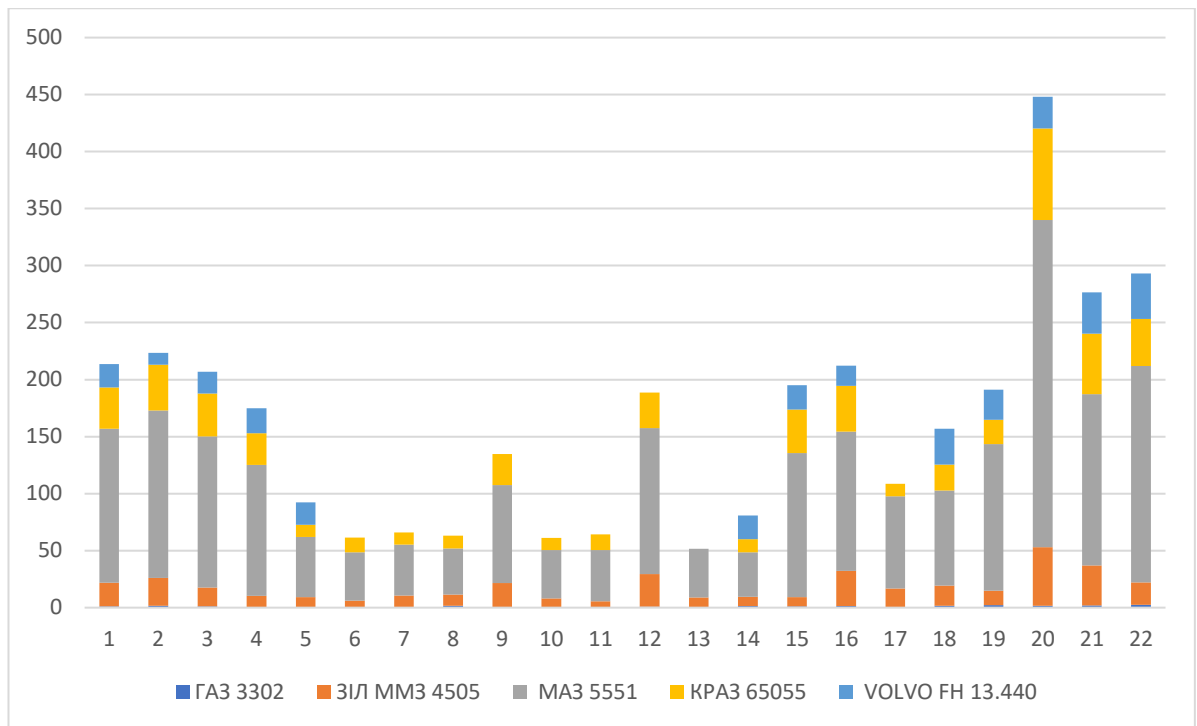


Рисунок 1.7 – Динаміка добових обсягів перевезень автомобілями ТОВ «ЖИТЛОБУД-2»

На основі даних підприємства визначимо середньодобовий обсяг перевезень, дисперсію, коефіцієнт нерівномірності та середній розмір партії вантажу:

$$\overline{Q_{\text{доб}}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{\text{доб}.i} = \frac{3564,5}{22} = 162,02 \text{ т/добу}$$

$$D = \frac{1}{22-1} \sum_{i=1}^n (Q_{\text{доб}.i} - 162,02)^2 = 9622,66 \text{ т}^2$$

$$k_n = 1 + \frac{\sqrt{9622,66}}{162,02} = 1,61$$

$$Q_{\text{доб.розр.}} = 162,02 \times 1,61 = 260,85 \text{ т/добу}$$

Середній розмір партії вантажу, що припадає на один автомобіль, знайдемо за формулою:

$$\bar{q}_{\text{парт}} = \frac{\sum_{i=1}^k q_{\text{доб}.i}}{k} \quad (1.5)$$

де $q_{\text{доб.}i}$ — сумарний обсяг перевезень цим типом авто за добу

k — кількість виконаних маршрутів.

Для автомобіля ГАЗ 3302:

$$\bar{q}_{\text{парт}_1} = \frac{\sum_{i=1}^k q_{\text{доб.}i}}{k} = \frac{20,2}{18} = 1,1 \text{ т}$$

Для автомобіля ЗІЛ ММЗ 4505:

$$\bar{q}_{\text{парт}_2} = \frac{380,4}{76} = 5,0 \text{ т}$$

Для автомобіля МАЗ 5551:

$$\bar{q}_{\text{парт}_3} = \frac{2261,5}{277} = 8,2 \text{ т}$$

Для автомобіля КРАЗ 65055:

$$\bar{q}_{\text{парт}_4} = \frac{589,2}{46} = 12,8 \text{ т}$$

Для автомобіля VOLVO FH 13.440:

$$\bar{q}_{\text{парт}_5} = \frac{313,2}{18} = 17,4 \text{ т}$$

Визначимо середнє значення коефіцієнта статичного використання вантажопідйомності:

$$\gamma_c = \frac{\bar{q}_{\text{парт}}}{q}, \quad (1.6)$$

де q — номінальна вантажопідйомність автомобіля, т.

Для автомобіля ГАЗ 3302:

$$\gamma_{c1} = \frac{\sum_{i=1}^k q_{\text{доб.}i}}{k} = \frac{1,1}{1,6} = 0,7$$

Для автомобіля ЗІЛ ММЗ 4505:

$$\gamma_{c2} = \frac{5,0}{6} = 0,83$$

Для автомобіля МАЗ 5551:

$$\gamma_{c3} = \frac{8,2}{9} = 0,91 \text{ т}$$

Для автомобіля КРАЗ 65055:

$$\gamma_{c4} = \frac{12,8}{16} = 0,8 \text{ т}$$

Для автомобіля VOLVO FH 13.440:

$$\gamma_{c5} = \frac{17,4}{22} = 0,79 \text{ т}$$

Знаходимо середнє значення:

$$\bar{\gamma}_c = \frac{\gamma_c}{m}, \quad (1.7)$$

$$\bar{\gamma}_c = \frac{0,7 + 0,83 + 0,91 + 0,8 + 0,79}{5} = 0,81$$

Проведений аналіз вантажопотоків ТОВ «ЖИТЛОБУД-2» за вересень 2025 року показав значну нерівномірність добових обсягів перевезень, що підтверджується високим значенням коефіцієнта нерівномірності $k_n = 1,61$. Середньодобовий вантажопотік становить 162,02 т/добу, тоді як розрахунковий добовий вантажопотік з урахуванням нерівномірності досягає 260,85 т/добу, що необхідно враховувати при плануванні транспортного забезпечення. Аналіз середнього розміру партій вантажу та коефіцієнтів статичного використання вантажопідйомності свідчить про достатньо ефективне використання автопарку, особливо для автомобілів середньої та великої вантажопідйомності. Середній коефіцієнт статичного використання вантажопідйомності становить 0,81, що підтверджує раціональну структуру перевезень, але водночас вказує на резерви оптимізації складу рухомого складу та організації перевезень.

Висновки до розділу 1

Проведено аналіз діяльності ТОВ «ЖИТЛОБУД-2» як будівельного підприємства та суб'єкта транспортно-логістичної діяльності. Встановлено,

що підприємство здійснює повний цикл будівельно-монтажних робіт, маючи власну виробничу базу й автопарк. Аналіз фінансово-економічних показників за 2022–2024 роки показав зростання обсягів реалізації послуг та зростання собівартості, що призвело до зниження прибутку у 2024 році та актуалізувало потребу в оптимізації витрат, зокрема транспортних.

Дослідження структури вантажів та напрямків перевезень показало, що підприємство переважно транспортує будівельні матеріали (сипучі вантажі, залізобетонні вироби, бруківку тощо), а географія перевезень загалом охоплює декілька областей заходу України. Парк рухомого складу ТОВ «ЖИТЛОБУД-2» включає автомобілі різної вантажопідйомності, що дозволяє виконувати як перевезення будівельних вантажів, проте потребує раціонального розподілу транспортних засобів за видами робіт.

На основі статистичних даних обліку роботи автомобілів за вересень 2025 року визначено середньодобовий вантажопотік (162,02 т/добу), коефіцієнт нерівномірності (1,61) та розрахунковий добовий вантажопотік (260,85 т/добу), що свідчить про значну нерівномірність перевезень. Розрахунок середніх розмірів партій вантажу та коефіцієнтів статичного використання вантажопідйомності показав, що середнє значення цього коефіцієнта становить 0,81, що загалом характеризує достатньо ефективне використання автопарку, особливо для автомобілів середньої та великої вантажопідйомності. Водночас отримані результати вказують на наявність резервів підвищення ефективності транспортної роботи за рахунок оптимізації структури парку рухомого складу та організації процесу доставки вантажів.

2 ОРГАНІЗАЦІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

2.1 Напрями удосконалення транспортного процесу доставки будівельних матеріалів

У сучасних умовах активного відновлення інфраструктури та зростання будівельної активності питання ефективної організації транспортування будівельних матеріалів набуває особливої актуальності. За даними галузевих оглядів, обсяг будівельних робіт в Україні у 2024 році зріс на 23,5 % порівняно з 2023 роком [10], а у 2025 році очікується подальше зростання будівельної галузі приблизно на 16 % [11]. Таке розширення будівельного ринку безпосередньо впливає на транспортну логістику, адже зростання обсягів будівництва означає підвищений попит на доставку будівельних матеріалів – щебеню, піску, цементу, блоків, бетонних сумішей тощо – до місць проведення робіт, що створює додаткове навантаження на транспортну інфраструктуру та потребує удосконалення процесів перевезення.

Особливістю транспортування будівельних вантажів є необхідність своєчасного постачання матеріалів на будівельні об'єкти з мінімальними витратами часу та ресурсів. Будь-яке порушення ритмічності доставки може спричинити простої техніки, зниження продуктивності робіт і зрив графіків будівництва. Тому транспортний процес повинен бути чітко організований і включати такі етапи: приймання вантажу до перевезення, подачу транспортного засобу під завантаження, підготовку до відправлення, рух до місця призначення, розвантаження й видачу вантажу отримувачу. Кожний з цих етапів повинен забезпечуватись оперативним обміном інформацією та контролем виконання операцій, що досягається за допомогою сучасних технологій управління транспортом [12].

Тип будівельних матеріалів визначає вибір спеціалізованого транспорту та способів навантаження. Так, сипучі вантажі (пісок, щебінь, глина) належать до звичайних вантажів, які не потребують особливих умов зберігання й можуть перевозитися на самоскидах або бортових автомобілях. Вони стійкі до атмосферних впливів і транспортуються навалом із прийманням за масою або обсягом.

Натомість крихкі матеріали, такі як цегла, плитка, скло чи блоки, вимагають використання тари, прокладок і кріплень, що забезпечують цілісність під час транспортування. Для великогабаритних і важких конструкцій (залізобетонні панелі, балки, елементи каркасів) використовують спеціалізовані транспортні засоби – автопоїзди, панелевози, трали.

Ще однією особливістю є організація перевезень маятниковими маршрутами в основному зі зворотнім порожнім пробігом, тому що більшість будівельних матеріалів доставляється без зворотного завантаження, що потребує оптимізації маршрутів і планування логістичних ланцюгів. Структура таких вантажопотоків змінюється залежно від стадії будівництва: на початкових етапах переважають сипучі матеріали, на завершальних – оздоблювальні й крихкі вироби.

Організація транспортного процесу доставки будівельних матеріалів стикається з низкою проблем: нерівномірністю вантажопотоків, сезонністю попиту, надмірними простоями транспортних засобів під час навантаження й розвантаження, низьким рівнем координації між постачальниками, перевізниками та будівельними підприємствами. Відсутність єдиних цифрових платформ для моніторингу та планування доставки ускладнює оперативне управління потоками і підвищує ризик затримок постачання.

Серед основних напрямів удосконалення транспортного процесу доставки будівельних матеріалів варто виокремити наступні:

1. Оптимізація логістичних схем постачання. Це передбачає використання сучасних методів планування маршрутів і графіків доставки з урахуванням виробничих потреб будівельних об'єктів. Використання

алгоритмів оптимізації транспортних потоків дозволяє скоротити порожні пробіги, підвищити коефіцієнт використання вантажопідйомності й зменшити транспортні витрати. Важливим завданням є формування єдиного інформаційного поля між будівельними майданчиками, постачальниками та автопарками для підвищення точності планування.

2. Модернізація рухомого складу для виконання перевезень. Необхідно оновлювати рухомий склад відповідно до типів вантажів, запроваджуючи спеціальні кузови, автоматизовані системи навантаження, розвантаження та зберігання. Використання енергоефективних транспортних засобів, обладнаних системами моніторингу витрат пального, дозволяє зменшити собівартість перевезень і негативний вплив на довкілля.

3. Впровадження цифрових технологій управління транспортними процесами. Системи GPS-моніторингу та транспортні управлінські системи дозволяють відстежувати рух транспортних засобів у реальному часі, контролювати терміни доставки та забезпечувати прозорість логістичних операцій. Цифровізація транспортної логістики значно підвищує ефективність взаємодії між усіма учасниками процесу постачання.

4. Оптимізація собівартості перевезень. Оскільки, оптимізація маршрутів та скорочення часу доставки дозволяє знизити собівартість перевезень на 10–15 % [13], то важливими є моніторинг і оцінка техніко-експлуатаційних та економічних показників транспортного процесу.

Отже, удосконалення транспортного процесу доставки будівельних матеріалів має ґрунтуватися на комплексному підході, який поєднує технічні інновації, цифрові технології та логістичну оптимізацію. Впровадження сучасних управлінських систем, модернізація рухомого складу й підвищення рівня координації між учасниками ланцюга постачання сприятимуть скороченню витрат, підвищенню надійності транспортування й забезпеченню стабільності будівельного виробництва.

2.2 Сучасні підходи до вдосконалення транспортного процесу доставки будівельних матеріалів

Раціональна організація доставки будівельних матеріалів є одним із ключових чинників ефективної реалізації сучасних будівельних проєктів, оскільки саме транспортна складова значною мірою визначає ритмічність виконання робіт, рівень витрат і безперебійність постачання ресурсів на будівельні майданчики. В умовах цифровізації логістичних процесів особливої актуальності набуває впровадження інноваційних технологій, які забезпечують підвищення прозорості, точності планування та контролю на всіх етапах переміщення матеріальних потоків. До таких технологій належать, насамперед, методи машинного навчання, рішення на основі Інтернету речей (IoT), а також блокчейн-платформи. Їх інтеграція дає змогу створювати інтелектуальні системи управління перевезеннями будівельних матеріалів, що сприяють зростанню ефективності, безпеки та стійкості транспортних операцій.

Нижче наведено узагальнену характеристику основних сучасних підходів і напрямів їх практичного застосування.

1. Машинне навчання

1.1. Прогнозування транспортного попиту

У роботі [14] для аналізу та прогнозування транспортного попиту в межах будівельних проєктів використано моделі машинного навчання. Застосування саме цих підходів обґрунтовується їх поширеністю у задачах сталого міського розвитку та моделювання вантажних потоків, де необхідно враховувати значну кількість проєктних і зовнішніх факторів. Лінійні моделі дозволяють виявити загальні тенденції та характер зв'язків між змінними, тоді як деревоподібні алгоритми здатні фіксувати складні нелінійні залежності. У сукупності вони формують багатофакторний інструментарій для оцінювання різних сценаріїв транспортного навантаження.

1.2. Оцінювання значущості факторів транспортних операцій

Важливим завданням машинного навчання є ідентифікація ключових факторів, які визначають обсяги та інтенсивність транспортних операцій. Згідно з результатами дослідження [14], істотний вплив мають локаційні та соціально-економічні характеристики, зокрема середній рівень доходів населення, тип забудови та наявність екологічної сертифікації об'єктів. Особливо вагомими ці фактори стають при одночасному врахуванні кількох ознак. Таким чином, ML-моделі виконують не лише прогностичну функцію, а й слугують інструментом виявлення прихованих структурних закономірностей у даних.

1.3. Виявлення комплексних закономірностей у багатфакторних моделях

Дослідження також демонструє, що висока якість прогнозування досягається лише за умови поєднання різних груп ознак, зокрема параметрів будівельного проєкту та характеристик міського середовища. Використання ізольованих змінних, наприклад лише типу об'єкта, не забезпечує достатньої точності моделей. Натомість комплексний підхід, що враховує взаємодію технічних, соціальних і просторових факторів, дозволяє виявляти змістовні патерни, недоступні для традиційних статистичних методів із обмеженим набором показників.

2. Інтернет речей (IoT)

2.1. Адаптивне управління маршрутами самоскидів

Інтеграція IoT-датчиків, GPS-навігації та геоінформаційних систем забезпечує можливість оперативного коригування маршрутів у реальному часі. Система аналізує затори, погодні умови та рівень завантаженості дорожньої мережі, після чого автоматично оптимізує маршрут руху транспорту. Це дозволяє скоротити тривалість рейсів і зменшити порожній пробіг. За даними дослідження [15], використання інтелектуальної маршрутизації на основі IoT сприяє зниженню транспортних витрат завдяки адаптивному управлінню рухом і своєчасному перенаправленню

транспортних засобів. Подібні підходи ефективно застосовуються, зокрема, у системах перевезення будівельних відходів.

2.2. Контроль процесів завантаження та розвантаження

Технології IoT забезпечують детальний контроль операцій завантаження і розвантаження будівельних матеріалів. Сенсори фіксують тривалість виконання робіт, кількість циклів, час очікування в чергах і затримки на пунктах приймання. Це має особливе значення для транспортування сипучих матеріалів, бетонних сумішей та контейнерів з будівельними відходами.

2.3. Моніторинг технічного стану транспортних засобів

Використання IoT-сенсорів в режимі реального часу для контролю технічного стану транспорту дозволяє відстежувати ключові параметри роботи автомобілів: температуру гідравлічних систем, рівень вібрацій вузлів, навантаження на кузов, пробіг і стан двигуна. Це є критично важливим для спеціалізованої техніки, зокрема бетонозмішувачів, де умови транспортування безпосередньо впливають на якість суміші, а також для самоскидів і навантажувачів, що працюють у режимі підвищених навантажень.

2.4. Використання RFID-міток для відстеження матеріалів

RFID-технології суттєво підвищують точність обліку та контролю переміщення будівельних матеріалів. Мітки можуть встановлюватися на збірні конструкції, арматурні елементи, великогабаритні вироби та палети з матеріалами, забезпечуючи автоматичну ідентифікацію та відстеження статусу поставок. Це зменшує кількість логістичних помилок, оптимізує інвентаризацію та підвищує прозорість ланцюгів постачання. У роботі [16] наведено приклад компаній Procter & Gamble і Walmart, де впровадження RFID дозволило скоротити рівень запасів до 70 %, що свідчить про значний потенціал цієї технології й для будівельної логістики.

3. Блокчейн-технології

3.1. Формування прозорого ланцюга постачання

Застосування блокчейну у транспортуванні будівельних матеріалів забезпечує повну простежуваність руху вантажів від місця видобутку або

виробництва до будівельного майданчика. Незмінний розподілений реєстр фіксує всі етапи логістичного процесу, включаючи час, місце, масу вантажу та відповідальних учасників. Це унеможлиблює фальсифікацію даних, дозволяє підтверджувати фактичні обсяги поставок, знижує ризики несанкціонованих перевезень і формує цифрову історію партії матеріалів, забезпечуючи високий рівень довіри між усіма учасниками ланцюга постачання [17].

3.2. Використання смарт-контрактів

Смарт-контракти дають змогу автоматизувати розрахунки та контроль виконання умов перевезення будівельних матеріалів. У таких контрактах заздалегідь фіксуються параметри доставки — обсяг, строки, місце розвантаження та допустимі відхилення. Після підтвердження доставки через GPS-трекінг, RFID або запис у блокчейні система автоматично ініціює оплату. У разі порушення умов контракт самостійно коригує виплати або застосовує штрафні санкції. Це дозволяє відмовитися від паперового документообігу та мінімізувати спірні ситуації між замовниками, перевізниками і постачальниками [17].

Отже, комплексне використання машинного навчання, IoT та блокчейн-технологій формує сучасну модель управління доставкою будівельних матеріалів, що забезпечує підвищену прозорість, точність і оперативність транспортних процесів [18]. Застосування цих рішень сприяє оптимізації маршрутів, контролю технічного стану транспорту та достовірності даних про переміщення вантажів, що в підсумку знижує витрати, мінімізує ризики та підвищує загальну ефективність транспортних операцій у будівельній галузі.

2.3 Аналіз організації перевезень будівельних вантажів ТОВ «ЖИТЛОБУД-2»

Визначимо основні показники парку рухомого складу на типових маршрутах підприємства (Рисунки 2.1 – 2.5).

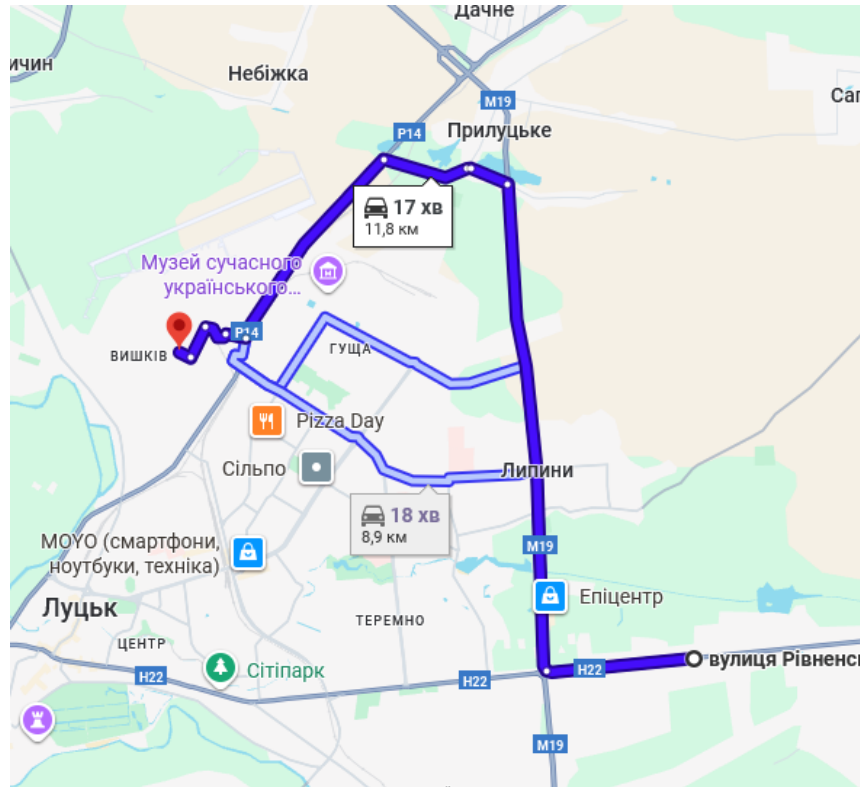


Рисунок 2.1 – Маршрут перевезення допоміжних матеріалів автомобілем
ГАЗ 3302

Розрахунки основних показників роботи ГАЗ 3302 для даного маршруту проведемо за методикою [19]:

1) Довжина маршруту за один оберт

$$l_{об} = 23,6 \text{ км}$$

2) Відстань вантажного пробігу за один оберт

$$l_{в} = 11,8 \text{ км}$$

3) Коефіцієнт використання пробігу на маршруті

$$\beta = \frac{l_{в}}{l_{об}} \quad (2.1)$$

$$\beta = \frac{11,8}{23,6} = 0,5$$

4) Коефіцієнт використання вантажності

$$\gamma_c = \frac{Q}{q_n} \quad (2.2)$$

$$\gamma_c = \frac{1,1}{1,6} = 0,6875$$

5) Час оберту автомобіля на маршруті

$$t_{об} = \frac{l_{об}}{v_T} + t_{нр} \cdot n + t_{пз}, \quad (2.3)$$

За даними підприємства час навантаження ГАЗ 3302 $t_H=10$ хв. Розвантаження транспортного засобу становить також 10 хв.

$$t_{об} = \frac{23,6}{25} + 0,3333 + 0,5 = 1,7773 \text{ год}$$

6) Кількість обертів за день

$$n_{об} = \frac{T_H}{t_{об}} \quad (2.4)$$

$$n_{об} = \frac{8}{1,7773} = 4,5019$$

Округлюємо до цілого:

$$n'_{об} = 5$$

7) Уточнюємо час роботи автомобіля на маршруті (час перебування в наряді на маршруті):

$$T'_M = n'_{об} \cdot t_{об} \quad (2.5)$$

$$T'_M = 5 \cdot 1,7773 = 8,8867 \text{ год}$$

8) Добовий обсяг перевезення

$$Q_{доб} = 5 \cdot 1,1 = 5,5 \text{ т/добу}$$

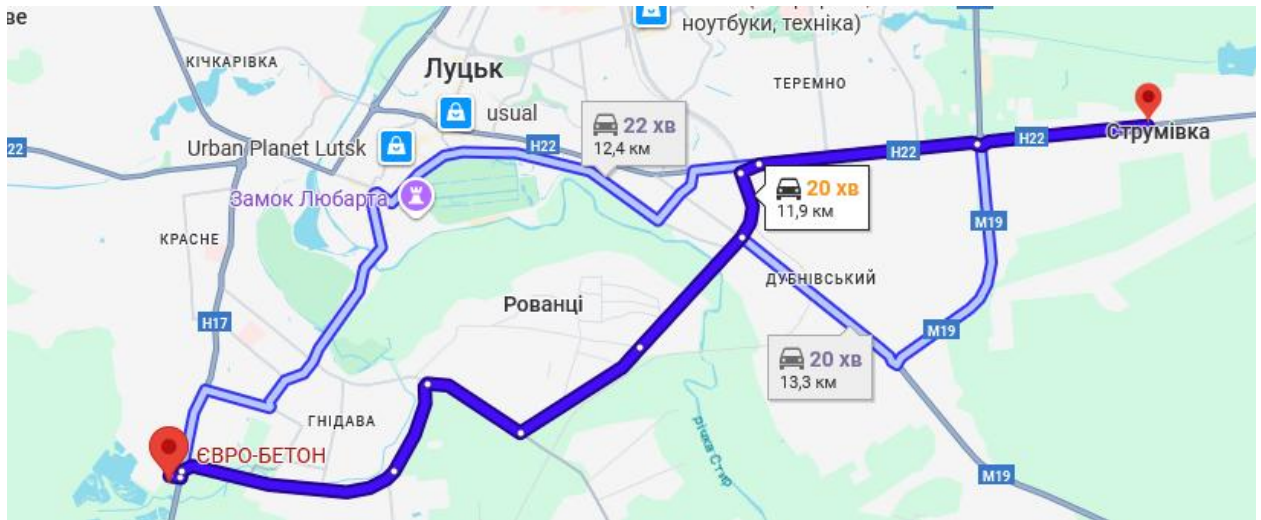


Рисунок 2.2 – Маршрут перевезення будівельних матеріалів самоскидом
ЗІЛ 4505

1) Довжина маршруту за один оберт

$$l_{об} = 23,8 \text{ км}$$

2) Відстань вантажного пробігу за один оберт

$$l_v = 11,9 \text{ км}$$

3) Коефіцієнт використання пробігу на маршруті

$$\beta = \frac{11,9}{23,8} = 0,5$$

4) Коефіцієнт використання вантажності

$$\gamma_c = \frac{4,5}{6} = 0,75$$

5) Час обороту автомобіля на маршруті:

За даними підприємства час навантаження даного самоскида становить $t_n = 10$ хв. Розвантаження транспортного засобу становить до 5 хв.

$$\text{хв}; t_p = 5\text{хв}; t_{пз} = 30\text{хв}; n = 1;$$

$$t_{об} = \frac{23,8}{25} + 0,25 \cdot 1 + 0,5 = 1,702 \text{ год}$$

6) Кількість обертів за день

$$\gamma_c = \frac{7,5}{9} = 0,8333$$

5) Добовий обсяг перевезення

За даними підприємства час навантаження даного самоскида становить $t_n = 12$ хв. Розвантаження транспортного засобу становить до 6 хв.

$$t_{об} = \frac{17,2}{25} + 0,3 \cdot 1 + 0,5 = 1,488 \text{ год}$$

6) Кількість обертів за день

$$n_{об} = \frac{T_n}{t_{об}} = \frac{8}{1,488} = 5,37$$

Округлюємо до цілого:

$$n'_{об} = 6$$

7) Уточнюємо час роботи автомобіля на маршруті:

$$T'_m = 6 \cdot 1,488 = 8,928 \text{ год}$$

8) Добовий обсяг перевезення

$$Q_{доб} = 6 \cdot 7,5 = 45,0 \text{ т/добу}$$

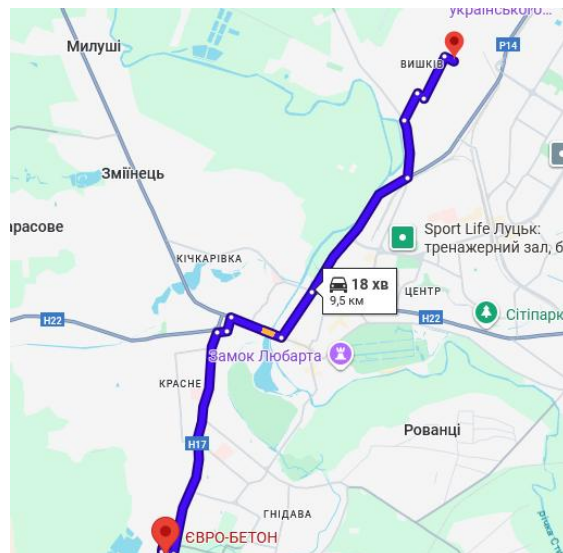


Рисунок 2.4 – Маршрут перевезення будівельних матеріалів самоскидом
КрАЗ-65055

1) Довжина маршруту за один оберт

$$l_{об} = 19 \text{ км}$$

2) Відстань вантажного пробігу за один оберт

$$l_b = 9,5 \text{ км}$$

3) Коефіцієнт використання пробігу на маршруті

$$\beta = \frac{9,5}{19} = 0,5$$

4) Коефіцієнт використання вантажності

$$\gamma_c = \frac{12,6}{16} = 0,7875$$

5) Час обертів автомобіля на маршруті

За даними підприємства час навантаження даного самоскида становить $t_n = 16$ хв. Розвантаження транспортного засобу становить до 8 хв.

$$t_n = \frac{16}{60} = 0,2667 \text{ год}, t_p = \frac{8}{60} = 0,1333 \text{ год}, t_{пз} = \frac{30}{60} = 0,5 \text{ год}$$

$$t_{об} = \frac{19}{25} + 0,4 \cdot 1 + 0,5 = 1,66 \text{ год}$$

6) Кількість обертів за день

$$n_{об} = \frac{T_n}{t_{об}} = \frac{8}{1,66} = 4,82$$

Округлюємо вгору до цілого:

$$n'_{об} = 5$$

7) Уточнюємо час роботи автомобіля на маршруті:

$$T'_m = n'_{об} \cdot t_{об} = 5 \cdot 1,66 = 8,3 \text{ год}$$

8) Добовий обсяг перевезення

$$Q_{доб} = n'_{об} \cdot Q = 5 \cdot 12,6 = 63,0 \text{ т/добу}$$

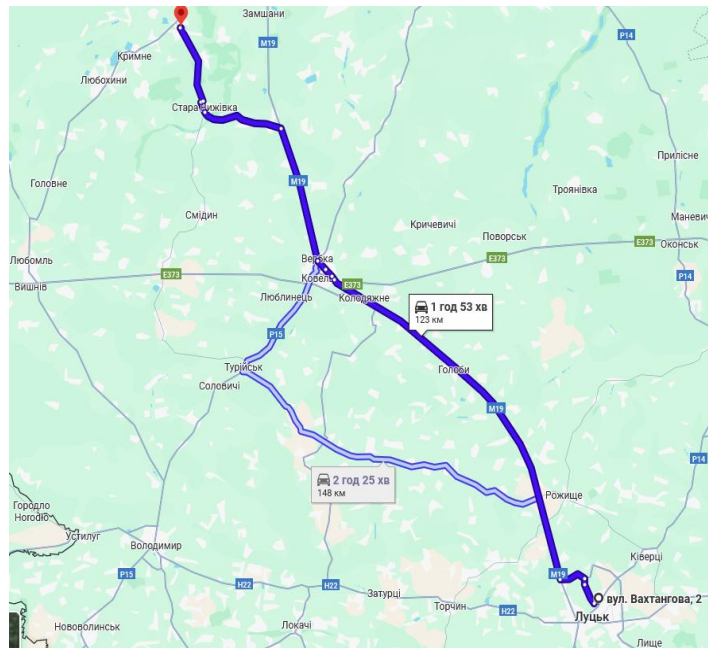


Рисунок 2.5 – Маршрут перевезення цегли та залізобетонних конструкцій
VOLVO FH 13.440

Проведемо розрахунки основних показників роботи VOLVO FH 13.440 для даного маршруту:

- 1) Довжина маршруту за один оберт

$$l_{об} = 246 \text{ км}$$

- 2) Відстань вантажного пробігу за один оберт

$$l_v = 123 \text{ км}$$

- 3) Коефіцієнт використання пробігу на маршруті

$$\beta = \frac{123}{246} = 0,5$$

- 4) Коефіцієнт використання вантажності

$$\gamma_c = \frac{17,4}{22} = 0,79$$

- 5) Час обертів автомобіля на маршруті

За даними підприємства час навантаження VOLVO FH 13.440 у середньому становить $t_n = 45$ хв. Розвантаження транспортного засобу, відбувається вилковим навантажувачем. Час розвантаження 1 піддону становить до 45 хв.

$$t_{об} = \frac{246}{50} + 1,5 \cdot 1 + 0,5 = 6,92 \text{ год}$$

7) Кількість обертів за день

$$n_{об} = \frac{T_H}{t_{об}} = \frac{8}{6,92} = 1,15$$

Округлюємо до цілого:

$$n'_{об} = 1$$

Уточнюємо час роботи авто на маршруті:

$$T'_M = 1 \cdot 6,92 = 6,92 \text{ год}$$

8) Добовий обсяг перевезення

$$Q_{доб} = n'_{об} \cdot Q = 1 \cdot 17,4 = 17,4 \text{ т/добу}$$

На основі розглянутих маршрутів формуємо Таблицю 2.1 із основними техніко-експлуатаційними показниками роботи автомобілів.

Таблиця 2.1 – Основні показники роботи автомобілів на маршрутах

Показник	ГАЗ 3302	ЗІЛ ММЗ 4505	МАЗ 5551	КРАЗ 65055	VOLVO FH 13.440
Довжина вантажної їздки, L_v	11,8	11,9	8,6	9,5	123
Довжина маршруту, $L_{об}$	23,6	23,8	17,2	19,0	246
Коефіцієнт використання пробігу, β	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Обсяг перевезень, $Q_{доб}$	5,5	22,5	45,0	63,0	17,4
Час оберт автобуса $t_{об}$	1,78	1,70	1,49	1,66	6,92
Кількість обертів n	5	5	6	5	1
Час роботи автобуса на маршруті за добу, T'_M	8,89	8,51	8,93	8,30	6,92

За даними таблиці встановлено, що для всіх типів автомобілів перевезення організовано за маятниковою схемою із зворотним порожнім пробігом, про що свідчить однаковий коефіцієнт використання пробігу $\beta=0,5$.

Найбільший добовий обсяг перевезень забезпечує КрАЗ 65055 (63,0 т/добу), далі — МАЗ 5551 (45,0 т/добу) та ЗІЛ ММЗ 4505 (22,5 т/добу), тоді як ГАЗ 3302 виконує допоміжні/дрібнопартійні перевезення (5,5 т/добу). Найкоротший час оборту має МАЗ 5551 (1,49 год), що дозволяє виконувати найбільшу кількість обертів за добу ($n=6$) при майже максимальному добовому завантаженні часу роботи на маршруті ($T'_m=8,93$ год). Для автомобілів ГАЗ, ЗІЛ і КрАЗ значення T'_m становить 8,30–8,89 год, тобто вони працюють практично повну зміну. Водночас VOLVO FH 13.440 характеризується значно більшою довжиною вантажної їздки ($L_v=123$ км) і маршруту ($L_{об}=246$ км), через що час оборту суттєво зростає (6,92 год) і за добу виконується лише один оберт ($n=1$), а час роботи на маршруті відповідає тривалості цього оборту ($T'_m=6,92$ год), що вказує на специфіку його застосування на дальньому плечі перевезень.

Висновки до розділу 2

У розділі досліджено організацію та технологію транспортного процесу доставки будівельних матеріалів з урахуванням сучасних умов розвитку будівельної галузі та зростання обсягів будівельних робіт. Встановлено, що активізація будівництва безпосередньо впливає на підвищення навантаження на транспортну логістику, що зумовлює необхідність удосконалення процесів перевезення будівельних матеріалів з метою забезпечення ритмічності постачання та зниження витрат.

Визначено, що транспортування будівельних вантажів має низку специфічних особливостей, пов'язаних із різноманітністю номенклатури матеріалів, вимогами до умов перевезення, сезонністю попиту та переважанням маятникових маршрутів із зворотним порожнім пробігом. Порушення ритмічності доставки призводить до простоїв техніки та зниження

ефективності будівельних робіт, що підтверджує важливість чіткої організації транспортного процесу на всіх його етапах.

Аналіз сучасних підходів засвідчив доцільність комплексного використання цифрових технологій в управлінні перевезеннями. Застосування машинного навчання підвищує точність прогнозування транспортного попиту, тоді як технології Інтернету речей забезпечують адаптивне управління маршрутами та контроль технічного стану транспорту. Використання блокчейн-рішень сприяє підвищенню прозорості логістичних процесів і зниженню ризиків помилок.

Проведений аналіз організації перевезень будівельних вантажів ТОВ «ЖИТЛОБУД-2» на типових маршрутах показав, що всі досліджувані транспортні засоби працюють за маятниковою схемою зі зворотним порожнім пробігом. Найвищий добовий обсяг перевезень забезпечують автомобілі великої вантажопідйомності, зокрема КрАЗ 65055, VOLVO FH 13.440 та МАЗ 5551, тоді як автомобіль ГАЗ 3302 використовується переважно для допоміжних і дрібнопартійних перевезень.

Разом з тим, автомобіль VOLVO FH 13.440 характеризується значно більшою довжиною маршруту і вантажної їздки, що зумовлює збільшення часу оборту та виконання лише одного рейсу за добу, що є типовим для перевезень для міжміських перевезень важких та габаритних вантажів.

3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ

3.1 Визначення закону розподілу обсягів партій будівельних матеріалів

Перевезення будівельних вантажів на підприємстві має виражену специфіку та характеризується широкою номенклатурою матеріалів і переважно дрібнопартійним характером постачання. Значна частка робочого часу автотранспорту витрачається на виконання вантажно-розвантажувальних операцій на складських майданчиках і безпосередньо на будівельних об'єктах замовників. У межах одного рейсу автомобілі, як правило, обслуговують декілька отримувачів, розташованих як у межах області, так і за її межами.

Формування об'єднаних партій будівельних вантажів на складі здійснюється з урахуванням напрямів вантажних потоків, вантажопідйомності та об'єму кузова транспортних засобів, а також режиму робочого часу. Маса й об'єм замовлених будівельних матеріалів мають випадковий характер, що обумовлено різноманіттям номенклатури та індивідуальними потребами замовників. Крім того, випадковою є й кількість клієнтів, які обслуговуються під час одного рейсу, оскільки вона залежить від надходження замовлень у конкретний період.

Для підвищення ефективності організації перевезень будівельних вантажів важливе значення має визначення статистичних характеристик випадкових величин, зокрема маси та об'єму об'єднаних вантажних партій, а також параметрів розподілу кількості обслуговуваних клієнтів протягом одного рейсу [20]. Під статистичними характеристиками розуміють середнє значення, стандартне відхилення та закон розподілу відповідної випадкової величини. У Додатку А наведено статистичні дані щодо фактичної щоденної роботи автотранспорту різних типів за календарний місяць. Для визначення статистичних показників маси об'єднаних партій будівельних вантажів

застосовується відповідна процедура, що передбачає встановлення інтервалу групування статистичного ряду за заданою формулою:

$$I = \frac{x_{max} - x_{min}}{1 + 3.22 \lg n}, \quad (3.1)$$

де x_{max} – максимальне значення партії вантажу;

x_{min} – мінімальне значення партії вантажу;

n – обсяг вибірки (кількість даних).

$$I = \frac{21,9 - 0,3}{1 + 3,22 \lg(435)} = 21,6/10 = 2,16$$

Таблиця 3.1 – Статистична обробка ряду обсягів вантажних партій

Інтервал	Частота	Відносна частота	Середина інтервалу	$\bar{x}_i \cdot f_i$	$(\bar{x}_i - M(x))^2 \cdot f_i$
0.30–2.46	20	0,046	1,38	0,0634	2,1966
2.46–4.62	18	0,041	3,54	0,1465	0,9344
4.62–6.78	97	0,223	5,7	1,271	1,4981
6.78–8.94	143	0,329	7,86	2,5839	0,0613
8.94–11.10	105	0,241	10,02	2,4186	0,7208
11.10–13.26	20	0,046	12,18	0,56	0,695
13.26–15.42	12	0,028	14,34	0,3956	1,0091
15.42–17.58	8	0,018	16,5	0,3034	1,239
17.58–19.74	5	0,011	18,66	0,2145	1,2356
19.74–21.90	7	0,016	20,82	0,335	2,5256
Разом	435	1	—	8,292	12,1155

Математичне очікування $M(x) = \sum_{i=1}^k \bar{x}_i \cdot f_i = 8.2920$ т

Дисперсія $D(x) = \sum_{i=1}^k (\bar{x}_i - M(x))^2 \cdot f_i = 12,1155$ т

Стандартне відхилення $\sigma(x) = \sqrt{D(x)} = 3,4807$ т

За допомогою хмарного сервісу Google Colab [21] будемо гістограму розподілу (Рисунок 3.9) та підбираємо до неї теоретичну криву розподілу. У даній ситуації найбільш ймовірним є логнормальний розподіл.

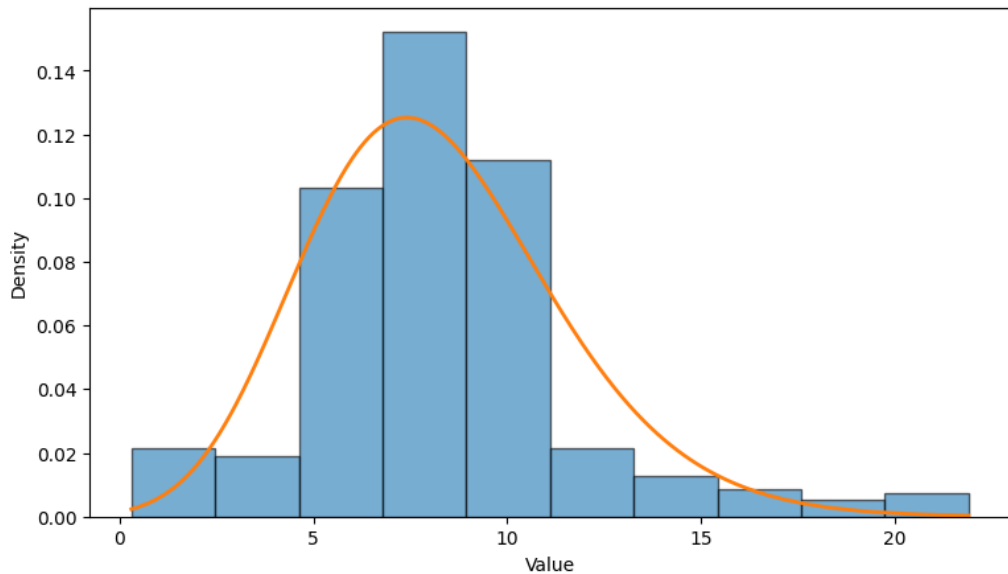


Рисунок 3.1 – Гістограма розподілу обсягів вантажу

Закон логнормального розподілу має наступний вигляд [22]:

$$f(x) = \frac{1}{x \sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2} \right), x > 0 \quad (3.2)$$

де x — випадкова величина,

μ — математичне сподівання логарифма випадкової величини $\ln X$,

σ — середньоквадратичне відхилення логарифма $\ln X$,

$\ln x$ — натуральний логарифм.

Із використання Google Colab отримуємо наступне значення функції щільності логнормального розподілу, що описує дані підприємства:

$$f(x) = \frac{1}{(x+11.85) 0.163\sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{(\ln(x+11.85) - \ln(19.781))^2}{2 \cdot 0.163^2} \right), x > -11.85$$

3.2 Імовірнісна оцінка перевезення будівельних матеріалів за обсягами вантажу

Умови формування попиту на доставку будівельних матеріалів, технічні параметри транспортних засобів та особливості управління їх використанням визначають процеси накопичення вантажів у транспортно-логістичній системі

підприємства. Кількість, спеціалізація та вантажопідйомність парку рухомого складу, який обслуговує будівельні об'єкти, мають відповідати характеристикам матеріальних потоків і типам будівельних вантажів, що перевозяться (сипучі, штучні, великогабаритні, палетовані тощо).

Провізна здатність автопарку визначається максимально можливим обсягом будівельних матеріалів, який може бути перевезений за заданий період (наприклад, за добу) за умови повного використання технічних можливостей транспортних засобів. При цьому структура парку за вантажопідйомністю повинна максимально узгоджуватися з розподілом заявок на перевезення партіями різного розміру, оскільки обсяги поставок у будівництві є змінними та залежать від етапів виконання робіт і графіків постачання.

Позначимо вантажопідйомності автомобілів як $q_1, q_2, \dots, q_j, q_m$. Імовірність того, що для транспортування партії будівельних матеріалів необхідний автомобіль вантажопідйомності q_j , визначається за формулою:

$$p_j = \begin{cases} \int_0^{q_1 \gamma_1} f(x) dx, & j = 1, \\ \int_{q_{j-1} \gamma_{j-1}}^{q_j \gamma_j} f(x) dx, & j > 1, \end{cases} \quad (3.3)$$

де $f(x)$ — щільність ймовірності розподілу розмірів партій будівельних матеріалів.

Імовірність надходження заявки на доставку партії будівельних матеріалів, для перевезення якої потрібен автомобіль з максимальною вантажопідйомністю q_m , який виконує перевезення за їздки ($i = 1, 2, \dots$), визначається за формулою:

$$p_{m,i} = \begin{cases} \int_{(q\gamma)_{m-1}}^{(q\gamma)_m} f(x) dx, & i = 1 \\ \int_{(i-1)(q\gamma)_m}^{i(q\gamma)_m} f(x) dx, & i > 1 \end{cases} \quad (3.4)$$

Оскільки аналітичне обчислення невизначеного інтеграла даної функції є неможливим, для знаходження значень визначеного інтеграла доцільно застосувати числові методи.

Визначимо ймовірність перевезення об'єднаної партії будівельних матеріалів, транспортування якої здійснюватиметься автомобілем ГАЗ 3302:

$$p_1 = \int_0^{1,6 \cdot 0,81} \frac{1}{(x+11.85) 0.163\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(x+11.85)-\ln(19.781))^2}{2 \cdot 0.163^2}\right) dx = 0,0054$$

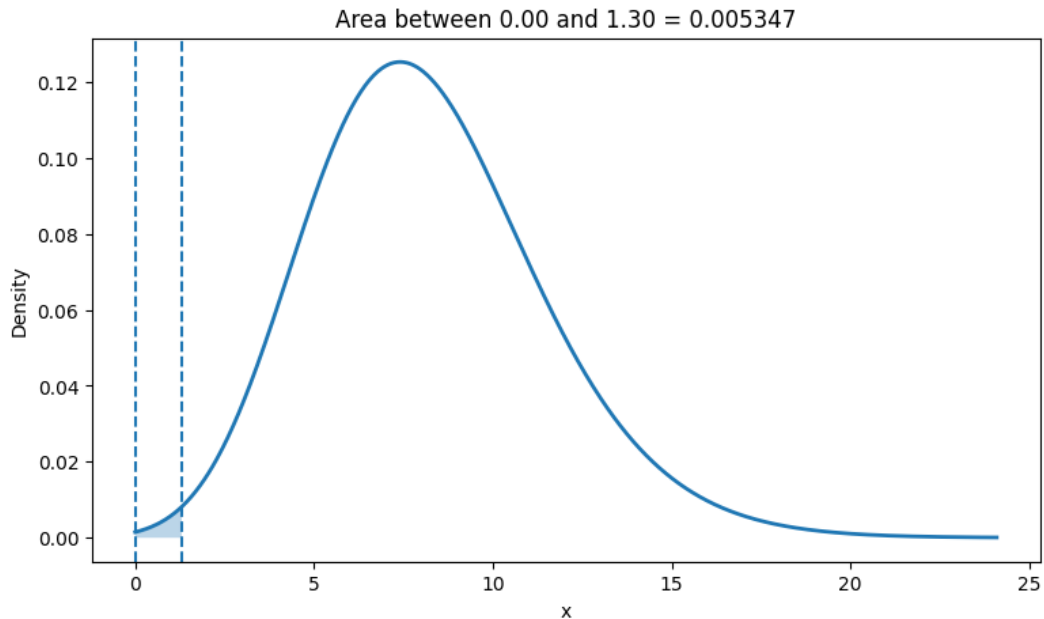


Рисунок 3.2 – Графічне визначення ймовірності транспортування вантажу автомобілем ГАЗ 3302

Визначимо ймовірність перевезення об'єднаної партії будівельних матеріалів, транспортування якої здійснюватиметься автомобілем ЗІЛ ММЗ 4505:

$$p_2 = \int_{1,3}^{4,9} \frac{1}{(x+11.85) 0.163\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(x+11.85)-\ln(19.781))^2}{2 \cdot 0.163^2}\right) dx = 0,1482$$

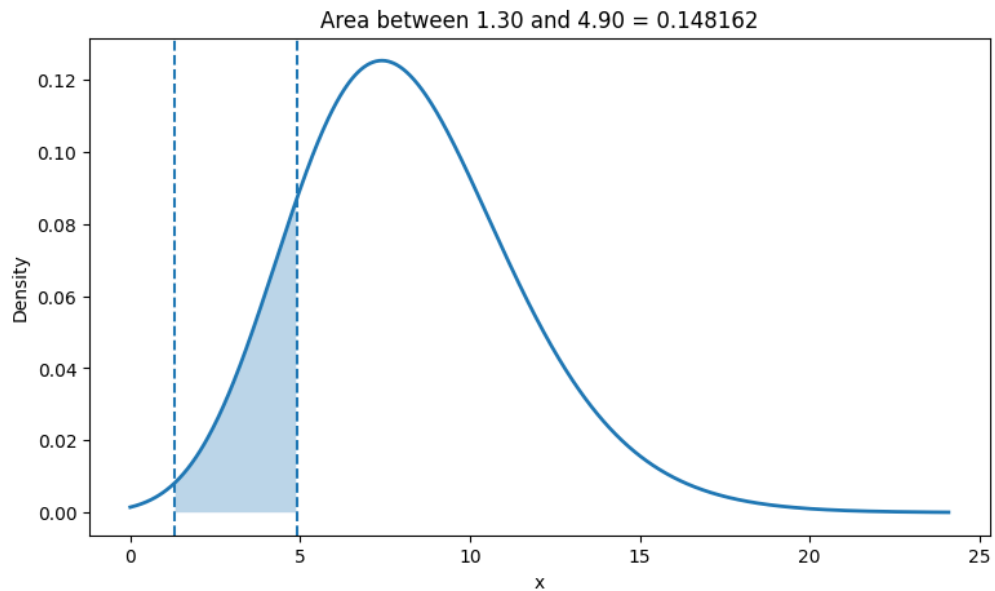


Рисунок 3.3 – Графічне визначення ймовірності транспортування вантажу автомобілем ЗІЛ ММЗ 4505

Визначимо ймовірність перевезення об'єднаної партії будівельних матеріалів, транспортування якої здійснюватиметься автомобілем МАЗ 5551:

$$p_3 = \int_{4,9}^{7,3} \frac{1}{(x+11.85) 0.163\sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{(\ln(x+11.85) - \ln(19.781))^2}{2 \cdot 0.163^2} \right) dx = 0,2674$$

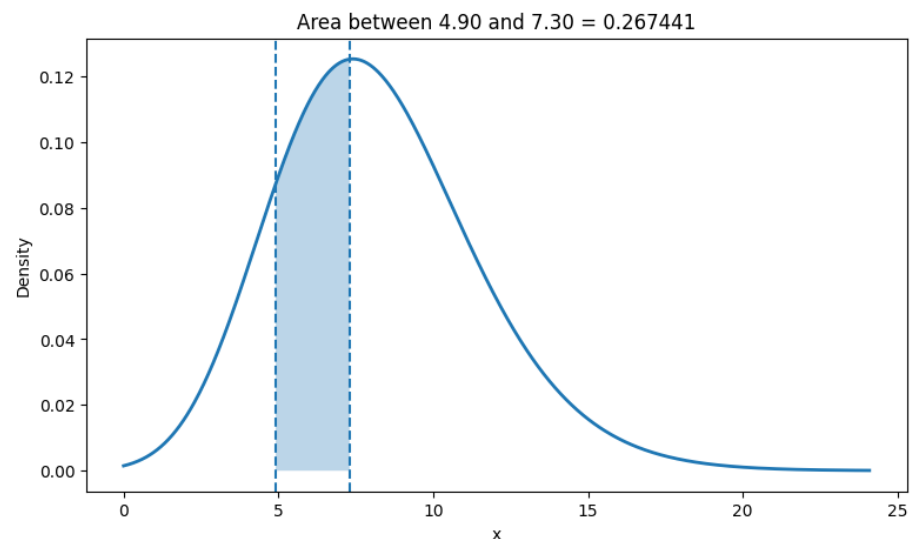


Рисунок 3.4 – Графічне визначення ймовірності транспортування вантажу автомобілем МАЗ 5551

Визначимо ймовірність перевезення об'єднаної партії будівельних матеріалів, транспортування якої здійснюватиметься автомобілем КРАЗ 65055.

$$p_4 = \int_{7,3}^{13,0} \frac{1}{(x+11.85) 0.163\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(x+11.85)-\ln(19.781))^2}{2 \cdot 0.163^2}\right) dx = 0,4974$$

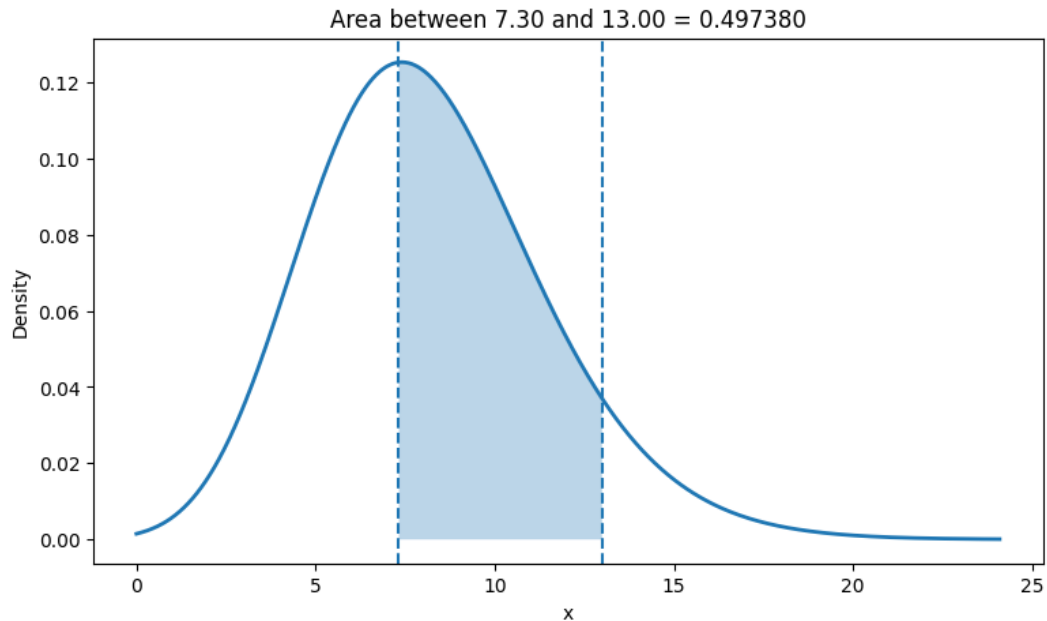


Рисунок 3.5 – Графічне визначення ймовірності транспортування вантажу автомобілем КРАЗ 65055

Розрахуємо ймовірність транспортування об'єднаної партії будівельних матеріалів автомобілем VOLVO FH 13.440 за умови виконання однієї–двох їздок.

$$p_{5,1} = \int_{13,0}^{17,8} \frac{1}{(x+11.85) 0.163\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(x+11.85)-\ln(19.781))^2}{2 \cdot 0.163^2}\right) dx = 0,0743$$

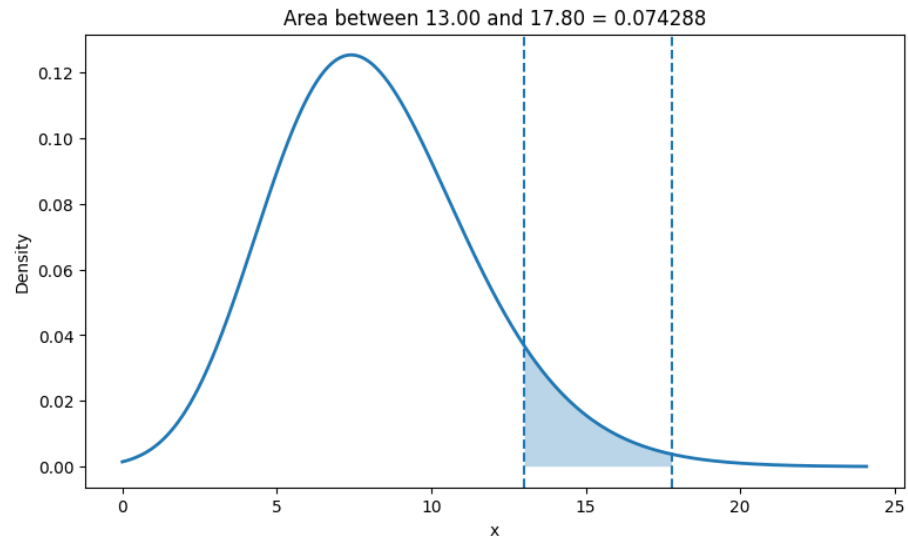


Рисунок 3.6 – Графічне визначення ймовірності транспортування вантажу автомобілем VOLVO FH 13.440 (1 поїздка)

$$p_{5,2} = \int_{17,8}^{35,6} \frac{1}{(x+11.85) 0.163\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(x+11.85)-\ln(19.781))^2}{2 \cdot 0.163^2}\right) dx = 0,0064$$

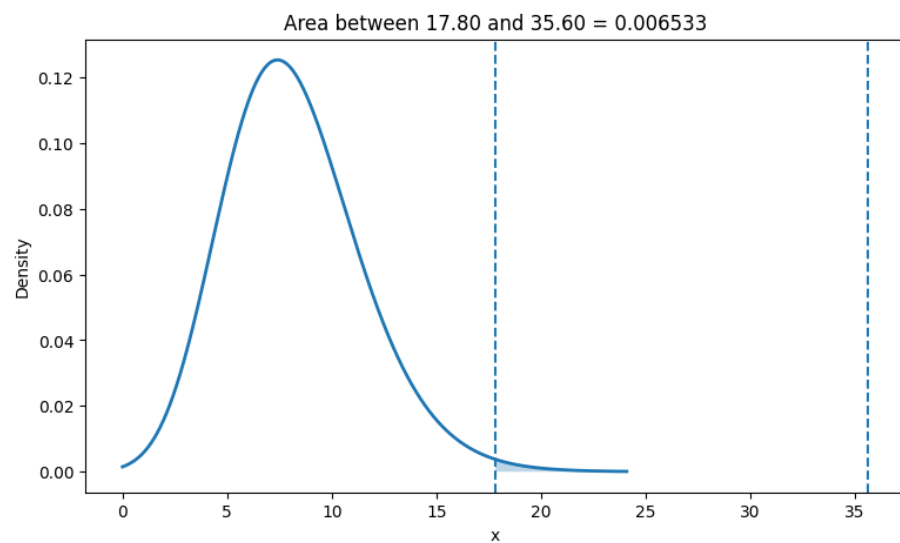


Рисунок 3.7 – Графічне визначення ймовірності транспортування вантажу автомобілем VOLVO FH 13.440 (2 поїздки)

Визначимо суму отриманих ймовірностей:

$$p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_{5,1} + p_{5,2} = 0,0054 + 0,1482 + 0,2674 + 0,4974 + 0,0743 + 0,0065 = 0,9992.$$

$$\text{Уточнюємо } p_{5,2} = 1 - 0,9927 = 0,0073$$

$$\text{Тоді} \quad p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_{5,1} + p_{5,2} = 0,0054 + 0,1482 + 0,2674 + 0,4974 + 0,0743 + 0,0073 = 1,000$$

3.3 Обґрунтування кількості транспортних засобів визначеної вантажопідйомності

Для визначення необхідної кількості автомобілів j -го типу ($j=1, 2, \dots, m-1$) для перевезення вантажів використовуємо формулу:

$$A_j = \frac{\overline{N_{\text{ст}}} p_j}{T_{\text{н}j}} \cdot \left(\frac{l_{\text{в}}}{v_{Tj} \beta} + t_{\text{пр}j} \right), \quad (3.5)$$

де $\overline{N_{\text{ст}}}$ – середньодобова кількість вимог на перевезення вантажів;

$T_{\text{н}j}$ – час у наряді для j -го автомобіля, год;

$l_{\text{в}}$ – довжина навантаженої їздки, км;

β – коефіцієнт використання пробігу;

$t_{\text{пр}j}$ – час на навантажувально-розвантажувальні операції автомобіля за їздку, год.

Необхідна кількість автомобілів із максимальною вантажопідйомністю розраховується за формулою:

$$A_m = \frac{\overline{N_{\text{ст}}} \sum_{i=1}^{\infty} i p_{m,i}}{T_{\text{н}m}} \cdot \left(\frac{l_{\text{в}m}}{v_{Tm} \beta_m} + t_{\text{пр}m} \right) \quad (3.6)$$

Загальну кількість автомобілів отримуємо за формулою:

$$A = \sum_{j=1}^m A_j = \overline{N_{\text{ст}}} \left[\sum_{j=1}^{m-1} \frac{p_j}{T_{\text{н}j}} \cdot \left(\frac{l_{\text{в}}}{v_{Tj} \beta} + t_{\text{пр}j} \right) + \frac{\sum_{i=1}^{\infty} p_{m,i}}{T_{\text{н}m}} \cdot \left(\frac{l_{\text{в}m}}{v_{Tm} \beta_m} + t_{\text{пр}m} \right) \right] \quad (3.7)$$

Питомі частки автомобілів кожного типу визначаємо за формулою:

$$\frac{A_j}{A} = \frac{p_j}{T_{\text{н}j} B} \cdot \left(\frac{l_{\text{в}j}}{v_{Tj} \beta_j} + t_{\text{пр}j} \right) \text{ для } j=1, 2 \dots m-1, \quad (3.8)$$

$$\frac{A_m}{A} = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} p_{m,i}}{T_{\text{н}m} B} \cdot \left(\frac{l_{\text{в}m}}{v_{Tm} \beta_m} + t_{\text{пр}m} \right), \quad (3.9)$$

$$T_{\text{н}}B = \sum_{j=1}^{m-1} p_j \left(\frac{l_{\text{в}}}{v_{Tj}\beta} + t_{\text{пр}j} \right) + \sum_{i=1}^{\infty} ip_{m,i} \cdot \left(\frac{l_{\text{в}m}}{v_{Tm}\beta_m} + t_{\text{пр}m} \right), \quad (3.10)$$

Використаємо дані Таблиці 3.2 для розрахунків коефіцієнта $T_{\text{н}}B$. Оскільки транспортування вантажів здійснюється за маятниковими маршрутами із зворотнім порожнім пробігом, то $\beta = 0,5$.

Таблиця 3.2 – Вихідні дані по маршрутах для автомобілів

Показник	ГАЗ 3302	ЗІЛ ММЗ 4505	МАЗ 5551	КРАЗ 65055	VOLVO FH 13.440
$l_{\text{в}}$	11,8	11,9	8,6	9,5	123
v_T	25	25	25	25	50
$t_{\text{пр}j}$	0,3333	0,25	0,3	0,4	1,5

$$\begin{aligned} T_{\text{н}}B &= 0,0054 \times \left(\frac{11,8}{25 \times 0,5} + 0,3333 \right) + 0,1482 \times \left(\frac{11,9}{25 \times 0,5} + 0,25 \right) \\ &+ 0,2674 \times \left(\frac{8,6}{25 \times 0,5} + 0,3 \right) + 0,4974 \times \left(\frac{9,5}{25 \times 0,5} + 0,4 \right) \\ &+ (1 \times 0,0743 + 0,0073) \times \left(\frac{123}{50 \times 0,5} + 1,5 \right) = 1,5969 \end{aligned}$$

ГАЗ 3302:

$$\frac{A_1}{A} = \frac{0,0054 \cdot 1,2773}{1,5969} = 0,0043$$

ЗІЛ ММЗ 4505:

$$\frac{A_2}{A} = \frac{0,1482 \cdot 1,2020}{1,5969} = 0,1115$$

МАЗ 5551:

$$\frac{A_3}{A} = \frac{0,2674 \cdot 0,9880}{1,5969} = 0,1654$$

КРАЗ 65055:

$$\frac{A_4}{A} = \frac{0,4974 \cdot 1,1600}{1,5969} = 0,3613$$

VOLVO FH 13.440:

$$\frac{A_5}{A} = \frac{0,0889 \cdot 6,42}{1,5969} = 0,3574$$

Визначимо середню вантажопідйомність автомобілів за їздки:

$$\overline{q_e} = \sum_{j=1}^{m-1} p_j q_j + q_m \sum_{i=1}^{\infty} p_{m,i}, \quad (3.11)$$

$$\begin{aligned} \overline{q_e} &= 0,0054 \cdot 1,6 + 0,1482 \cdot 6 + 0,2674 \cdot 9 + 0,4974 \cdot 16 + 22 \cdot (0,0743 \\ &\quad + 0,0073) = 13,058 \end{aligned}$$

За проведеними розрахунками середній коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобілів становить 0,81. Визначимо кількість їздок автомобілів за добу та добовий обсяг перевезення:

$$n_e = \frac{Q_{\text{доб.розр.}}}{\overline{q_e} \gamma}, \quad (3.12)$$

$$Q_i = q \times \gamma \times n_e, \quad (3.13)$$

$$n_e = \frac{260,85}{13,058 \cdot 0,81} = 24,66 \approx 25$$

2) Розподіл їздок по типах авто

ГАЗ 3302

$$n_{e1} = 25 \cdot 0,0054 = 0,135 \approx 1$$

$$Q_1 = 1,6 \cdot 0,81 \cdot 1 = 1,3 \text{ т}$$

ЗІЛ ММЗ 4505

$$n_{e2} = 25 \cdot 0,1482 = 3,705 \approx 4$$

$$Q_2 = 6 \cdot 0,81 \cdot 4 = 19,44 \text{ т}$$

МАЗ 5551

$$n_{e3} = 25 \cdot 0,2674 = 6,685 \approx 7$$

$$Q_3 = 9 \cdot 0,81 \cdot 7 = 51,03 \text{ т}$$

КРАЗ 65055

$$n_{e4} = 25 \cdot 0,4974 = 12,435 \approx 12$$

$$Q_4 = 16 \cdot 0,81 \cdot 12 = 155,52 \text{ т}$$

VOLVO FH 13.440

$$n_{e5} = 25 \cdot 0,0816 = 2,04 \approx 2$$

$$Q_5 = 22 \cdot 0,81 \cdot 2 = 35,64 \text{ т}$$

Визначимо добову продуктивність автомобілів за наступною формулою:

$$P_{\text{доб.}i} = \frac{q \times \gamma \times T_{\text{зм}}}{\frac{t_{\text{в}}}{v_{Tj\beta}} + t_{\text{пр}j} + t_{\text{пз}}}, \quad (3.14)$$

ГАЗ 3302

$$P_{\text{доб.}1} = \frac{1,6 \cdot 0,81 \cdot 8}{\frac{11,8}{25 \cdot 0,5} + 0,3333 + 0,5} = 5,83 \text{ т/добу}$$

ЗІЛ ММЗ 4505

$$P_{\text{доб.}2} = \frac{6 \cdot 0,81 \cdot 8}{\frac{11,9}{25 \cdot 0,5} + 0,25 + 0,5} = 22,84 \text{ т/добу}$$

МАЗ 5551

$$P_{\text{доб.}3} = \frac{9 \cdot 0,81 \cdot 8}{\frac{8,6}{25 \cdot 0,5} + 0,3 + 0,5} = 39,19 \text{ т/добу}$$

КРАЗ 65055

$$P_{\text{доб.}4} = \frac{16 \cdot 0,81 \cdot 8}{\frac{9,5}{25 \cdot 0,5} + 0,4 + 0,5} = 62,46 \text{ т/добу}$$

VOLVO FH 13.440

$$P_{\text{доб.}5} = \frac{22 \cdot 0,81 \cdot 8}{\frac{123}{50 \cdot 0,5} + 1,5 + 0,5} = 20,60 \text{ т/добу}$$

Необхідна кількість автомобілів кожного типу становитиме:

$$\bar{A}_i = \frac{Q_i}{P_{\text{доб.}i}}, \quad (3.15)$$

Необхідна кількість авто $\bar{A}_i$:

$$\bar{A}_i = \frac{Q_i}{P_{\text{доб.}i}} \quad (3.16)$$

ГАЗ 3302:

$$\bar{A}_1 = \frac{1,3}{5,83} = 0,223 \approx 1$$

ЗІЛ ММЗ 4505:

$$\bar{A}_2 = \frac{19,44}{22,84} = 0,851 \approx 1$$

МАЗ 5551:

$$\bar{A}_3 = \frac{51,03}{39,19} = 1,302 \approx 2$$

КРАЗ 65055:

$$\bar{A}_4 = \frac{155,52}{62,46} = 2,49 \approx 3$$

VOLVO FH 13.440:

$$\bar{A}_5 = \frac{35,64}{20,60} = 1,73 \approx 2$$

Висновки до розділу 3

У третьому розділі виконано розробку заходів щодо удосконалення процесу перевезення будівельних вантажів шляхом статистичного обґрунтування структури парку рухомого складу та узгодження її з фактичним розподілом розмірів вантажних партій.

Проведено статистичну обробку вибірки обсягом $n = 435$ щодо ваги партій будівельних матеріалів. За результатами побудови гістограм та підбору теоретичної кривої розподілу визначено, що випадкова величина обсягів вантажунайбільш адекватно описується логнормальним законом розподілу.

На основі отриманої щільності логнормального розподілу розраховано ймовірності надходження заявок на перевезення партіями різних розмірів відповідно до вантажопідйомності транспортних засобів. Встановлено, що найбільша частка заявок припадає на партії, які доцільно перевозити автомобілем КрАЗ 65055 (0,4974) та автомобілем МАЗ 5551 (0,2674); значною є частка заявок для ЗІЛ ММЗ 4505 (0,1482). Ймовірність залучення автомобіля ГАЗ 3302 для доставки вантажу є мінімальною (0,0054), що підтверджує його допоміжну роль у системі перевезень. Для VOLVO FH 13.440 визначено ймовірності виконання перевезень за одну та дві їздки відповідно (0,0743; 0,0073).

Для визначення оптимальної кількості транспортних засобів виконано розрахунок питомих часток автомобілів за типами та коефіцієнта $T_{\text{нв}}=1,5969$ за умов маятникових маршрутів із $\beta=0,5$. Додатково визначено середню вантажопідйомність за їздку $\bar{q}_e = 13,058$ т та загальну кількість їздок за добу $n_e \approx 25$ для забезпечення розрахункового добового обсягу перевезень (260,85 т/добу) при коефіцієнті використання вантажопідйомності $\gamma=0,81$. На основі цього сформовано розподіл їздок і добових обсягів перевезення за типами автомобілів, що відображає перевагу великих за обсягом вантажів у структурі перевезень.

Розраховано добову продуктивність кожного типу автомобіля: ГАЗ 3302 — 5,83 т/добу; ЗІЛ ММЗ 4505 — 22,84 т/добу; МАЗ 5551 — 39,19 т/добу; КрАЗ 65055 — 62,46 т/добу; VOLVO FH 13.440 — 20,60 т/добу. Завдяки проведеним розрахункам визначено необхідну кількість транспортних засобів для забезпечення перевезень: 1 автомобіль ГАЗ 3302, 1 автомобіль ЗІЛ ММЗ 4505, 2 автомобілі МАЗ 5551, 3 автомобілі КрАЗ 65055 та 2 автомобілі VOLVO FH 13.440. Отримана структура парку узгоджується з ймовірнісним розподілом заявок і забезпечує раціональне використання вантажопідйомності та зменшення ризику простоїв у процесі доставки будівельних матеріалів.

4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ

4.1 Розрахунок експлуатаційних витрат та економічного ефекту

Річні експлуатаційні витрати на перевезення будівельних вантажів визначимо за формулою:

$$B_e = B_{zn} + B_n + B_m + B_{TOP} + B_{ш} + A + B_{ін}, \quad (4.1)$$

де B_{zn} – основна та додаткова заробітна плата водіїв з відрахуваннями на соціальне страхування, грн;

B_n – витрати на паливо, грн.;

B_m – витрати на мастильні матеріали, грн.;

B_{TOP} – витрати на технічне обслуговування та ремонт, грн.;

$B_{ш}$ – витрати на відновлення шин, грн.;

A – амортизація рухомого складу, грн.

$B_{ін}$ – інші витрати.

1. Річний фонд заробітної плати водіїв обчислюють за формулою [23]:

$$З_в = \sum_{i=1}^N c_T \cdot T_i \cdot k_d \cdot k_c \quad (4.2)$$

c_T – годинна тарифна ставка водія, який працює на автомобілі i -го типу, грн. За даними підприємства приймаємо такі годинні тарифні ставки водіїв: для автомобілів ГАЗ 3302 — 110 грн/год, ЗІЛ ММЗ 4505 — 130 грн/год, МАЗ 5551 — 130 грн/год, КРАЗ 65055 — 140 грн/год, VOLVO FH 13.440 — 150 грн/год. Вважаємо, що за кожним автомобілем закріплений один водій.

Річний фонд фактично відпрацьованого часу одного водія приймаємо рівним $T_i = 2088$ год. За існуючим та проєктним варіантами розрахунку фонд робочого часу водіїв визначається з урахуванням кількості автомобілів кожного типу у відповідному варіанті, виходячи з нормативної тривалості роботи одного водія протягом року.

k_d – коефіцієнт доплат. Приймаємо $k_d = 1,345$ (додаткова заробітна плата 25%, оплата відпусток 9,5%);

k_c – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок, $k_c = 1,22$.

Існуючий варіант:

$$\begin{aligned} Z_B = & 110 \cdot 4176 \cdot 1,345 \cdot 1,22 \\ & + 130 \cdot 4176 \cdot 1,345 \cdot 1,22 \\ & + 130 \cdot 10440 \cdot 1,345 \cdot 1,22 = 4\,860\,384,57 \text{ грн.} \\ & + 140 \cdot 2088 \cdot 1,345 \cdot 1,22 \\ & + 150 \cdot 2088 \cdot 1,345 \cdot 1,22 \end{aligned}$$

Проектний варіант:

$$\begin{aligned} Z_B = & 110 \cdot 2088 \cdot 1,345 \cdot 1,22 \\ & + 130 \cdot 2088 \cdot 1,345 \cdot 1,22 \\ & + 130 \cdot 4176 \cdot 1,345 \cdot 1,22 = 4\,174\,677,19 \text{ грн.} \\ & + 140 \cdot 6264 \cdot 1,345 \cdot 1,22 \\ & + 150 \cdot 4176 \cdot 1,345 \cdot 1,22 \end{aligned}$$

Економія фонду заробітної плати

$$\Delta Z_B = 4\,860\,384,57 - 4\,174\,677,19 = 685\,707,38 \text{ грн/рік}$$

2. Витрати на пальне автомобілями на рік визначимо за формулою:

$$B_{\Pi} = 0,01 H_S \cdot S \cdot C_{\Pi}, \quad (4.3)$$

де H_S – середня норма витрати палива на пробіг автомобіля, л/100 км;

S – пробіг автомобілів за рік, км;

C_{Π} – ціна 1 л палива, грн/л. Приймаємо $C_{\Pi} = 58$ грн./л;

Розрахунок витрат на паливо наведено у Таблиці 4.1.

Приймаємо середній добовий пробіг для автомобілів ГАЗ 3302, ЗІЛ ММЗ 4505, МАЗ 5551, КРАЗ 65055110 км, для VOLVO FH 13.440 240 км. Після впровадження проектних рішень одне авто VOLVO FH 13.440 буде виконувати маршрут 110 км, а друге 240 км.

Таблиця 4.1 – Розрахунок добового пробігу автомобілів

Показник	ГАЗ 3302	ЗІЛ ММЗ 4505	МАЗ 5551	КРАЗ 65055	VOLVO FH 13.440
Існуючий варіант	220	220	550	110	240
Проектний варіант	110	110	220	330	350

Таблиця 4.2 – Розрахунок витрат на паливо

Стаття	Автомобілі				
	ГАЗ 3302	ЗІЛ ММЗ 4505	МАЗ 5551	КРАЗ 65055	VOLVO FH 13.440
Середня норма витрати палива, л/100 км	13	31	28	32	39
Пробіг автомобілів за рік (існуючий варіант), км	57200	57200	143000	28600	62400
Пробіг автомобілів за рік (проектний варіант), км	28600	28600	57200	85800	91000
Ціна 1 л палива, грн/л	58				
Витрати на паливо (існуючий варіант), грн.	431288	1028456	2322320	530816	1411488
Витрати на паливо (проектний варіант), грн.	215644	514228	928928	1592448	2058420

Існуючий варіант:

$$\begin{aligned}
 B_{\text{існ}} &= 431288 + 1028456 + 2322320 + 530816 + 1411488 \\
 &= 5\,724\,368 \text{ грн}
 \end{aligned}$$

Проектний варіант:

$$B_{\text{пр}} = 215644 + 514228 + 928928 + 1592448 + 2058420 = 5\,309\,668 \text{ грн}$$

$$\Delta B_{\text{п}} = 5\,724\,368 - 5\,309\,668 = 414\,700$$

3. Витрати на мастильні матеріали становлять 10% витрат на паливо:

$$B_{\text{мм}} = 0,1 \cdot B_{\text{п}}, \quad (4.4)$$

Існуючий варіант

$$B_{\text{мм}} = 0,1 \cdot 5\,724\,368 = 5\,724\,36,8 \text{ грн.}$$

Проектний варіант:

$$B_{\text{мм}} = 0,1 \cdot 5\,309\,668 = 5\,309\,66,8 \text{ грн.}$$

$$\Delta B_{\text{мм}} = 572\,436,80 - 530\,966,80 = 41\,470,00$$

4. Витрати на автомобільні шини:

$$B_{\text{ш}} = \frac{C_{\text{ш}} \cdot N_{\text{ш}}}{L_{\text{ш}}}, \quad (4.5)$$

де $C_{\text{ш}}$ – ціна комплекту шин, грн;

$L_{\text{ш}}$ – нормативний пробіг шин до заміни, км.

Визначимо витрати на автомобільні шини, розрахунок наведено у Таблиці

4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок витрат за автомобільні шини

Стаття	Автомобілі				
	ГАЗ 3302	ЗІЛ ММЗ 4505	МАЗ 5551	КРАЗ 65055	VOLVO FH 13.440
Кількість шин, одиниць	6	6	6	10	12
Розмір шин	185/75R16C	260-508 (9.00R20)	12,00R20 (320R508)	12,00R20 (320R-508)	315/70 R22,5(тягач)+ 385 / 65 R22.5(напівп ричіп)
Норма експлуатаційного пробігу автошин, тис. км.	80				
Ціна шини, грн.[24]	2900	7800	11500	11500	11500
Пробіг автомобілів за рік (існуючий варіант), км	57200	57200	143000	28600	62400
Пробіг автомобілів за рік (проектний варіант), км	28600	28600	57200	85800	91000
Витрати на автошини на рік (існуючий варіант), грн	12441	33462	123337,5	41112,5	107640
Витрати на автошини на рік (проектний варіант), грн.	6220,5	16731	49335	123337,5	156975

Існуючий варіант

$$B_{\text{ш}} = 12\,441 + 33\,462 + 123\,337,5 + 41\,112,5 + 107\,640 = 317\,993 \text{ грн}$$

Проектний варіант:

$$B_{\text{ш}} = 6\,220,5 + 16\,731 + 49\,335 + 123\,337,5 + 156\,975 = 352\,599 \text{ грн}$$

$$\Delta B_{\text{ш}} = 352\,599 - 317\,993 = 34\,606 \text{ грн.}$$

5. Витрати на технічне обслуговування та ремонт автомобілів визначаємо:

$$B_{\text{ТОР}} = 0,1 \sum_{i=1}^N B_{6i}, \quad (4.6)$$

де B_{6i} – балансова вартість i -го типу автомобіля, грн.

Таблиця 4.4 – Розрахунок витрати на технічне обслуговування та ремонт автомобілів

Стаття	Автомобілі				
	ГАЗ 3302	ЗІЛ ММЗ 4505	МАЗ 5551	КРАЗ 65055	VOLVO FH 13.440
Ціна автомобіля, грн.	138600	197400	252000	546000	1281000
Кількість, од (існуючий варіант)	2	2	5	1	1
Кількість, од (проектний варіант)	1	1	2	3	2
Норма витрати	0,1				
Витрати на технічне обслуговування та ремонт автомобілів (існуючий варіант), грн.	27720	39480	126000	54600	128100
Витрати на технічне обслуговування та ремонт автомобілів (проектний варіант), грн	13860	19740	50400	163800	256200

Існуючий варіант

$$B_{\text{ТОР}} = 27720 + 39480 + 126000 + 54600 + 128100 = 375900 \text{ грн}$$

Проектний варіант:

$$B_{\text{ТОР}} = 13860 + 19740 + 50400 + 163800 + 256200 = 504000 \text{ грн}$$

$$\Delta B_{\text{ТОР}} = 504000 - 375900 = 128100$$

Разом матеріальні витрати (існуючий варіант):

$$B_M = 5\,724\,368 + 572\,436,80 + 317\,993 + 375\,900 = 6\,990\,697,80 \text{ грн}$$

Разом матеріальні витрати (проектний варіант):

$$B_M = 5\,309\,668 + 530\,966,80 + 352\,599 + 504\,000 = 6\,697\,233,80 \text{ грн}$$

6. Амортизаційні відрахування визначаємо з річної норми, приймаємо 20% (Таблиці 4.5).

Таблиця 4.5 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Стаття	Автомобілі				
	ГАЗ 3302	ЗІЛ ММЗ 4505	МАЗ 5551	КРАЗ 65055	VOLVO FH 13.440
Ціна автомобіля, грн.[25]	138600	197400	252000	546000	1281000
Кількість, од (існуючий варіант)	2	2	5	1	1
Кількість, од (проектний варіант)	1	1	2	3	2
Балансова вартість автомобілів (існуючий варіант), грн.	277200	394800	1260000	546000	1281000
Балансова вартість автомобілів (проектний варіант), грн	138600	197400	504000	1638000	2562000
Норма амортизації	0,2				
Амортизаційні відрахування на рік (існуючий варіант), грн.	55440	78960	252000	109200	256200
Амортизаційні відрахування на рік (проектний варіант), грн.	27720	39480	100800	327600	512400

Амортизація (існуючий варіант):

$$A = 55440 + 78960 + 252000 + 109200 + 256200 = 751800 \text{ грн}$$

Амортизація (проектний варіант):

$$A = 27720 + 39480 + 100800 + 327600 + 512400 = 1008000 \text{ грн}$$

$$\Delta A = 1008000 - 751800 = 256200$$

7. Рівень загальновиробничих витрат становить близько 10 % від фонду заробітної плати водіїв, матеріальних витрат та витрат на амортизацію:

$$B_{\text{заг}} = (B_{\text{зп}} + B_{\text{м}} + A) \cdot H_{\text{ін}} \quad (4.7)$$

Існуючий варіант

$$B_{\text{заг}} = (4\,860\,384,57 + 6\,990\,697,80 + 751\,800) \cdot 0,10 = 1\,260\,288,24 \text{ грн}$$

Проектний варіант

$$B_{\text{заг}} = (4\,174\,677,19 + 6\,697\,233,80 + 1\,008\,000) \cdot 0,10 = 1\,187\,991,10 \text{ грн}$$

Економія загальновиробничих витрат

$$\Delta B_{\text{заг}} = 1\,260\,288,24 - 1\,187\,991,10 = 72\,297,14 \text{ грн/рік}$$

Таблиця 4.6 – Експлуатаційні витрати за існуючим та проектним варіантами

Статті витрат	існуючий	проектний	Абс.відхилення	Відн.відхилення
Заробітна плата водіїв, грн	4 860 384,57	4 174 677,19	-685 707,38	-14,11
Витрати на паливо, грн	5 724 368,00	5 309 668,00	-414 700,00	-7,24
Витрати на мастильні матеріали, грн	572 436,80	530 966,80	-41 470,00	-7,24
Витрати на автомобільні шини, грн	317 993,00	352 599,00	34 606,00	10,88
Витрати на ремонт та технічне обслуговування автомобілів, грн	375 900,00	504 000,00	128 100,00	34,08
Амортизація рухомого складу, грн	751 800,00	1 008 000,00	256 200,00	34,08
Загальновиробничі витрати, грн	1 260 288,24	1 187 991,10	-72 297,14	-5,74
Річні експлуатаційні витрати, грн	13 863 170,61	13 067 902,09	-795 268,52	-5,74

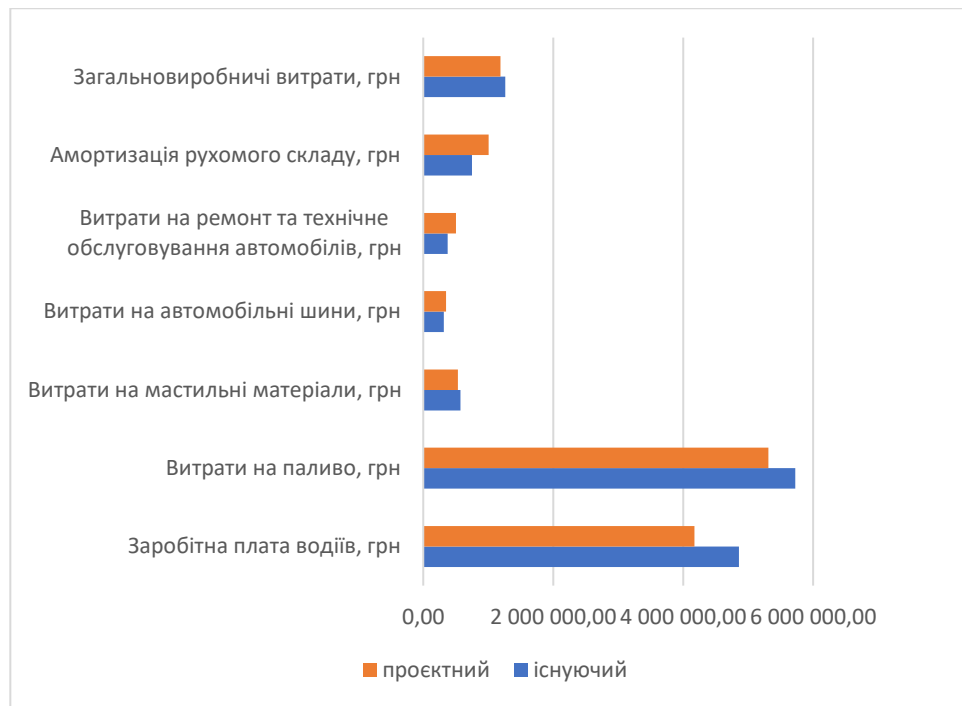


Рисунок 4.1 – Порівняння витрат за існуючим та проєктним варіантами

Виконано розрахунок річних експлуатаційних витрат за існуючим і проєктним варіантами з урахуванням оплати праці водіїв, витрат на паливо, мастильні матеріали, шини, ТОiP, амортизації та загальновиробничих витрат. Результати показали, що після оптимізації структури автопарку загальні річні експлуатаційні витрати зменшуються з 13 863 170,61 грн до 13 067 902,09 грн, тобто економічний ефект становить 795 268,52 грн/рік (–5,74%).

4.2 Розрахунок чистої поточної вартості проєкту оптимізації структури парку рухомого складу

У межах реалізації інвестиційного проєкту з оптимізації структури парку рухомого складу передбачається оновлення автомобільного парку підприємства. Зокрема, планується реалізація трьох вантажних автомобілів марки МАЗ 5551, що дозволить вивільнити фінансові ресурси та зменшити експлуатаційні витрати, пов'язані з утриманням морально та технічно застарілої техніки. Натомість передбачається придбання двох автомобілів

КРАЗ 65055 та одного автомобіля VOLVO FH 13.440 з напівпричепом, які характеризуються вищою вантажопідйомністю, кращими техніко-експлуатаційними показниками та більшою ефективністю при виконанні перевезень великих партій вантажів. Вартість автомобіля МАЗ 5551 становить 252 000 грн за одиницю, автомобіля КРАЗ 65055 — 546 000 грн за одиницю, а автомобіля VOLVO FH 13.440 — 1 281 000 грн за одиницю, що використовується у складі автопоїзда з напівпричепом. Така реструктуризація автопарку є економічно обґрунтованою та спрямована на підвищення продуктивності перевезень і зниження собівартості транспортних робіт у довгостроковій перспективі.

Капітальні вкладення відповідно дорівнюватимуть вартості автомобіля.

1. Виручка від продажу автомобілів МАЗ 5551

Ціна одного МАЗ 5551: 252 000 грн, а кількість авто для продажу: 3 од.

$$V_{\text{продаж}} = 3 \cdot 252\,000 = 756\,000 \text{ грн}$$

2. Витрати на придбання нових автомобілів

КРАЗ 65055 (546 000 грн) 2 од.

$$V_{\text{КРАЗ}} = 2 \cdot 546\,000 = 1\,092\,000 \text{ грн}$$

VOLVO FH 13.440 з напівпричепом (1 281 000 грн) 1 од.

$$V_{\text{VOLVO}} = 1\,281\,000 \text{ грн}$$

Загальні витрати на придбання автомобілів:

$$V_{\text{придб}} = 1\,092\,000 + 1\,281\,000 = 2\,373\,000 \text{ грн}$$

3. Чисті інвестиційні витрати проєкту

З урахуванням продажу трьох автомобілів МАЗ:

$$I = V_{\text{придб}} - V_{\text{продаж}} \quad (4.8)$$

$$I = 2\,373\,000 - 756\,000 = 1\,617\,000 \text{ грн}$$

Чисту поточну вартість пропонованого варіанту NPV визначимо за формулою [26]:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}, \quad (4.9)$$

де B_t – річні вигоди від впровадження проєкту в період t , грн

C_t – витрати на проєкт у рік t , грн;

i – ставка дисконту, приймаємо $i = 0,155$ [27];

n – тривалість (термін життя) проєкту. Приймаємо $n = 4$ роки.

Розрахунок чистої поточної вартості проєктного варіанту (наведено у Таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок чистої поточної вартості проєктного варіанту

Рік, t	Витрати, грн	Вигоди, грн.	Чисті вигоди, грн	Коефіцієнт дисконтування $1/(1+i)^t$	Дисконтовані чисті вигоди NPV, грн
1	-1617000	795268,52	-821731,5	1	-821731,48
2	–	795268,52	795268,52	0,87	691883,61
3	–	795268,52	795268,52	0,75	596451,39
4	–	795268,52	795268,52	0,65	516924,54
Чиста поточна вартість проєкту, грн.					983528,06

Проведений розрахунок чистої поточної вартості проєкту оптимізації структури парку рухомого складу свідчить про його економічну доцільність та інвестиційну привабливість. Попри значні початкові капітальні вкладення в обсязі 1 617 000 грн, отримані річні вигоди від зниження експлуатаційних витрат та підвищення продуктивності перевезень забезпечують позитивний фінансовий результат у середньостроковій перспективі. Позитивне значення чистої поточної вартості проєкту ($NPV = 983\,528,06$ грн) підтверджує ефективність запропонованого варіанту оновлення автопарку та обґрунтовує доцільність його впровадження в діяльність ТОВ «ЖИТЛОБУД-2».

Висновки до розділу 4

У четвертому розділі виконано комплексну оцінку економічної ефективності запропонованих заходів з удосконалення перевезень вантажів

ТОВ «ЖИТЛОБУД-2» шляхом оптимізації структури парку рухомого складу. Проведені розрахунки показали, що реалізація проектних рішень дозволяє суттєво знизити річні експлуатаційні витрати підприємства за рахунок скорочення фонду заробітної плати водіїв, витрат на паливо, мастильні матеріали та загальновиробничих витрат. Загальна економія річних експлуатаційних витрат становить 795,27 тис. грн або 5,74%, що свідчить про підвищення ефективності транспортної роботи.

Оцінка інвестиційного проекту оновлення парку рухомого складу дозволила встановити, що чиста поточна вартість проекту є додатною та становить 983,53 тис. грн за 4 роки. Таким чином, запропоновані заходи є економічно обґрунтованими, сприяють зниженню собівартості транспортних робіт, підвищенню продуктивності перевезень та можуть бути рекомендовані до впровадження в практичну діяльність підприємства.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи отримано наступні результати:

1. Проаналізовано діяльність ТОВ «ЖИТЛОБУД-2» — будівельного підприємства, що забезпечує доставку вантажів для своєї діяльності. Виконано аналіз фінансово-економічних показників за 2022–2024 рр. та встановлено, що показники підприємства відображають зростання як доходів, так і собівартості послуг, що актуалізує необхідність оптимізації витрат.

2. Досліджено структуру вантажів та напрями перевезень підприємства. Встановлено, що основні вантажі — будівельні матеріали, а напрями перевезень охоплюють Волинську, Рівненську, Львівську та Тернопільську області, що формує потребу у використанні автомобілів різної вантажопідйомності.

3. Проаналізовано парк рухомого складу ТОВ «ЖИТЛОБУД-2». Визначено, що на підприємстві експлуатуються автомобілі різної вантажопідйомності серед яких: ГАЗ 3302, ЗІЛ ММЗ 4505, МАЗ 5551, КрАЗ 65055, VOLVO FH 13.440.

4. На основі даних підприємства визначено параметри його вантажопотоків, а саме: середньодобовий вантажопотік становить 162,02 т/добу, коефіцієнт нерівномірності — 1,61, а розрахунковий добовий вантажопотік з урахуванням нерівномірності — 260,85 т/добу, що підтверджує значну нерівномірність перевезень.

5. Досліджено особливості організації перевезень будівельних вантажів та встановлено, що перевезення здійснюються переважно за маятниковими маршрутами зі зворотним порожнім пробігом, а порушення ритмічності доставки спричиняє простой техніки та зниження ефективності будівельних робіт, що обґрунтовує потребу у вдосконаленні транспортного процесу.

6. Обґрунтовано доцільність застосування сучасних підходів до управління перевезеннями, зокрема цифрових технологій, методів машинного навчання, Інтернету речей і блокчейн-рішень, які можуть забезпечити прогнозування попиту, адаптивне управління маршрутами, контроль навантажувально-розвантажувальних операцій і підвищення прозорості логістичних процесів.

7. Виконано статистичне обґрунтування оптимізації структури парку рухомого складу на основі даних щодо обсягів партій вантажу. Встановлено, що розподіл обсягів партій описується логнормальним законом розподілу. Це дозволило визначити ймовірності надходження заявок за вантажопідйомністю автомобілів.

8. Визначено ймовірнісну структуру попиту на перевезення за типами автомобілів. Встановлено, що найбільша частка заявок припадає на перевезення автомобілями КрАЗ 65055 (0,4974) та МАЗ 5551 (0,2674). Ймовірність залучення ГАЗ 3302 є мінімальною (0,0054), що підтверджує його допоміжну роль; для VOLVO FH 13.440 визначено ймовірності перевезень за одну та дві їздки (0,0743 та 0,0073 відповідно).

9. Розраховано добову продуктивність транспортних засобів: ГАЗ 3302 — 5,83 т/добу; ЗІЛ ММЗ 4505 — 22,84 т/добу; МАЗ 5551 — 39,19 т/добу; КрАЗ 65055 — 62,46 т/добу; VOLVO FH 13.440 — 20,60 т/добу.

10. Визначено оптимальну структуру парку: 1 ГАЗ 3302, 1 ЗІЛ ММЗ 4505, 2 МАЗ 5551, 3 КрАЗ 65055 та 2 VOLVO FH 13.440, що узгоджується з ймовірнісним розподілом заявок.

11. Оцінено економічний ефект від оптимізації структури парку рухомого складу. Встановлено, що річні експлуатаційні витрати зменшуються на 795,27 тис. грн/рік або 5,74%, що підтверджує підвищення ефективності транспортної роботи підприємства.

12. Проведено оцінку інвестиційної привабливості проєкту оновлення автопарку. Визначено чисті інвестиційні витрати проєкту в обсязі 1 617 000 грн (з урахуванням продажу трьох МАЗ 5551 та придбання двох КрАЗ 65055 і

одного VOLVO FH 13.440 з напівпричепом). Розрахунок показав, що чиста поточна вартість (NPV) за 4 роки становить 983 528,06 грн. Отже, проєкт є економічно доцільним і може бути рекомендований до впровадження в діяльність ТОВ «ЖИТЛОБУД-2».

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. YouControl. ТОВ «ЖИТЛОБУД-2». URL: https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/01274350/ (дата звернення: 16.10.2025).
2. List.in.ua. ТОВ «Житлобуд-2» (м. Луцьк). URL: <https://list.in.ua/%D0%A2%D0%9E%D0%92/178711/%D0%96%D0%B8%D1%82%D0%BB%D0%BE%D0%B1%D1%83%D0%B4-2-%D0%9B%D1%83%D1%86%D1%8C%D0%BA> (дата звернення: 16.10.2025).
3. OpenDataBot. ТОВ «ЖИТЛОБУД-2». URL: <https://opendatabot.ua/c/01274350> (дата звернення: 16.10.2025).
4. ТОВ «ЖИТЛОБУД-2». Офіційний сайт. URL: <http://www.zb2.com.ua/> (дата звернення: 17.10.2025).
5. AUTO.RIA. Технічні характеристики автомобіля ЗІЛ ММЗ 4505. URL: <https://auto.ria.com/uk/car/zil/mmz-4505/tth/> (дата звернення: 18.11.2025).
6. KievSpecteh. Самоскид КрАЗ-65055. URL: <https://kievspecteh.com/catalog/kraz/samoskid-kraz-65055> (дата звернення: 18.11.2025).
7. Autoline. Огляд тягача VOLVO FH 13.440. URL: <https://autoline.ua/blog/volvo-fh-13-ohliad-tiahacha/> (дата звернення: 18.11.2025).
8. Босняк М. Г. Вантажні автомобільні перевезення : навчальний посібник. Київ : Видавничий дім «Слово», 2010. 408 с.
9. Мурований І. С. Основи теорії транспортних процесів і систем : конспект лекцій. Луцьк : РВВ ЛНТУ, 2019. 97 с.
10. AgroReview. Обсяг будівельних робіт в Україні зріс. URL: <https://agroreview.com/content/obsyag-budivelnyh-robit-ukrayini-zris> (дата звернення: 19.10.2025).
11. Дзеркало. Очікується зростання будівельної галузі у 2025 році на 16 %: аналіз ринку і прогноз. URL: <https://dzerkalo.te.ua/biznes/resursy-dlya->

biznesu/na-16-ochikuyetsya-zrostannya-budivelnoyi-galuzi-u-2025-rocz-analiz-rynku-i-prognoz-na-nastupnyj-rik/ (дата звернення: 19.10.2025).

12. Рублюк Б. Напрями удосконалення транспортного процесу доставки будівельних матеріалів // Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії : тези V студентської наук.-техн. конф. Луцьк : ЛНТУ, 2025. С. 311–314.
13. Reducing Operational Costs through Fleet Optimization. International Journal of Science and Advanced Technology (IJSAT). 2022. Vol. 12, No. 1. URL: <https://www.ijstat.org/papers/2022/1/1171.pdf> (дата звернення: 20.10.2025).
14. Brusselaers N., Hjorth S., Fredriksson A., Gundlegård D. The potential of machine learning modeling to predict urban construction transport demand // Smart and Sustainable Built Environment. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1108/SASBE-12-2024-0558>.
15. Mvubu M., Naude M. Blockchain in the logistics sector: A systematic literature review of benefits and constraints // Journal of Transport and Supply Chain Management. 2024. Vol. 18. DOI: <https://doi.org/10.4102/jtscm.v18i0.1068>.
16. Ateeq M., Zhang N., Zhao W., Gu Y., Wen Z., Zheng C., Hao J. Enhancing Construction Waste Transportation Management Using IoT // Buildings. 2025. Vol. 15(8), 1381. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings15081381>.
17. Kumar A., Shoghli O. A Review of IoT Applications in Supply Chain Optimization of Construction Materials. ISARC, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22260/ISARC2018/0067>.
18. Мурований І., Рублюк Б. Сучасні підходи до удосконалення транспортного процесу доставки будівельних матеріалів // Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем : тези VI Всеукр. наук.-техн. інтернет-конф. Рівне : НУВГП, 2025. С. 244–246.
19. Горяїнов О. М. Вантажні перевезення : конспект лекцій. Харків : ХНАМГ, 2009. 109 с.

20. Дмитриченко М. Ф., Яцківський Л. Ю., Ширяєва С. А., Докунікін В. З. Основи теорії транспортних процесів і систем : навчальний посібник. Київ : Видавничий дім «Слово», 2009. 336 с.
21. Google Colab. URL: <https://colab.google/> (дата звернення: 20.10.2025).
22. Ідентифікація закону розподілу. Електронна бібліотека ЛНТУ. URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/%D0%95%D0%9D%D0%9F_%D0%AF%D0%BA%D0%B8%D0%BC%D1%87%D1%83%D0%BA_%D0%A1%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BF%D0%B8%D0%BD%D0%B0/page31.html (дата звернення: 20.11.2025).
23. Дмитрієв І. А., Іванілов О. С., Шевченко І. Ю., Кирчата І. М. Економіка підприємств автомобільного транспорту : навчальний посібник. Харків : ФОП Бровін О. В., 2018. 308 с.
24. InfoShina. Ціни на шини 315/80 R22,5. URL: <https://infoshina.com.ua/uk/search?q=315%2F80%20R22%2C5> (дата звернення: 10.11.2025).
25. AUTO.RIA. Ціни на автомобілі ГАЗ 3302. URL: <https://auto.ria.com/uk/car/gaz/3302-gazel/price/> (дата звернення: 10.11.2025).
26. Національний банк України. Облікова ставка НБУ. URL: <https://bank.gov.ua/ua/monetary/archive-rish> (дата звернення: 10.11.2025).
27. Майорова Т. В. Інвестиційна діяльність : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2009. 472 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1 – Дані про роботу про обсяг перевезень автомобілями, т

Дні	ГАЗ 3302	ГАЗ 3302	ЗІЛ ММЗ 4505	ЗІЛ ММЗ 4505	МАЗ 5551	МАЗ 5551	МАЗ 5551	МАЗ 5551	МАЗ 5551	КРАЗ 65055	VOLVO FH 13.440
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,2		5,4	3,5	8,7	8,9	8,4	8,1	8,2	10,8	20,6
1			5,8	5,9	7,4	8,9	8,9	9	8,3	14,4	
1					8,1	9	7,2	8,3	8,5	11,1	
					9,1						
2		1,5	4,4	4,8	8,1	6,7	8,7	6,7	9,1	12,6	10,2
2				5,4	7,9	7,3	7,3	8,5	6,7	15,5	
2			5,5	4,5	8,2	9	6,7	8,5	9	12,3	
					6,4	7	7,7	7,2			
3	1		5,9	5,1	7,2	9,1	7,1	4,8	9	10,4	18,9
3					8,4	8,1	6,7	9	9	11,4	
3				5,7	6,7	8,2	8,3	8,5	8,4	15,8	
					6,8	7,3					
4		0,3	4,6	5,4	9	9,1	9,1	8,1	9	13,9	21,8
4					6,7	8	7,2	9	8,4	14,1	
					8,4	7,8	7,9	7,1	9		
5			4,7	4,6	9	8,5	9,1	8,2	9	10,5	19,7
6			6		8,4	8	9	8,1	9,1	12,7	
7			5,5	5,2	9,1	9	9	8,4	9	10,8	
8	1,6		4,9	4,9	8,1	9,1	6,4	9	8	11,1	
9			4,9	4,8	8,5	9,1	6,5	8,4	9	14,6	
9			5,9	5,9	9	8,3	9,1	9	9,1	12,5	
10			3,6	4,4	8,3	9	8,4	8,5	8,2	10,7	
11			5,6		9	9,1	8,6	9	9,1	13,9	
12				5,7	9,1	6,5	9	9	9		
12	0,9		5,1	5,8	6,7	8,4	9	8,1	9	18,4	
12			5,9	5,9	9	8,2	9,1	9	9	12,9	
13			5,4	3,6	8	9	8,4	9,1	8,2		
14		1,3	3,4	4,7	8,5	6,7	9	6,5	8,4	11,4	20,9
15					6,5	9,1	8,1	9	8	13,7	
15	1,1		4,5	3,6	9,1	9	6,7	8,5	9	10,6	21,5
15					8,5	9	9,1	8,4	8,5	13,7	
16	1,4		4,8	5,9	9	8,4	9,1	8,3	9	16	
16			2,7	6	5,1	8	6,4	9	8,2	12,4	17,9
16			5,9	5,5	8	9	8,2	8,5	8,1	11,5	
17			5,4	5,9	9	8,2	9,1	6,5	9	10,8	
17				5,4	8,1	9	6,5	6,7	9		
18	1,5		2	5,9	9,1	9	6,7	6,5	9	12,1	20,1

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
18			4,3	5,7	9	8,3	8,3	8,4	9,1	10,5	11,5
19	1		2,3	4,9	8,5	8,1	8,5	8,9	9	10,2	12,8
19					8,2	9	9,1	8,5	8	11,4	
19		1,1	5,4		9	8,9	8,5	8,1	8,3		13,4
20	0,8	0,9	3,2	4,6	9	6,5	8,9	8,1	9	15,9	12,4
20				5,9	8,5	8	8,3	9	8,1	11,6	
20			4,8	5,4	8,2	6,5	9	8,2	8,9	12,5	15,6
20			5,6	5,5	8,5	8,1	7,4	8	8,4	14,5	
20			5,7	5,6	8,4	6,4	7	9	8	15,5	
20					7,4	7	8,9	8,1	9		
20			5,1		9	6,5	6,1	7,7	6,8	10,1	
20					7,1						
21	1,3		4,9	5,2	6,7	9	6,7	8,3	9	16	21,9
21	0,7		5,7	4,7	4,9	7,1	6,5	4,5	8,3	11,4	14,3
21			5,1	5,9	7	8,7	6,7	8,2	9,1	15	
21				3,6	8,7	7,2	9	8	6,5	10,6	
22	1,2		3,1	5,6	8,4	6,4	6,7	9	8,2	15,6	19,4
22				5,7	7,9	6,5	8,9	9	8,4	13,4	
22				5,1	8,4	9	7	8,4	9		
22		1,4			5,8	8,3	7,1	9	8,9	12,4	20,3
22					7,2	6,2	7,2	8,9			