

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та транспортної
інфраструктури

Кафедра транспортних систем і логістики

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
бакалавра

на тему: **Проектування організації перевезень на
міському автобусному маршруті з добовим обсягом
перевезень 8249 пасажирів**

Виконала: студентка 4 курсу, групи ТТ-2022-2
спеціальності 275 «Транспортні технології»,
освітньої програми «Транспортні технології
(міський транспорт)»

Васюга І. А.

Керівник: Бурко Д. Л.

Рецензент: Кошутков Д. М.

Харків - 2026 року

**Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова**

ННІ Енергетичної, інформаційної та транспортної інфраструктури

Кафедра Транспортних систем і логістики

Освітньо-кваліфікаційний рівень Бакалавр

Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»

студентства

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф. Куш Є. І.

20.06.2026 рік

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ**

Васюта Наталія Андріївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Проектування організації перевезень на
міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 8249
пасажирів

керівник проєкту (роботи) доц. Бурко Д. Л., к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «22» травня 2026 р.
№ 440-03.

Строк подання студентом проєкту (роботи) 14 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) теоретичні дослідження з аналізу
собівартості перевезень пасажирів, обсяги перевезень за попередній період,
параметри перевезень пасажирів на маршруті, інтенсивності руху на
перехресті.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) Вступ. Дослідження теоретичних положень. Проектування
процесу перевезення пасажирів на маршруті міського пасажирського
транспорту. Організація дорожнього руху на перехресті маршруту
перевезення пасажирів. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Основні положення і результати роботи представлені у електронному вигляді
з використанням офісного пакету PowerPoint

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання вклад	завдання прийняв
Аналіз існуючої ситуації	Ільїн, Андрій ІС І.І.Поліщук І.О.		

7. Дата видачі завдання 01.04.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз теоретичних положень	01.04-30.04.26	Виконано
2	Проектування процесу перевезення пасажирів на маршруті міського пасажирського транспорту.	01.05-14.06.26	Виконано
3	Організація дорожнього руху на перехресті маршруту перевезення пасажирів	15.05-31.05.26	Виконано
4	Оформлення пояснювальної записки	01.06-14.06.26	Виконано

Студентка

Васюга Н. А.

Підпис

Підписав та підписав

Керівник роботи

Бурко Д. Д.

Підпис

Підписав та підписав

Додаток
з вихідними даними до завдання та дипломний проект студентки
Васюга Н. А.

Таблиця 1 **Характеристики пасажиробміну зупиночних пунктів маршрута**

Прямий напрямок руху на маршруті			Зворотній напрямок руху на маршруті		
Номер зупиночного пункту	Кількість пасажирів		Номер зупиночного пункту	Кількість пасажирів	
	Зайшло	Вийшло		Вийшло	Зайшло
1	309	0	1	290	0
2	379	185	2	345	186
3	377	226	3	402	241
4	404	256	4	437	293
5	395	291	5	404	321
6	418	324	6	375	353
7	398	359	7	361	389
8	356	406	8	329	414
9	333	414	9	273	412
10	308	410	10	231	352
11	270	429	11	186	294
12	227	400	12	148	267
13	179	390	13	115	209
14	0	263	14	0	165
Всього	4353	4353	Всього	3896	3896

Таблиця 2 – **Коливання пасажиропотоків на маршруті протягом доби**

Година	Пасажиро-потік	Година	Пасажиро-потік	Година	Пасажиро-потік
5 - 6	312	11 - 12	208	17 - 18	935
6 - 7	831	12 - 13	312	18 - 19	623
7 - 8	1039	13 - 14	520	19 - 20	520
8 - 9	831	14 - 15	623	20 - 21	312
9 - 10	520	15 - 16	623	21 - 22	208
10 - 11	312	16 - 17	831	22 - 23	104

Таблиця 3 - Обсяги перевезень пасажирів на маршруті

Місяць	Обсяги перевезень пасажирів, тис. пас.		
	2023	2024	2025
Січень	180,1	211,8	202,1
Лютий	210,5	202,6	210,3
Березень	186,2	187,9	195,9
Квітень	187,3	183,5	215,4
Травень	201,9	184,3	186,9
Червень	182,7	205,7	181,9
Липень	188,4	212,3	204,3
Серпень	196,9	213,0	182,9
Вересень	199,0	211,6	215,5
Жовтень	185,0	195,8	197,1
Листопад	216,3	216,8	201,1
Грудень	190,6	193,5	213,6
Разом	2324,8	2418,9	2406,9

Таблиця 4 - Параметри маршруту та характеристики транспортного засобу

Параметр	Значення параметру
Довжина маршруту, км.	8,845
Загальна кількість зупиночних пунктів, од.	14
Довжина перегонів, км.	0,567; 0,859; 0,694; 0,814; 0,614; 0,967; 0,534; 0,491; 0,591; 0,478; 0,706; 0,785; 0,755
Місткість транспортного засобу, $q_{\text{п}}$, пас.	85
Кількість обертів на маршруті, $n_{\text{об}}$, од.	21
Пудловий пробіг, $L_{\text{п}}$, км.	12,5
Кількість проміжних зупиночних пунктів, од.	12
Час простою на проміжних зупиночних пунктах, с. (год.)	21 (0,0058)
Час простою на кінцевому зупиночному пункті, хв. (год.)	4 (0,006)

Продовження табл. 4

1	2
Експлуатаційна швидкість на маршруті, км/год.	20
Коефіцієнт дефіциту ТЗ на маршруті	1,0



Рисунок 2 Інтенсивності руху на перехресті

Студентка

Васюта Н. А.

(підпис)

Керівник роботи

Бурко Д. Д.

(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. 69 аркушів, 13 рисунків, 6 таблиць, 10 джерел, 1 додаток.

Предмет дослідження: перевезення пасажирів на міському автобусному маршруті.

Об'єкт дослідження: показники перевезень та організації дорожнього руху на перехресті маршруту.

Мета роботи: проектування організації перевезень на міському автобусному маршруті.

Методи дослідження: теоретичні, аналітичні, графічні, розрахункові, таблиці.

Отримані результати: розглянуті сучасні підходи до визначення собівартості перевезень пасажирів, визначена транспортна робота в обсязі – 6226,94 пас.км. та 4924,73 пас.км., середня відстань поїздки пасажирів – 1,43 км. та 1,26 км., коефіцієнт статичного використання місткості – 0,401 та 0,313, коефіцієнт динамічного використання місткості – 0,394 та 0,312, коефіцієнт заміюваності – 6,08 та 6,97. Сформований графік роботи автобусів та водіїв з коефіцієнтом ефективності 0,966, та максимальною кількістю автобусів на маршруті в годину-пік, що дорівнює одинадцяти одиницям. За рахунок збільшення тривалості основного такту в другій фазі з 10 до 14 с. пропорційно фазовим коефіцієнтам збільшено час основного такту в першій фазі з 13 до 18 с. Відповідно до цього час циклу також збільшено з 36 до 40 с., за часу тривалості якого середньозважена затримка руху транспортних потоків на перехресті буде дорівнювати 8,16 с.

Рекомендації з впровадження: теоретичне спрямування роботи не передбачає впровадження.

СОБІВАРТІСТЬ, АВТОБУС, МАРШРУТ, ПЕРЕХРЕСТЯ,
ЗАТРИМКИ РУХУ

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ПОЛОЖЕНЬ	9
1.1. Аналіз сучасних підходів до визначення собівартості перевезень пасажирів	9
1.2. Висновки по розділу	18
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ НА МАРШРУТІ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ	19
2.1. Прогнозування обсягів перевезень	19
2.2. Визначення показників перевезень пасажирів на маршруті	20
2.3. Визначення кількості автобусів для роботи на маршруті	28
2.4. Складання графіку роботи водіїв і транспортних засобів на маршруті	32
2.5. Висновки по розділу	33
РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ	37
3.1. Розрахунок параметрів світлофорного регулювання	37
3.2. Висновки по розділу	45
ВИСНОВКИ	46
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	48
ДОДАТОК А	49

ІНЖЕНЕР ТСУ ТТ 2022-2 ТТ ХХХ Х ПЗ

Зам.	Зам.	Зам.	Зам.	Зам.
Розроб.	Васюк Н. А.			
Перевір.	Курко Т. І.			
Н. Кондр.	Курко Т. І.			
Литератур.	Курко Т. І.			

Пояснювальні

Замітки

Лист	Лист	Лист
1	2	3

ХХХХХ

ВСТУП

В умовах сучасного розвитку міських транспортних систем питання забезпечення економічної ефективності пасажирських перевезень набуває особливої актуальності. Зростання вартості енергетичних ресурсів, необхідність оновлення рухомого складу, підвищення вимог до якості транспортного обслуговування населення та обмеженість фінансових ресурсів транспортних підприємств зумовлюють потребу в детальній дослідженні структури витрат і факторів, що впливають на формування собівартості перевезень. Саме показник собівартості є одним із ключових критеріїв оцінювання ефективності функціонування транспортного підприємства, оскільки відображає рівень використання наявних ресурсів та визначає економічну доцільність здійснення перевізного процесу.

Аналіз собівартості перевезень дозволяє встановити залежності між параметрами транспортної роботи та економічними результатами діяльності підприємства, визначити основні фактори зростання витрат і виявити резерви підвищення ефективності використання рухомого складу. Отримані результати можуть бути використані для обґрунтування управлінських рішень щодо оптимізації маршрутної мережі, удосконалення організації перевезень, підвищення рівня використання пасажиромісткості транспортних засобів та забезпечення економічної стійкості функціонування системи пасажирського транспорту.

Проектування організації перевезень на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 8249 пасажирів є актуальним завданням, з висвітленням в теоретичному розділі сучасних підходів до визначення собівартості перевезень пасажирів.

РОЗДІЛ I ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ПОЛОЖЕНЬ

1.1. Аналіз сучасних підходів до визначення собівартості перевезень пасажирів

Підходи до визначення собівартості перевезень пасажирів з позиції організації транспортного процесу ґрунтуються на комплексному аналізі взаємозв'язку між доходами, отриманими від надання транспортних послуг, та витратами, необхідними для забезпечення їх виконання [1, 2]. У сучасних умовах функціонування транспортних підприємств собівартість перевезень виступає одним із найважливіших економічних показників, який характеризує ефективність використання матеріальних, трудових і фінансових ресурсів під час здійснення перевізного процесу (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Взаємозв'язок собівартості і видів ресурсів транспортного підприємства

Особливістю пасажирських перевезень є значна залежність рівня витрат від параметрів організації руху транспортних засобів, характеристик маршрутної мережі, інтенсивності пасажиропотоків, технічного стану рухомого складу та режимів його експлуатації (рис. 1.2). У зв'язку з цим визначення собівартості повинно враховувати не лише прямі витрати, пов'язані зі споживанням паливно-енергетичних ресурсів, оплатою праці персоналу та технічним обслуговуванням транспортних засобів, але й непрямі витрати, зумовлені організацією управління перевезеннями, диспетчеризацією, інформаційним забезпеченням та підтриманням необхідного рівня транспортного сервісу [3,4].

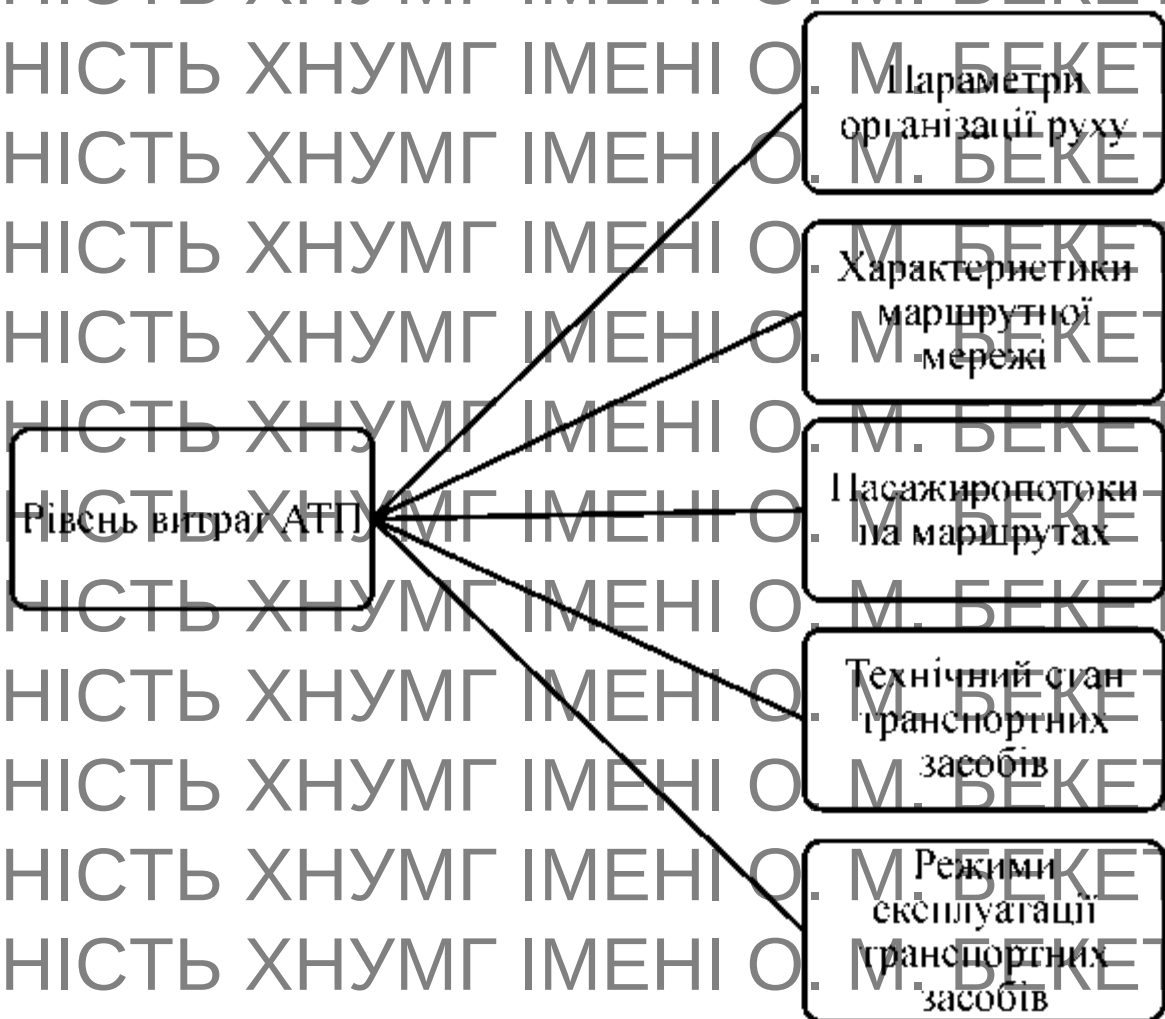


Рисунок 1.2 Чинники, що визначають витрати автотранспортного підприємства

З точки зору технології перевезень, важливим аспектом є встановлення залежності між обсягом транспортної роботи та величиною експлуатаційних витрат. Зі збільшенням пасажирообігу або кількості виконаних рейсів окремі складові витрат можуть змінюватися порівнянно, що обумовлює необхідність використання методів калькуляції собівартості за видами діяльності та окремими маршрутами. Такий підхід дозволяє виявити економічно ефективні та збиткові напрямки перевезень, оцінити вплив експлуатаційних факторів на фінансові результати діяльності підприємства та обґрунтувати управлінські рішення щодо оптимізації маршрутної мережі [5, 6].

В економічній практиці транспортних підприємств собівартість перевезень часто визначається шляхом розподілу сукупних експлуатаційних витрат на одиницю транспортної роботи, зокрема на один пасажиро-кілометр, місце-кілометр або рейс. При цьому рівень доходів від перевезень розглядається як критерій оцінки доцільності застосування певної технології перевезень та ефективності використання наявних виробничих ресурсів [7, 8]. Співставлення доходів і витрат дає змогу оцінити економічну результативність функціонування транспортної системи, визначити рівень рентабельності перевезень та встановити резерви для зниження витрат шляхом удосконалення технологічних процесів, підвищення продуктивності рухомого складу та раціоналізації організації праці водіїв на маршрутах.

Доходна складова діяльності підприємств пасажирського транспорту формується під впливом комплексу економічних та організаційних факторів, серед яких визначальне значення мають обсяги перевезень пасажирів, рівень тарифів на транспортні послуги та структура пасажиропотоку (рис. 1.3). Величина доходів безпосередньо залежить від кількості перевезених пасажирів, оскільки зі зростанням обсягів перевезень збільшується потенційна виручка від реалізації транспортних послуг. Воліючас ефективність формування доходів значною мірою визначається дією тарифною

політикою, яка повинна забезпечувати баланс між доступністю транспортних послуг для населення та економічною доцільністю функціонування перевізника [1, 2, 5].

Суттєвий вплив на рівень доходів підприємства здійснює структура пасажиропотоку за категоріями платоспроможності. Особливого значення набуває частка пасажирів пільгових категорій, які відповідно до чинного законодавства мають право на безоплатний або частково оплачуваний проїзд.

У таких випадках фактичні доходи перевізника можуть відрізнятися від потенційно можливих надходжень, розрахованих виходячи із загального обсягу перевезених пасажирів [4, 6]. Тому під час економічного аналізу діяльності транспортних підприємств необхідно враховувати не лише загальну кількість пасажирів, а і співвідношення між пасажирами, які сплачують повну вартість проїзду, та особами, що користуються пільгами.



Рисунок 1.3 Чинники, що визначають доходи від перевезень

Крім того, важливим фактором є механізм компенсації витрат перевізника з боку державних або місцевих органів влади за перевезення підготовчих категорій населення.

На відміну від доходів, витратна складова перевізного процесу визначається насамперед сукупністю технологічних характеристик організації пасажирських перевезень та параметрами функціонування маршрутної мережі. До таких чинників належать довжина маршрутів, кількість рейсів, інтервали руху транспортних засобів, режим роботи маршрутів, тип і місткість рухомого складу, технічний стан транспортних засобів, а також особливості дорожніх умов та інтенсивність транспортних потоків. Кожен із зазначених параметрів впливає на обсяги споживання ресурсів, необхідних для виконання транспортної роботи [5, 8].

Важливим елементом формування витрат є експлуатаційні показники роботи рухомого складу. Збільшення довжини маршруту або кількості оборотних рейсів призводить до зростання витрат на паливо чи електроенергію, технічне обслуговування, ремонт та оплату праці водіїв. Одночасно на рівень витрат впливають коефіцієнт використання місткості транспортних засобів, середня експлуатаційна швидкість руху та тривалість простоїв на маршруті (рис. 1.4). Низька ефективність використання рухомого складу може спричиняти збільшення питомих витрат на одиницю транспортної роботи навіть за незмінних обсягів перевезень.

Суттєве значення має також організація технологічного процесу перевезень, яка включає планування випуску транспортних засобів на лінію, диспетчерське управління рухом, контроль виконання графіків та забезпечення необхідного рівня транспортного обслуговування населення.

Рациональна організація зазначених процесів сприяє скороченню непродуктивних витрат, підвищенню продуктивності рухомого складу та зниженню собівартості перевезень. У зв'язку з цим оптимізація економічної ефективності пасажирських перевезень потребує комплексного врахування як

факторів формування доходів, так і сукупності технологічних та експлуатаційних чинників, що визначають рівень витрат підприємства [4, 7].



Рисунок 1.4 – Чинники, що визначають витрати на маршрутах перевезень пасажирів

Витратна складова пасажирських перевезень формується під впливом значної кількості взаємопов'язаних факторів, які характеризують як технічні параметри транспортних засобів, так і особливості організації транспортного процесу. Одним з основних чинників, що визначають рівень експлуатаційних витрат, є місткість рухомого складу, кількість транспортних засобів, задіяних на маршруті, характеристики маршрутної мережі, умови дорожнього руху та параметри пасажиропотоків у різні періоди доби [1-4].

Місткість транспортних засобів безпосередньо впливає на економічні показники перевізного процесу, оскільки визначає максимальну кількість пасажирів, яку може бути перевезено за один рейс. Використання транспортних засобів недостатньої місткості за умов високого попиту призводить до необхідності збільшення кількості рейсів або транспортних одиниць на маршруті, що супроводжується додатковими витратами. Водночас

застосування рухомого складу надмірної місткості за низького рівня завантаження може зумовлювати нерациональне використання ресурсів та підвищення итомих витрат на перевезення одного пасажирів.

Важливим фактором є також кількість транспортних засобів, що одночасно працюють на маршруті. Цей показник визначається величиною пасажиропотоку, встановленими інтервалами "руху" та нормативними вимогами до якості транспортного обслуговування. Збільшення кількості транспортних засобів дозволяє підвищити рівень доступності транспортних послуг та скоротити час очікування пасажирів, проте водночас спричиняє зростання витрат на оплату праці водіїв, технічне обслуговування, ремонт і забезпечення функціонування рухомого складу [5-7].

Суттєвий вплив на величину витрат мають параметри маршруту перевезень, зокрема його довжина, кількість зупинок, тривалість оборотного рейсу та конфігурація траси руху. Зі збільшенням довжини маршруту закономірно зростають витрати на паливо або електроенергію, амортизацію транспортних засобів і технічне обслуговування. Крім того, значна кількість зупиночних пунктів може призводити до зниження середньої експлуатаційної швидкості руху та збільшення часу виконання рейсів, що також впливає на загальний рівень експлуатаційних витрат.

Дорожні умови на маршрутах є ще одним важливим фактором, який визначає ефективність роботи пасажирського транспорту. Інтенсивність транспортних потоків, наявність заторів, якість дорожнього покриття, кількість регульованих перехресть та особливості організації дорожнього руху впливають на швидкість сполучення, витрати енергетичних ресурсів і технічний стан транспортних засобів. Неприятливі дорожні умови можуть спричиняти збільшення тривалості рейсів, підвищення витрат на технічне обслуговування та прискорене зношування основних вузлів і агрегатів рухомого складу.

Параметри пасажиропотоків, які змінюються протягом доби, також суттєво впливають на організацію перевезень та структуру витрат. Для періодів пікового попиту характерною є необхідність збільшення кількості транспортних засобів на маршрутах, тоді як у міжпикові години частина рухомого складу може виводитися з експлуатації. Така нерівномірність попиту потребує гнучкого управління транспортними ресурсами та врахування часових коливань пасажиропотоків під час планування роботи маршрутів [2, 3, 6].

Сукупний вплив зазначених факторів визначає величину пробігу транспортних засобів, який є однією з основних інтегральних характеристик транспортної роботи. Загальний пробіг відображає обсяг експлуатації рухомого складу та безпосередньо впливає на більшість складових витрат підприємства, включаючи витрати на паливо або електроенергію, амортизацію, технічне обслуговування, ремонт та оплату праці персоналу. Саме тому показник пробігу широко використовується під час економічного аналізу діяльності транспортних підприємств, розрахунку собівартості перевезень та оцінювання ефективності функціонування пасажирських транспортних систем.

Таким чином, проведений аналіз показує, що собівартість пасажирських перевезень є комплексним економічним показником, який відображає взаємозв'язок між результатами транспортної діяльності та ресурсами, витраченими на її забезпечення. Формування цього показника базується на оцінюванні доходів від перевезення пасажирів та сукупних експлуатаційних витрат, необхідних для організації та виконання транспортного процесу. Доходна складова визначається обсягами перевезень, рівнем встановлених тарифів, структурою пасажиропотоку та часткою пасажирів, які користуються правом безоплатного або пільгового проїзду. Водночас експлуатаційні витрати формуються під впливом технічних, технологічних та організаційних характеристик перевезень, серед яких найбільше значення мають параметри

маршрутної мережі, характеристики рухомого складу, інтенсивність пасажиропотоків, умови дорожнього руху та величина пробігу транспортних засобів [4, 5, 7].

Встановлено, що саме пробіг рухомого складу виступає інтегральним показником транспортної роботи, через який проявляється вплив більшості факторів організації перевезень на рівень витрат підприємства. Зміна довжини маршрутів, кількості рейсів, режимів роботи транспорту або нерівномірності пасажиропотоків безпосередньо відображається на величині пробігу, а отже, і на витратах на паливо чи електроенергію, технічне обслуговування, ремонт, оплату праці персоналу та амортизацію рухомого складу. Тому визначення собівартості перевезень повинно здійснюватися з урахуванням реальних умов експлуатації транспортних засобів та фактичних показників транспортної роботи.

З економічної точки зору собівартість перевезення одного пасажироміля являє собою вартісну оцінку витрат, що припадають на одиницю транспортної послуги. Її величина визначається шляхом співставлення сукупних експлуатаційних витрат із фактичним обсягом перевезених пасажирів за певний період часу. Такий підхід дозволяє не лише оцінити ефективність використання ресурсів транспортного підприємства, але й встановити залежність між організаційними параметрами перевезень та їх економічними результатами. Відповідно, показник собівартості є основою для розрахунку тарифів, прогнозування фінансових результатів діяльності перевізника, обґрунтування рішень щодо оптимізації маршрутної мережі та визначення напрямів підвищення ефективності функціонування системи пасажирських перевезень [1-8].

Особливого значення розрахунок собівартості набуває в умовах необхідності забезпечення балансу між соціальною доступністю транспортних послуг та економічною стійкістю транспортного підприємства.

За результатами оцінювання собівартості можуть бути визначені резерви

зниження витрат шляхом удосконалення технології перевезень, оптимізації випуску рухомого складу на маршрути, підвищення рівня використання пасажиромісткості транспортних засобів та покращення організації дорожнього руху. Таким чином, показник собівартості перевезення одного пасажирів виступає ключовим критерієм оцінювання економічної ефективності пасажирських перевезень і є базовою складовою для подальших розрахунків та обґрунтування управлінських рішень у сфері транспортного обслуговування населення.

1.2. Висновки по розділу

Перший розділ кваліфікаційної роботи присвячений аналізу собівартості перевезень пасажирів. Розглянуті механізми формування собівартості, під впливом витрат на перевізний процес. Також досліджені взаємозв'язок собівартості і видів ресурсів транспортного підприємства, чинники, що визначають витрати автотранспортного підприємства, чинники, що визначають доходи від перевезень, чинники, що визначають витрати на маршрутах перевезень пасажирів.

З економічної точки зору собівартість перевезення одного пасажирів являє собою вартісну оцінку витрат, що припадають на одиницю транспортної послуги. Її величина визначається шляхом співставлення сукупних експлуатаційних витрат із фактичним обсягом перевезених пасажирів за певний період часу. Такий підхід дозволяє не лише оцінити ефективність використання ресурсів транспортного підприємства, але і встановити залежність між організаційними параметрами перевезень та їх економічними результатами.

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ НА МАРШРУТІ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

2.1. Прогнозування обсягів перевезень

Прогнозування обсягів перевезень на транспортному підприємстві будь-якої форми господарювання є одним із ключових елементів процесу планування його виробничо-господарської діяльності. Основною метою такого прогнозування є визначення очікуваних обсягів надання транспортних послуг та оцінка майбутніх доходів від їх реалізації. Результати прогнозних розрахунків використовуються для формування фінансових планів підприємства, обґрунтування потреби в рухомому складі, оптимізації використання трудових і матеріально-технічних ресурсів, а також для підвищення ефективності управлінських рішень.

Стосовно пасажирських перевезень, прогнозування спрямоване на визначення майбутнього попиту населення на транспортні послуги з урахуванням соціально-економічних, демографічних та територіальних чинників. Важливими факторами, що впливають на обсяги пасажиропотоків, є чисельність населення, рівень його мобільності, особливості розселення, розвиток міської інфраструктури, рівень автомобілізації, а також сезонні та добові коливання транспортного попиту. На основі прогнозованих значень пасажиропотоків визначаються необхідна кількість транспортних засобів, раціональні режими їх роботи, параметри маршрутної мережі та економічні показники діяльності підприємства.

Таким чином, прогнозування обсягів пасажирських перевезень є важливим інструментом забезпечення стабільного функціонування транспортного підприємства, оскільки дозволяє своєчасно адаптувати виробничі потужності до змін попиту, підвищувати якість транспортного

обслуговування населення та забезпечувати економічну ефективність діяльності перевізника.

Виконуємо прогнозування обсягів перевезень на період 2026 року на основі тенденцій зміни цього параметру за 2023-2025 рр. Отримуємо наступні дані (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Прогнозовані обсяги перевезень пасажирів

2.2. Визначення показників перевезень пасажирів на маршруті

Визначаємо основні показники перевезень пасажирів на представленому маршруті, що складається з 14 зупиночних пунктів, і, відповідно, 13 перегонів.

Вихідні дані для визначення показників перевезень представлені в додатку до завдання.

Спершу визначаємо обсяги перевезень на маршруті [9].

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_2 = \sum_{j=1}^m Q_3. \quad (2.1)$$

$$Q_{up} = 309 + 379 + 377 + 404 + 395 + 418 + 398 + 356 + 333 + 308 + 270 + 227 + \\ + 179 + 0 + 0 + 185 + 226 + 256 + 291 + 324 + 359 + 406 + 414 + 410 + \\ + 429 + 400 + 390 + 263 = 4353 \text{ пас./доб.}$$

$$Q_{in} = 165 + 209 + 267 + 294 + 352 + 412 + 414 + 389 + 353 + 321 + 293 + 241 + \\ + 186 + 0 + 0 + 115 + 148 + 186 + 231 + 273 + 329 + 361 + 375 + 404 + \\ + 437 + 402 + 345 + 290 = 3896 \text{ пас./доб.}$$

Сума обсягів за напрямками складе [9]:

$$Q = 4353 + 3896 = 8249 \text{ пас./доб.}$$

Визначимо пасажиропотоки на перегонах за відомими формулами з урахуванням пасажиробікту зупинок маршруту в прямому напрямку [9]:

$$q_{cat1} = 0 + 309 = 309 \text{ пас.}, \quad q_{cat2} = 309 + 379 + 185 = 503 \text{ пас.},$$

$$q_{cat3} = 503 + 377 + 226 = 654 \text{ пас.}, \quad q_{cat4} = 654 + 404 + 256 = 801 \text{ пас.},$$

$$q_{cat5} = 801 + 395 + 291 + 906 \text{ пас.}, \quad q_{cat6} = 906 + 418 + 324 + 1000 \text{ пас.},$$

$$q_{cat7} = 1000 + 398 + 359 = 1039 \text{ пас.}, \quad q_{cat8} = 1039 + 356 + 406 = 989 \text{ пас.},$$

$$q_{cat9} = 989 + 333 + 414 + 908 \text{ пас.}, \quad q_{cat10} = 908 + 308 + 410 + 806 \text{ пас.},$$

q_{caid1} 806-270-429 647 пас.;

q_{caid2} 647-227-400 474 пас.;

q_{caid3} -474/179-390-263 пас.

Аналогічним чином визначаються пасажиропотоки для зворотного напрямку. Результати визначення представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Кількість пасажирів на перегонах маршруту

Прямий напрямок руху		Зворотний напрямок руху	
Ділянка маршруту	Пасажиропотік, пас./добу	Ділянка маршруту	Пасажиропотік, пас./добу
1	309	1	290
2	503	2	449
3	654	3	610
4	802	4	754
5	906	5	837
6	1000	6	859
7	1039	7	834
8	989	8	746
9	908	9	607
10	806	10	486
11	647	11	378
12	474	12	259
13	263	13	165

Представляємо графічно значення табл. 2.1 на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Значення пасажиропотоків на платформах

Транспортна робота може бути визначена як [9]:

$$W_{\text{тр}} = \sum_{i=1}^n q_{i,\text{плат}} \cdot l_i, \quad (2.2)$$

$$W'_{\text{тр}} = 309 \cdot 0,557 + 503 \cdot 0,859 + 654 \cdot 0,694 + 802 \cdot 0,814 + 906 \cdot 0,614 + \\ + 1000 \cdot 0,967 + 1039 \cdot 0,534 + 989 \cdot 0,491 + 908 \cdot 0,591 + 806 \cdot 0,478 + \\ + 647 \cdot 0,706 + 474 \cdot 0,785 + 263 \cdot 0,755 = 6223,94 \text{ пас} \cdot \text{км.}$$

$$W''_{\text{тр}} = 290 \cdot 0,557 + 449 \cdot 0,859 + 610 \cdot 0,694 + 754 \cdot 0,814 + 837 \cdot 0,614 + \\ + 859 \cdot 0,967 + 831 \cdot 0,534 + 746 \cdot 0,491 + 607 \cdot 0,591 + 486 \cdot 0,478 + \\ + 378 \cdot 0,706 + 259 \cdot 0,785 + 165 \cdot 0,755 = 4924,73 \text{ пас} \cdot \text{км.}$$

Сумарна транспортна робота за двадцять один оберт складе:

$$W_{\text{сб}} = 6223,94 + 4924,73 = 11148,67 \text{ пас} \cdot \text{км.}$$

Середня дальність подішки визначається на основі показників рейсів з

додатку так:

$$l_{\text{ст}} = \frac{W}{Q}, \quad (2.3)$$

$$l_{\text{ст}} = \frac{6223,94}{3484} = 1,43 \text{ км},$$

$$l_{\text{ст}} = \frac{4924,73}{3896} = 1,26 \text{ км}.$$

Коефіцієнт використання місткості салону автобусу статичний [9]:

$$\gamma_{\text{ст}} = \frac{1}{n} \cdot \sum \frac{q_{\text{ст.н}}}{q_{\text{н}} \cdot n_{\text{н}}}, \quad (2.4)$$

$$\gamma_{\text{ст.пробний}} = \frac{1}{13 \cdot 85 \cdot 21} \cdot (309 + 503 + 654 + 802 + 906 + 1000 +$$

$$+ 1039 + 989 + 908 + 806 + 647 + 474 + 263) = 0,401,$$

$$\gamma_{\text{ст.пробний}} = \frac{1}{13 \cdot 85 \cdot 21} \cdot (290 + 449 + 610 + 754 + 837 + 859 +$$

$$+ 831 + 746 + 607 + 486 + 378 + 259 + 165) = 0,313.$$

Коефіцієнт використання місткості салону автобусу динамічний [9]:

$$\gamma_{\text{д}} = \frac{W}{l_{\text{ст}} \cdot q_{\text{н}} \cdot n_{\text{н}}}. \quad (2.5)$$

$$\gamma_{\text{середн}} = \frac{6223,94}{8,845 \cdot 85 \cdot 21} = 0,394$$

$$\gamma_{\text{середн}} = \frac{4924,73}{8,845 \cdot 85 \cdot 21} = 0,312$$

Коефіцієнт змінюваності визначається так [9]:

$$\eta = \frac{l_{\text{в}} \cdot \gamma_{\text{с}}}{l_{\text{г}} \cdot \gamma_{\text{г}}}, \quad (2.6)$$

$$\eta_{\text{с}} = \frac{8,845 \cdot 0,394}{1,43 \cdot 0,401} = 6,08$$

$$\eta_{\text{г}} = \frac{8,845 \cdot 0,312}{1,26 \cdot 0,313} = 6,97$$

Коефіцієнт використання пробігу на маршруті [9]:

$$\beta = \frac{2 \cdot l_{\text{н}} \cdot n_{\text{н}}}{2 \cdot l_{\text{н}} \cdot n_{\text{н}} + 2 \cdot l_{\text{г}}}, \quad (2.7)$$

де $l_{\text{н}}$ - довжина нульового пробігу, км.

$$\beta = \frac{2 \cdot 8,845 \cdot 21}{2 \cdot 8,845 \cdot 21 + 2 \cdot 12,5} = 0,94$$

Визначається час обороту [9]:

$$t_{об} = \frac{2 \cdot l_{ли}}{V_{ср}}, \quad (2.8)$$

$$t_{об} = \frac{2 \cdot 8,845}{20} = 0,8845 \text{ год.}$$

Визначимо швидкості руху транспортних засобів на маршруті технічну та епопучення:

$$V_{т} = \frac{l_{ли}}{t_{ли}} = \frac{2 \cdot l_{ли}}{t_{ли} - 2 \cdot n_{ост} \cdot t_{ост} - 2 \cdot t_{ост}}, \quad (2.9)$$

$$V_{ср} = \frac{l_{ли}}{t_{ли}} = \frac{2 \cdot l_{ли}}{t_{ли} - 2 \cdot t_{ост}}, \quad (2.10)$$

$$V_{т} = \frac{2 \cdot 8,845}{0,8845 - 2 \cdot 12 \cdot 0,0058 - 2 \cdot 0,066} = 28,94 \text{ км/год.},$$

$$V_{ср} = \frac{2 \cdot 8,845}{0,8845 - 2 \cdot 0,066} = 23,6 \text{ км/год.}$$

Визначаємо продуктивність транспортних засобів за рейс в пасажірах ($P_{л}$, пас./год.) та пасажиро-кілометрах за годину ($P_{в}$, пас.·км./год.) [9]:

$$P_{л} = \frac{q_{ли} \cdot \gamma_{ли} \cdot \eta \cdot V_{ср} \cdot \beta}{t_{ли} - t_{ост} \cdot \beta \cdot (n_{ост} \cdot t_{ост} + t_{ост})}, \quad (2.11)$$

$$P_{\text{п}} = \frac{q_{\text{п}} \cdot \gamma_{\text{п}} \cdot V_{\text{п}} \cdot \beta \cdot l_{\text{п}}}{l_{\text{п}} - V_{\text{п}} \cdot \beta \cdot (n_{\text{п}} \cdot t_{\text{п}} + t_{\text{п}})} \quad (2.12)$$

$$P_{\text{п}}^{\text{переміщення}} = \frac{85 \cdot 0,407 \cdot 6,08 \cdot 28,94 \cdot 0,94}{8,845 + 28,94 \cdot 0,94 \cdot (12 \cdot 0,0058 - 0,066)} = 448,9 \text{ пас./год.}$$

$$P_{\text{п}}^{\text{зупинка}} = \frac{85 \cdot 0,313 \cdot 6,97 \cdot 28,94 \cdot 0,94}{8,845 + 28,94 \cdot 0,94 \cdot (12 \cdot 0,0058 - 0,066)} = 401,8 \text{ пас./год.}$$

$$P_{\text{п}}^{\text{переміщення}} = \frac{85 \cdot 0,394 \cdot 28,94 \cdot 0,94 \cdot 8,845}{8,845 + 28,94 \cdot 0,94 \cdot (12 \cdot 0,0058 + 0,066)} = 641,9 \text{ пас} \cdot \text{км./год.},$$

$$P_{\text{п}}^{\text{зупинка}} = \frac{85 \cdot 0,312 \cdot 28,94 \cdot 0,94 \cdot 8,845}{8,845 - 28,94 \cdot 0,94 \cdot (12 \cdot 0,0058 + 0,066)} = 507,9 \text{ пас} \cdot \text{км./год.}$$

Визначаємо собівартість перевезень пасажирів в гривнях за пасажирів ($\Delta_{\text{п}}^{\text{п}} \cdot \text{грн./пас.}$) та в гривнях за пасажиро-кілометр ($S_{\text{п}}^{\text{п}} \cdot \text{грн./пас} \cdot \text{км.}$):

$$S_{\text{п}}^{\text{п}} = \frac{l_{\text{п}}}{q_{\text{п}} \cdot \gamma_{\text{п}} \cdot \beta} \cdot (C_{\text{зм}} + \frac{C_{\text{ст}}}{l_{\text{п}}}) \quad (2.13)$$

$$S_{\text{п}}^{\text{п}} = \frac{1}{q_{\text{п}} \cdot \gamma_{\text{п}} \cdot \beta} \cdot (C_{\text{зм}} + \frac{C_{\text{ст}}}{l_{\text{п}}}) \quad (2.14)$$

де $C_{\text{зм}}$ - змінні витрати, грн./км.;

$C_{\text{ст}}$ - сталі витрати, грн./год.

Змінні та сталі витрати залежно від місткості автобусу мають вигляд:

$$C_{\text{зм}} = 0,015 \cdot q_{\text{п}} \cdot \$, \quad (2.15)$$

$$C_{\text{м}} = 0,0498 \cdot q_{\text{м}} \cdot S, \quad (2.16)$$

де S – вартість однієї у.о., грн.

$$C_{\text{м}} = 0,015 \cdot 85 \cdot 45,0 = 57,38 \text{ грн./км.},$$

$$C_{\text{м}} = 0,0498 \cdot 85 \cdot 45,0 = 190,49 \text{ грн./год.},$$

$$S_{\text{справа}} = \frac{1,43}{85 \cdot 0,394 \cdot 0,94} \cdot \left(57,38 + \frac{190,49}{20} \right) = 3,04 \text{ грн./пас.},$$

$$S_{\text{справа}} = \frac{1,26}{85 \cdot 0,312 \cdot 0,94} \cdot \left(57,38 + \frac{190,49}{20} \right) = 3,39 \text{ грн./пас.},$$

$$S_{\text{справа}} = \frac{1}{85 \cdot 0,394 \cdot 0,94} \cdot \left(57,38 + \frac{190,49}{20} \right) = 2,12 \text{ грн./пас.км.},$$

$$S_{\text{справа}} = \frac{1}{85 \cdot 0,312 \cdot 0,94} \cdot \left(57,38 + \frac{190,49}{20} \right) = 2,68 \text{ грн./пас.км.}$$

2.3. Визначення кількості автобусів для роботи на маршруті

Кількість автобусів залежно від значень пасажиропотоків, що представлені в завданні, визначимо так [9]:

$$A_{\text{автоб}} = \frac{A_{\text{п-п}} \cdot t_{\text{м}}}{q_{\text{п}} \cdot \gamma}, \quad (2.17)$$

Для часу з 7⁰⁰ до 8⁰⁰ кількість автобусів складе 13:

$$A_{7-8} = \frac{1039 - 0,8845}{85 \cdot 1} \text{ од.}$$

Для інших годин роботи маршруту розрахунки проводимо аналогічно.
Результати представляємо в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 Розподіл пасажиропотоків та кількості автобусів за годинам доби

Діапазон часу	Значення пасажиропотоків, пас/год.	Кількість автобусів, од.
1	2	3
5-6	312	4
6-7	831	9
7-8	1039	11
8-9	831	9
9-10	520	6
10-11	312	4
11-12	208	3
12-13	312	4
13-14	520	6
14-15	623	7
15-16	623	7

Продовження табл. 2.2

1	2	3
16-17	831	9
17-18	935	10
18-19	623	7
19-20	520	6
20-21	312	4
21-22	208	3
22-23	104	2

За значеннями табл. 2.2 представляємо діаграми зміни відповідних параметрів (рис. 2.3 та рис. 2.4).



Рисунок 2.3 – Діаграма зміни пасажиропотоку на маршруті

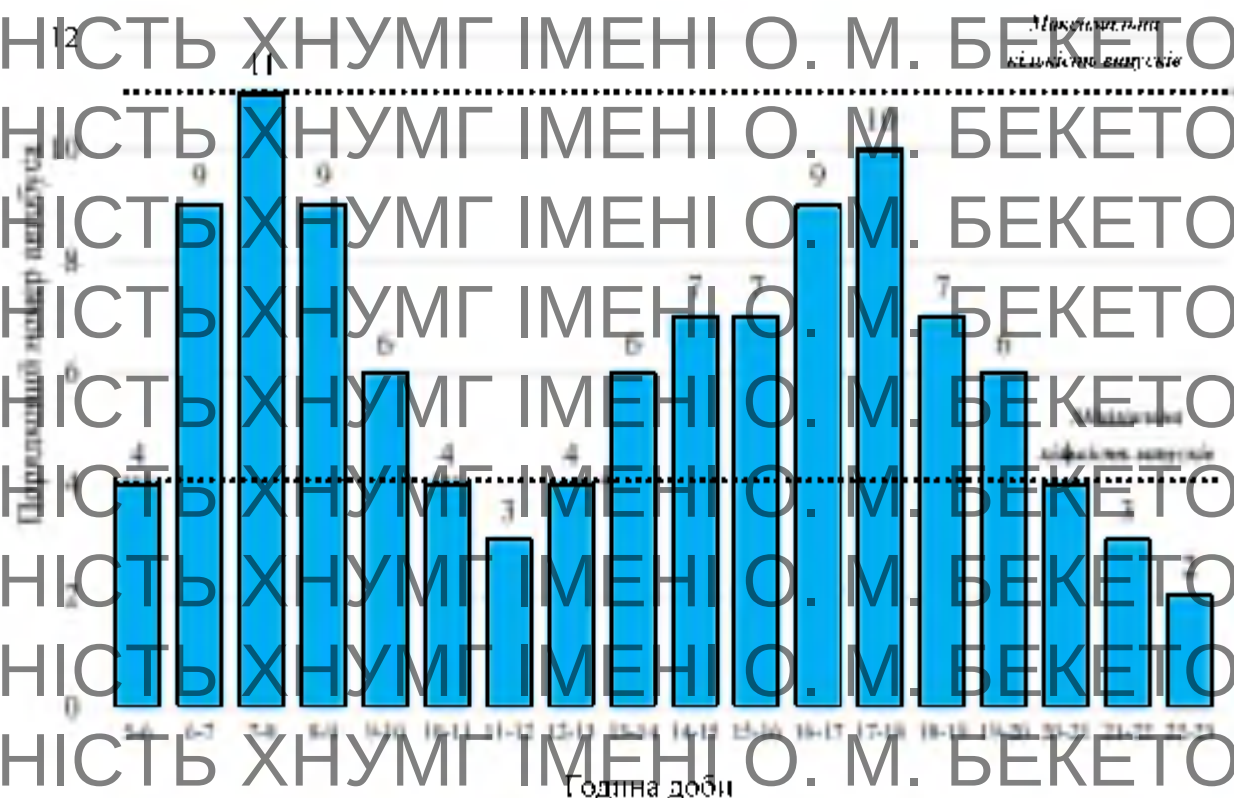


Рисунок 2.4 – Діаграма зміни автобусів на маршруті

Максимальну та мінімальну кількість автобусів на маршруті визначається так:

$$A_{max} = A_{min} \cdot K, \quad (2.18)$$

$$A_{min} = \frac{L}{l_{max}}, \quad (2.19)$$

$$A_{max} = 11 \cdot 1,0 = 11 \text{ од.}$$

$$A_{min} = \frac{53}{15} = 3,53 \approx 4 \text{ од.}$$

2.4. Складання графіку роботи водіїв і транспортних засобів на маршруті

Застосовуємо в графіку роботи водіїв два режими: перерваний та двозмісний. Особливості полягають в тому, що ці режими визначають різну кількість годин праці та відпочинку, а також кількість водіїв, які працюють на одному автобусі. Наводимо графік на рис. 2.5

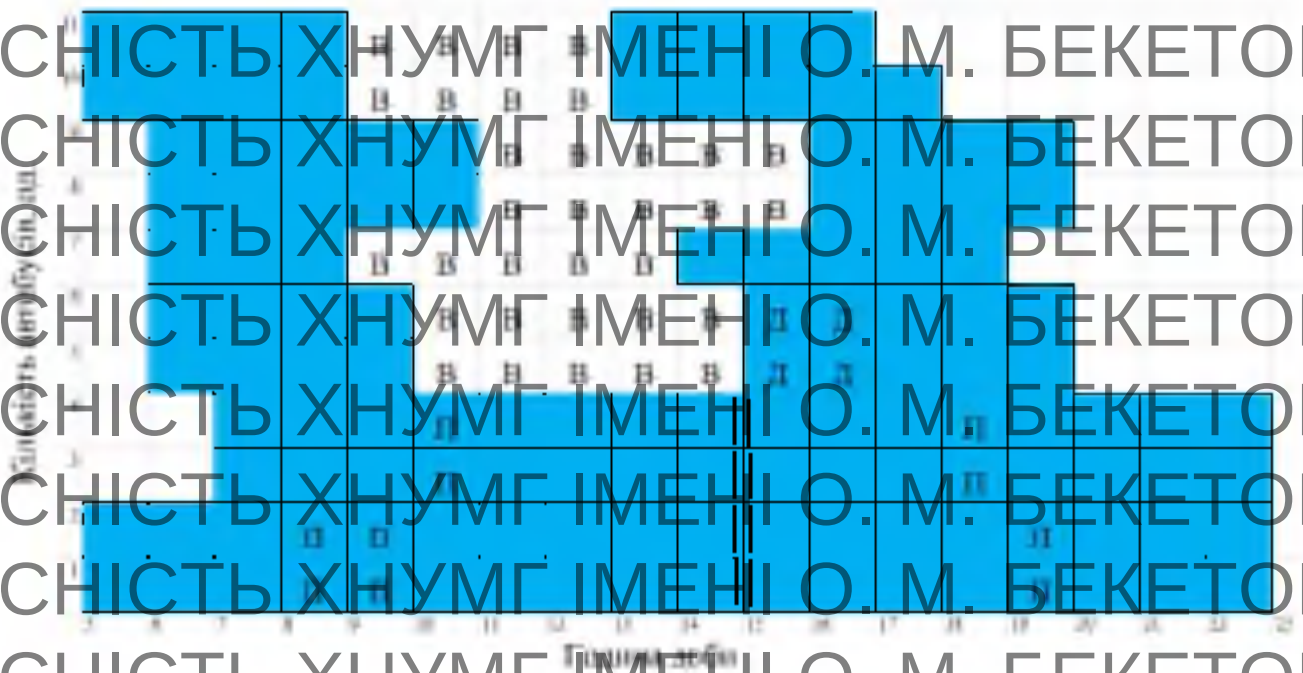


Рисунок 2.5 - Графік роботи водіїв і транспортних засобів

Визначасмо коефіцієнт ефективності графоаналітичної побудови для рис. 2.5:

$$K_{\text{еф}} = \frac{A_{\text{факт}}}{A_{\text{теор}}} \quad (2.20)$$

де $A_{\text{факт}}$ – автомобіле-години потрібні;

$A_{\text{теор}}$ – автомобіле-години побудовані.

$$K_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{15}{15+4}} = 0,966$$

Значення коефіцієнту є прийнятним для подальшого використання для розробки розкладу руху (табл. 2.3), що формується на основі стрічкового графіку руху (рис. 2.6).

2.5. Висновки по розділу

Виконання другого розділу роботи є закономірним завершенням процесу визначення основних технологічних показників перевезень пасажирів за напрямками на маршруті, зокрема транспортної роботи в об'язі – 6223,94 пас.·км. та 4924,73 пас.·км., середньої відстані поїздки пасажирів 1,43 км. та 1,26 км., коефіцієнта статичного використання місткості – 0,401 та 0,313, коефіцієнта динамічного використання місткості – 0,394 та 0,312, коефіцієнта змінюваності – 6,08 та 6,97. Розробка, в подальшому, розкладу руху на маршруті дозволила, попередньо, сформулювати графік роботи автобусів та водіїв з коефіцієнтом ефективності 0,966, та максимальною кількістю автобусів на маршруті в годину-пік, що дорівнює одинадцяти одиницям.

Таблиця 2.3 Доклад руху автобусів

Автобус №1		Автобус №2		Автобус №3		Автобус №4		Автобус №5		Автобус №6	
05:39	06:06	05:26	05:53	06:50	07:17	07:00	07:26	06:04	06:31	06:40	06:37
06:40	07:06	06:34	07:00	07:44	08:11	07:56	08:23	07:05	07:31	07:10	07:36
07:34	08:00	07:29	07:55	08:40	09:07	08:58	09:25	08:02	08:29	08:08	08:34
08:27	П	08:22	П	09:33	П	09:51	П	09:07	09:33	09:16	09:42
09:38	10:04	09:25	09:51	10:44	11:11	10:57	11:24	10:00	В	10:09	В
10:31	10:57	10:18	10:44	11:37	12:04	11:50	12:17	11:43	15:09	14:48	15:15
11:24	11:50	11:11	11:37	12:30	12:57	12:43	13:10	15:45	16:12	15:50	16:16
12:17	12:43	12:04	12:30	13:23	13:50	13:41	14:07	16:39	17:06	16:44	17:11
13:14	13:41	12:57	13:23	14:20	14:46	14:35	15:01	17:37	18:03	17:44	18:11
14:12	14:39	13:57	14:24	15:13	3м.	15:28	3м.	18:30	18:56	18:37	19:04
15:05	3м	14:50	3м	15:18	15:44	15:30	15:56	19:43	20:09	19:52	20:18
15:12	16:38	15:00	15:27	16:14	16:41	16:24	16:50	20:36	К	20:45	К
16:09	16:36	16:00	16:26	17:11	17:37	17:17	17:44				--
17:06	17:32	16:55	17:22	18:04	П	18:10	П				--
18:07	18:33	17:59	18:26	19:08	19:34	19:16	19:43				--
19:00	19:26	18:52	19:19	20:01	20:27	20:14	20:40				--
19:53	П	19:45	П	20:54	21:20	21:07	21:33				--
20:40	21:07	20:27	20:54	21:47	22:13	22:00	22:26				--
21:33	22:00	21:20	21:47	22:40	К						--
22:26	22:53	22:13	22:40	--	--	--	--				--
23:19	К	23:06	К	--	--	--	--				--

Продовження табл. 2.3

Автобус №7		Автобус №8		Автобус №9		Автобус №10		Автобус №11	
06:16	06:43	05:58	06:25	05:53	06:19	05:13	05:39	05:00	05:26
07:14	07:41	06:55	07:22	06:46	07:12	06:28	06:54	06:22	06:48
08:14	08:40	07:50	08:17	07:39	08:05	07:24	07:51	07:19	07:46
09:07	В	08:49	09:16	08:32	08:58	08:26	08:52	08:20	08:46
13:50	14:16	10:04	10:31	09:51	10:18	09:19	В	09:14	В
14:54	15:21	10:47	В	10:44	В	13:05	13:32	13:32	13:58
15:55	16:21	15:36	16:02	15:40	16:07	14:05	14:31	14:27	14:54
16:50	17:16	16:29	16:55	16:34	17:00	15:06	15:33	15:24	15:50
17:52	18:18	17:22	17:48	17:29	17:56	16:04	16:31	16:19	16:45
18:45	19:11	18:15	18:41	18:22	18:49	17:00	17:27	17:12	К
19:38	К	19:25	19:52	19:34	20:01	17:53	К	..	..
..	..	20:18	К	20:27	К	..	..	..	..

РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ МАРШРУТУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ

3.1. Розрахунок параметрів світлофорного регулювання

Вихідними даними для виконання розрахунків, пов'язаних з організацією та регулюванням дорожнього руху на досліджуваному перехресті, є значення інтенсивності транспортних потоків, наведені в додатку до завдання дипломного проекту (рис. 3.1). Інтенсивності подано у приведених одиницях за годину, що дозволяє використовувати їх як базові параметри для визначення режимів та розрахунку характеристик світлофорного регулювання.

На початковому етапі проєктування необхідно визначити оптимальну кількість фаз світлофорного регулювання, що забезпечить усунення конфліктних точок між транспортними та пішохідними потоками з високою інтенсивністю руху. З урахуванням структури та напрямків руху на перехресті прийнято двофазну схему світлофорного регулювання. У першій фазі здійснюється пропуск транспортних потоків №1, 2, 3, 4, тоді як у другій фазі потоків №5, 6, 7, 8. При повороті транспортні потоки №1, 2, 3, 4 поступаються дорогою в першій фазі руху пішохідним потокам, що рухаються ліворуч та праворуч від створу перехрестя. При повороті транспортні потоки №5, 6, 7, 8 поступаються дорогою в другій фазі руху пішохідним потокам, що рухаються зверху та знизу створу перехрестя. Схему пофазного роз'їзду транспортних потоків наведено на рис. 3.2 та 3.3.

Тривалість світлофорного циклу залежить від фазових коефіцієнтів, що визначаються так [10]:

$$Y_i = \frac{N_i}{M}, \quad (3.1)$$

Рисунок 3.1 – Значення інтенсивностей руху на перехресті



Рисунок 3.2 – Дозволені напрямки руху в першій фазі



Рисунок 3.3 Дозволені напрямки руху в другій фазі

де N — інтенсивність руху потоку певного напрямку, авт./год.

M — потік насичення певного напрямку, авт./год.

Потоки насичення на проектуваному перехресті визначають через добуток коефіцієнтів та значення базового потоку насичення $(525 \cdot B_{\text{баз}})$ [10]:

$$M_{\text{н}} = 525 \cdot B_{\text{н}} \cdot K_{\text{н}} \quad (3.2)$$

де $B_{\text{н}}$ - ширина смуги руху з якої відбувається рух відповідного потоку, м.

$K_{\text{н}}$ - коефіцієнт, що враховує розподіл інтенсивності руху за напрямками при русі з однієї смуги.

З урахуванням розподілу потоків за напрямками для потоків №1-8 враховуємо факт зменшення $M_{\text{н}} = 525 \cdot B_{\text{н}}$ з урахуванням коефіцієнтів 1,25 для правоповоротних потоків та 1,75 для лівоповоротних.

Наприклад для потоку №2:

$$K_i^* = \frac{100}{74 + 1,75 \cdot 26} = 0,835.$$

Значення K_i^* є свідченням того, що $M_{\text{пр}} = 525 \cdot B_{\text{пр}}$ для потоку №2 буде зменшене на 16,5% за рахунок лівоповоротного потоку.

В табл. 3.1 представлені ширина смуг руху і відповідні їм потоки насичення $M_{\text{пр}} = 525 \cdot B_{\text{пр}}$, коефіцієнти зниження потоків насичення K_i^* , а також потоки насичення поворотних потоків $M_{\text{пр}} = 525 \cdot B_{\text{пр}} \cdot K_i^*$.

Таблиця 3.1 – Значення потоків насичення для потоків №1-8

Потік $B_{\text{пр}}, \text{м.}$	1	2	3	4	5	6	7	8
$M_{\text{пр}} = 525 \cdot B_{\text{пр}}$	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850
K_i^*	0,954	0,835	0,843	0,952	0,828	0,949	0,943	0,816
$M_{\text{пр}} = 525 \cdot B_{\text{пр}} \cdot K_i^*$	1764	1545	1560	1761	1532	1756	1744	1510

$$Y_i = \frac{384}{1545} = 0,25.$$

Значення фазових коефіцієнтів для інших потоків розраховуються аналогічно. Результати представлені в табл. 3.2.

Параметри, що входять в формулу визначення тривалостей проміжних тактів, які необхідно розрахувати загальновідомі, тому приводити їхні пояснення в кваліфікаційній роботі не має сенсу. Тривалість проміжних тактів для кожної фази регулювання розраховуємо за формулою [10]:

Таблиця 3.2 Визначення фазових коефіцієнтів для потоків №1-8

Показник	Номер потоку							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Фаза	1							
Інтенсивність руху, авт/год	432	384	388	462	307	340	325	273
Фазовий коефіцієнт	0,24	0,25	0,25	0,26	0,20	0,19	0,19	0,18
Розрахунковий фазовий коефіцієнт	0,26				0,20			

$$t_{\text{фаз}} = \frac{V_{\text{фаз}}}{7,2 \cdot \alpha_{\text{фаз}}} + \frac{3,6 \cdot (I_{\text{фаз}} + L_{\text{фаз}})}{V_{\text{фаз}}}, \quad (3.3)$$

$$t_{\text{фаз}} = \frac{45}{7,2 \cdot 4} + \frac{3,6 \cdot (22 + 5)}{45} = 3,7 \text{ с.}$$

$$t_{\text{фаз}} = \frac{45}{7,2 \cdot 4} + \frac{3,6 \cdot (22 + 5)}{45} = 3,7 \text{ с.}$$

Приймаємо $t_{\text{фаз}} = 4 \text{ с.}$, $t_{\text{фаз}} = 4 \text{ с.}$

Сума проміжних тактів складе:

$$T_{\text{фаз}} = 4 + 4 = 8 \text{ с.}$$

Сума розрахункових фазових коефіцієнтів складе:

$$\gamma = 0,26 + 0,20 = 0,46$$

Цикл світлофорного регулювання розраховується так:

$$T_{\text{ц}} = \frac{1,5 \cdot T_{\text{п}} + 5}{1 - Y}, \quad (3.4)$$

$$T_{\text{ц}} = \frac{1,5 \cdot 8 + 5}{1 - 0,46} = 31 \text{ с.}$$

Параметри, що входять в формулу визначення тривалостей основних тактів, які необхідно розрахувати загальновідомі, тому приводити їхні пояснення в кваліфікаційній роботі не має сенсу. Тривалість основних тактів в фазах розраховуємо за формулою [10]:

$$t_{\text{ос}} = \frac{(T_{\text{ц}} - T_{\text{п}}) \cdot Y_i}{Y}, \quad (3.5)$$

$$t_{\text{ос1}} = \frac{(31 - 8) \cdot 0,26}{0,46} = 13 \text{ с.}$$

$$t_{\text{ос2}} = \frac{(31 - 8) \cdot 0,20}{0,46} = 10 \text{ с.}$$

Перевіримо тривалість основних тактів (3.5) на відповідність тривалості часу перетину пішоходами проїзної частини в фазах [8,9]:

$$t_{\text{пш}} = S + \frac{B_{\text{пш}}}{V_{\text{пш}}}, \quad (3.6)$$

$$t_{\text{пш}} = t_{\text{пш2}} = 5 + \frac{12}{1,3} = 14 \text{ с.}$$

Для другої фази збільшимо тривалість основного такту з 10 с. до 14 с. для забезпечення безпеки руху пішоходів. Оскільки час циклу складав 31 с. для тривалості основного такту в другій фазі, а при збільшенні тривалості основного такту в другій фазі, затримка руху для першої може збільшитись, то перераховуємо час циклу з урахуванням прийнятого $t_{0,2} = 14$ с. для збільшення тривалості часу $t_{0,1}$ пропорційно фазовим коефіцієнтам так, що:

- варіант до коригування $t_{0,2}$.

$$\frac{Y_1^{orig}}{Y_2^{orig}} = \frac{t_{0,1}}{t_{0,2}} \text{ або } \frac{0,26}{0,2} = \frac{13}{10},$$

- варіант після коригування $t_{0,2}$ (збільшення до 14 с.):

$$\frac{Y_1^{orig}}{Y_2^{orig}} = \frac{t_{0,1}^{orig}}{t_{0,2}^{orig}} \text{ або } \frac{0,26}{0,2} = \frac{t_{0,1}^{orig}}{14} \rightarrow t_{0,1}^{orig} = \frac{14 \cdot 0,26}{0,2} = 18,2 \approx 18 \text{ с.}$$

Отже, збільшення часу основного такту в другій фазі до 14 с., призводить до збільшення тривалості основного такту в першій фазі, що розрахована пропорційно фазових коефіцієнтів, до 18 с.

З урахуванням визначеного, скорегована тривалість циклу світлофорного регулювання буде визначена як [10]:

$$T_{\text{цикл}} = t_{0,1} + t_{0,2} + t_{0,2} + t_{0,1}, \quad (3.7)$$

$$T_{\text{цикл}} = 18 + 4 + 14 + 4 = 40 \text{ с.}$$

З урахуванням скоригованого часу циклу визначимо затримки руху транспортних потоків [10]:

$$t_{\text{зат}} = 0,9 \cdot \frac{M_{\text{п}} \cdot (T_{\text{п}} - t_{\text{п}})^2}{2 \cdot I_{\text{п}} \cdot (M_{\text{п}} + N_{\text{п}})}, \quad (3.8)$$

де $N_{\text{п}}$ – інтенсивність руху транспортних потоків, од./год.,

$M_{\text{п}}$ – потік насяєння для відповідного потоку, од./год.

$$t_{\text{зат}} = 0,9 \cdot \frac{1545 \cdot (40 - 18)^2}{2 \cdot 40 \cdot (1545 + 384)} = 7,2 \text{ с./авт.}$$

Затримки транспортних засобів для інших потоків розраховуються аналогічно. Результати представлені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Визначення затримок руху транспортних потоків

Показник	Номер потоку							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Інтенсивність руху, авт./год	432	384	388	462	307	340	325	273
Затримка руху 1-го потоку на перехресті, с	7,2	7,2	7,2	7,4	9,6	9,4	9,3	9,3
Середньозважена затримка руху, с	8,16							

Значення середньозваженої затримки руху транспортних потоків з урахуванням їхньої інтенсивності складе:

$$T_{\text{ц}} = \frac{7,2 \cdot 432 + 7,2 \cdot 384 + 7,2 \cdot 388 + 7,4 \cdot 462 + 9,5 \cdot 307 + 9,4 \cdot 340 + 9,3 \cdot 325 + 9,3 \cdot 273}{432 + 384 + 388 + 462 + 307 + 340 + 325 + 273} = 8,16 \text{ с.}$$

3.2. Висновки по розділу

При виконанні третього розділу роботи бакалавра за заданими інтенсивностями руху на перехресті організовано рух в дві фази. Визначені потоки насичення з урахуванням поворотних потоків, визначені фазові коефіцієнти, час основних та проміжних тактів, час для руху пішоходів. За рахунок збільшення тривалості основного такту в другій фазі з 10 до 14 с. пропорційно фазовим коефіцієнтам збільшено час основного такту в першій фазі з 13 до 18 с. Відповідно до цього час циклу також збільшено з 36 до 40 с., за часу тривалості якого середньозважена затримка руху транспортних потоків на перехресті буде дорівнювати 8,16 с.

ВИСНОВКИ

Перший розділ кваліфікаційної роботи присвячений аналізу собівартості перевезень пасажирів. Розглянуті механізми формування собівартості, під впливом витрат на перевізний процес. Також досліджені взаємозв'язок собівартості і видів ресурсів транспортного підприємства, чинники, що визначають витрати автотранспортного підприємства, чинники, що визначають доходи від перевезень, чинники, що визначають витрати на маршрутах перевезень пасажирів. З економічної точки зору собівартість перевезення одного пасажирів являє собою вартісну оцінку витрат, що припадають на одиницю транспортної послуги. Її величина визначається шляхом співставлення сукупних експлуатаційних витрат із фактичним обсягом перевезених пасажирів за певний період часу. Такий підхід дозволяє не лише оцінити ефективність використання ресурсів транспортного підприємства, але і встановити залежність між організаційними параметрами перевезень та їх економічними результатами.

Виконання другого розділу роботи є закономірним завершенням процесу визначення основних техніко-економічних показників перевезень пасажирів за напрямками на маршруті, зокрема: транспортної роботи в обсязі 6223,94 пас.-км. та 4924,73 пас.-км., середньої відстані поїздки пасажирів – 1,43 км. та 1,26 км., коефіцієнта статичного використання місткості – 0,401 та 0,313, коефіцієнта динамічного використання місткості – 0,394 та 0,312, коефіцієнта змішаності – 6,08 та 6,97. Розробка, в подальшому, розкладу руху на маршруті дозволила, попередньо, сформувати графік роботи автобусів та водіїв з коефіцієнтом ефективності 0,966 та максимальною кількістю автобусів на маршруті в годину-пік, що дорівнює одинадцяти одиницям.

При виконанні третього розділу роботи бакалавра за заданими інтенсивностями руху на перехресті організовано рух в дві фази. Визначені потоки насичення з урахуванням поворотних потоків, визначені фазові

коєфіцієнти, час основних та проміжних тактів, час для руху пішоходів. За рахунок збільшення тривалості основного такту в другій фазі з 10 до 14 с. пропорційно фазовим коефіцієнтам збільшено час основного такту в першій фазі з 13 до 18 с. Відповідно до цього час циклу також збільшено з 36 до 40 с. за часу тривалості якого середньозважена затримка руху транспортних потоків на перехресті буде дорівнювати 8,16 с.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Litman, T. (2024). *Transportation cost and benefit analysis: Techniques, estimates and implications*. Victoria Transport Policy Institute.
2. Button, K. (2020). *Transport economics* (4th ed.). Edward Elgar Publishing.
3. Ortúzar, J. D., & Willumsen, L. G. (2011). *Modelling transport* (4th ed.). John Wiley & Sons.
4. Ceder, A. (2016). *Public transit planning and operation: Modeling, practice and behavior* (2nd ed.). CRC Press.
5. Vuchic, V. R. (2005). *Urban transit: Operations, planning, and economics*. John Wiley & Sons.
6. Tirachini, A., Hensher, D. A., & Rose, J. M. (2013). Crowding in public transport systems: Effects on users, operation and implications for the estimation of demand. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 53, 36–52.
7. Tirachini, A. (2020). Public transportation and COVID-19: What can we learn from the pandemic for future transport policies? *Transport Reviews*, 40(5), 551–553.
8. International Transport Forum. (2021). *Reversing car dependency: Addressing the challenges of urban transport*. OECD Publishing.
9. Доля В. К. Пасажирські перевезення: Підручник. Харків: «Видав. «Фор»», 2011. – 504 с.
10. Лобашов, О. О., Праспенко, О. В. «І практикум з дисципліни «Організація дорожнього руху»: навч. посіб.» – Х.: ХНУМІ, 2011 – 349 с.

ДОДАТОК А

Таблиця Б.1 Показники роботи

Зупинний пункт	$Q_{\text{пр}}$, пас	$Q_{\text{зв}}$, пас	F , пас	I , км	W , пас·км	Зупинний пункт	$Q_{\text{пр}}$, пас	$Q_{\text{зв}}$, пас	F , пас	I , км	W , пас·км
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	28	0	28	0,557	28	1	12	0	0	0	0,0
2	28	8	48	0,859	28	2	18	10	12	0,557	6,7
3	21	11	58	0,694	21	3	18	11	20	0,859	17,2
4	18	13	63	0,814	18	4	18	13	27	0,694	18,7
5	17	14	66	0,814	17	5	21	13	32	0,814	26,0
6	15	14	67	0,967	15	6	19	15	40	0,614	24,6
7	15	18	64	0,534	15	7	19	17	44	0,967	42,5
8	9	20	53	0,491	9	8	18	19	46	0,534	24,6
9	9	24	38	0,591	9	9	18	20	45	0,491	22,1
10	8	16	30	0,478	8	10	16	20	43	0,591	25,4
11	7	17	20	0,706	7	11	9	19	39	0,478	18,6
12	6	10	16	0,785	6	12	7	17	29	0,706	20,5
13	6	10	12	0,755	6	13	5	13	19	0,785	14,9
14	0	12	0	0	0	14	0	11	11	0,755	8,3
Всього	187	187	-	8,845	187	Всього	198	198	-	8,845	261,9
$\bar{I}, \text{ п. р. } \%$	2,07	4,31	0,510	0,514	$\bar{I}, \text{ п. р. } \%$	1,32	6,34	0,368	0,348		

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	14	0	14	0,557	7,8	1	14	0	0	0,0	
2	15	9	18	0,859	15,5	2	17	11	14	0,557	7,8
3	14	10	22	0,694	15,3	3	19	11	20	0,859	17,2
4	15	12	25	0,814	20,4	4	16	14	28	0,694	19,4
5	13	12	26	0,614	16,0	5	16	15	30	0,814	24,4
6	13	15	24	0,967	23,2	6	16	15	31	0,614	14,0
7	21	15	30	0,534	16,0	7	24	20	32	0,967	30,9
8	19	19	30	0,491	14,7	8	23	20	36	0,534	19,2
9	19	22	27	0,591	16,0	9	20	20	39	0,491	14,1
10	17	14	30	0,478	14,3	10	15	20	39	0,591	23,0
11	15	16	29	0,706	20,5	11	14	19	34	0,478	16,3
12	13	16	26	0,785	20,4	12	9	18	29	0,706	20,5
13	12	14	19	0,755	14,3	13	6	13	20	0,785	15,7
14	0	19	0	0	0,0	14	0	13	13	0,755	9,8
Всього	198	198		8,845	214,3	Всього	209	209	-	8,845	232,7
$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$	1,08		8,05	0,290	0,285	$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$	1,11		7,49	0,380	0,310

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	20	0	20	0,557	11,1	1	9	0	0	0	0,0
2	18	8	30	0,859	25,8	2	13	8	9	0,557	5,0
3	15	11	34	0,694	23,6	3	12	10	14	0,859	12,0
4	15	12	37	0,814	30,1	4	19	13	16	0,694	11,1
5	14	12	39	0,614	23,9	5	16	14	22	0,814	17,9
6	18	15	42	0,967	40,6	6	12	15	24	0,614	14,7
7	20	17	45	0,534	24,0	7	21	16	21	0,967	20,3
8	20	21	44	0,491	21,6	8	21	18	26	0,534	13,9
9	18	13	49	0,591	29,0	9	19	20	29	0,491	14,2
10	15	16	48	0,478	22,9	10	17	17	28	0,591	16,5
11	13	16	45	0,706	31,8	11	13	14	28	0,478	13,4
12	12	19	38	0,785	29,8	12	9	19	27	0,706	19,1
13	8	23	23	0,755	17,4	13	7	13	17	0,785	13,3
14	0	25	0	0	0,0	14	0	11	11	0,755	8,3
Всього	206	206	-	8,845	331,7	Всього	188	188	-	8,845	171,6
$\bar{i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i$		1,61	5,42	0,447	0,441	$\bar{i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i$		0,91	9,01	0,246	0,228

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Четвертий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	13	0	13	0,557	7,2	1	7	0	0	0	0,0
2	18	13	18	0,859	15,5	2	12	5	7	0,557	3,9
3	18	13	23	0,694	16,0	3	15	6	14	0,859	12,0
4	18	14	27	0,814	22,0	4	15	10	23	0,694	16,0
5	17	14	30	0,614	18,4	5	15	11	28	0,814	22,8
6	17	15	32	0,967	30,9	6	14	12	32	0,614	14,6
7	15	16	31	0,534	16,6	7	13	13	34	0,967	32,9
8	15	17	29	0,491	14,2	8	17	17	34	0,534	18,2
9	22	18	33	0,591	19,5	9	14	17	34	0,491	16,7
10	21	22	32	0,478	15,3	10	14	18	31	0,591	18,3
11	20	23	29	0,706	20,5	11	14	13	27	0,478	12,9
12	18	21	26	0,785	20,4	12	13	17	28	0,706	19,8
13	11	23	14	0,755	10,6	13	7	19	24	0,785	18,8
14	0	14	0	0	0,0	14	0	12	12	0,755	9,1
Всього	223	223	-	8,845	227,1	Всього	170	170	-	8,845	211,9
$\bar{i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i$	1,02	8,59	0,305	0,302		$\bar{i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i$	1,25	6,72	0,297	0,282	

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
П'ятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	18	0	18	0,557	10,0	1	33	0	0	0	0,0
2	19	7	30	0,859	25,8	2	32	10	33	0,557	18,4
3	20	8	42	0,694	29,1	3	22	13	35	0,859	47,2
4	27	9	60	0,814	48,8	4	19	14	64	0,694	44,4
5	18	10	68	0,614	41,8	5	18	18	69	0,814	56,2
6	17	12	73	0,967	70,6	6	16	19	69	0,614	42,4
7	14	13	74	0,534	39,5	7	16	22	66	0,967	63,8
8	11	19	66	0,491	32,4	8	21	26	60	0,534	32,0
9	11	18	59	0,591	34,9	9	20	28	55	0,491	27,0
10	9	18	50	0,478	23,9	10	13	20	47	0,591	27,8
11	9	19	40	0,706	28,2	11	13	21	40	0,478	19,1
12	6	20	26	0,785	20,4	12	11	21	32	0,706	22,6
13	6	20	12	0,755	9,1	13	10	16	22	0,785	17,3
14	0	12	0	0	0,0	14	0	16	18	0,755	12,1
Всього	183	183	-	8,845	414,3	Всього	244	244	-	8,845	418,2
$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$	2,24	3,89	0,559	0,551		$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$	4,71	5,06	0,568		0,556

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	16	0	16	0,557	8,9	1	6	0	0	0	0,0
2	19	11	24	0,859	20,6	2	7	6	6	0,557	3,3
3	15	17	22	0,694	15,3	3	9	6	7	0,859	6,0
4	13	18	17	0,814	13,8	4	12	8	10	0,694	6,9
5	21	18	20	0,614	12,3	5	18	8	14	0,814	11,4
6	21	19	22	0,967	21,3	6	18	10	24	0,614	14,7
7	19	20	21	0,534	11,2	7	17	20	32	0,967	30,9
8	17	21	17	0,491	8,3	8	17	22	29	0,534	15,5
9	17	14	20	0,591	11,8	9	15	25	24	0,491	11,8
10	14	15	19	0,478	9,1	10	13	19	14	0,591	8,3
11	13	18	14	0,706	9,9	11	9	11	8	0,478	3,8
12	7	10	11	0,785	8,6	12	7	14	6	0,706	4,2
13	6	9	8	0,755	6,0	13	6	4	2	0,785	1,6
14	0	8	0	0	0,0	14	0	4	4	0,755	3,0
Всього	198	198	-	8,845	157,2	Всього	154	154	-	8,845	118,5
$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$	0,79	11,20	0,209	0,209		$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$	0,77	11,13	0,163		0,158

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сюмий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	8	0	8	0,557	4,5	1	13	0	0	0	0,0
2	10	6	12	0,859	10,3	2	15	6	13	0,557	7,2
3	12	8	16	0,694	11,1	3	22	7	22	0,859	18,9
4	14	12	18	0,814	14,7	4	21	10	37	0,694	25,7
5	16	13	21	0,614	12,9	5	20	12	48	0,814	39,1
6	18	13	26	0,967	25,1	6	18	17	56	0,614	34,4
7	15	15	26	0,534	13,9	7	23	25	57	0,967	55,1
8	14	16	24	0,491	11,8	8	22	25	55	0,534	29,4
9	18	20	22	0,591	13,0	9	14	26	52	0,491	25,5
10	15	16	21	0,478	10,0	10	12	20	40	0,591	23,6
11	9	14	16	0,706	11,3	11	9	13	32	0,478	15,3
12	9	12	13	0,785	10,2	12	9	14	28	0,706	19,8
13	4	9	8	0,755	6,0	13	5	14	23	0,785	18,1
14	0	8	0	0	0,0	14	0	14	14	0,755	10,6
Всього	162	162	-	8,845	154,8	Всього	203	203	-	8,845	312,1
$\bar{i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i$	$\bar{j} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m j$	$\bar{k} = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p k$	$\bar{l} = \frac{1}{q} \sum_{l=1}^q l$	$\bar{m} = \frac{1}{r} \sum_{m=1}^r m$	$\bar{n} = \frac{1}{s} \sum_{n=1}^s n$	$\bar{o} = \frac{1}{t} \sum_{o=1}^t o$	$\bar{p} = \frac{1}{u} \sum_{p=1}^u p$	$\bar{q} = \frac{1}{v} \sum_{q=1}^v q$	$\bar{r} = \frac{1}{w} \sum_{r=1}^w r$	$\bar{s} = \frac{1}{x} \sum_{s=1}^x s$	$\bar{t} = \frac{1}{y} \sum_{t=1}^y t$

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Восьмий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	16	0	10	0,557	5,6	1	17	0	0	0	0,0
2	12	14	8	0,859	6,9	2	22	16	17	0,557	9,5
3	16	15	9	0,694	6,2	3	23	16	25	0,859	19,8
4	19	16	12	0,814	9,8	4	24	10	30	0,694	20,8
5	20	16	16	0,614	9,8	5	19	12	44	0,814	35,8
6	21	17	20	0,967	19,3	6	12	15	51	0,614	31,3
7	21	17	24	0,534	12,8	7	9	20	48	0,967	46,4
8	15	21	18	0,491	8,8	8	9	18	37	0,534	19,8
9	13	18	13	0,591	7,7	9	8	16	28	0,491	13,7
10	13	16	10	0,478	4,8	10	7	14	20	0,591	11,8
11	12	12	10	0,706	7,1	11	6	12	13	0,478	6,2
12	9	10	9	0,785	7,1	12	9	10	7	0,706	4,9
13	8	9	8	0,755	6,0	13	8	8	6	0,785	4,7
14	0	8	0	0	0,0	14	0	6	6	0,755	4,5
Всього	189	189	-	8,845	111,9	Всього	173	173	-	8,845	224,8
$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$	0,59	14,79	0,151	0,149		$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$	1,30	6,80	0,299	0,299	

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Дев'ятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	12	0	12	0,557	6,7	1	21	0	0	0,0	
2	13	9	16	0,859	13,7	2	22	15	21	0,557	11,7
3	16	5	27	0,694	18,7	3	23	18	28	0,859	24,1
4	18	10	35	0,814	28,5	4	14	21	33	0,694	22,9
5	19	14	40	0,614	24,6	5	18	22	26	0,814	21,2
6	21	18	43	0,967	41,6	6	15	12	22	0,614	13,5
7	22	22	43	0,534	23,0	7	10	12	25	0,967	24,2
8	23	20	46	0,491	22,6	8	10	10	23	0,534	12,3
9	10	19	37	0,591	21,9	9	11	16	23	0,491	11,3
10	8	17	28	0,478	13,4	10	9	13	18	0,591	10,6
11	7	14	21	0,706	14,8	11	7	13	14	0,478	6,7
12	6	12	15	0,785	11,8	12	5	12	8	0,706	5,6
13	4	10	9	0,755	6,8	13	5	3	1	0,785	0,8
14	0	9	0	0	0,0	14	0	3	8	0,755	2,3
Всього	179	179	-	8,845	248,0	Всього	170	170	-	8,845	164,8
$\bar{i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i$	1,39	6,23	0,317	0,330		$\bar{i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i$	0,97	9,00	0,222	0,219	

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Десятний оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	16	0	10	0,557	5,6	1	13	0	0	0	0,0
2	15	10	13	0,859	11,2	2	14	8	13	0,557	7,2
3	18	11	20	0,694	13,9	3	20	9	19	0,859	16,3
4	17	11	26	0,814	21,2	4	23	21	30	0,694	20,8
5	16	13	29	0,614	17,8	5	25	22	32	0,814	26,0
6	22	14	37	0,967	35,8	6	24	22	35	0,614	21,5
7	22	15	44	0,534	23,5	7	22	22	37	0,967	35,8
8	17	16	45	0,491	22,1	8	10	24	37	0,534	19,8
9	16	21	40	0,591	23,6	9	9	15	23	0,491	11,3
10	13	22	31	0,478	14,8	10	8	15	17	0,591	10,0
11	12	22	21	0,706	14,8	11	6	6	10	0,478	4,8
12	12	23	10	0,785	7,9	12	5	7	10	0,706	7,1
13	11	18	3	0,755	2,3	13	4	9	8	0,785	6,3
14	0	0	0	0,0	0,0	14	0	3	8	0,755	2,3
Всього	199	199	-	8,845	214,4	Всього	183	183	-	8,845	186,9
$\bar{i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i$	1,08	7,83	0,298	0,285		$\bar{i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i$	1,02	8,71	0,298		0,249

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Одинадцятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	15	0	15	0,557	8,4	1	13	0	0	0	0,0
2	17	4	28	0,859	24,1	2	14	8	13	0,557	7,2
3	13	8	33	0,694	22,9	3	18	12	19	0,859	16,3
4	11	10	34	0,814	27,7	4	30	12	25	0,694	17,4
5	10	12	32	0,614	19,6	5	26	14	43	0,814	35,0
6	19	14	37	0,967	35,8	6	25	15	55	0,614	33,8
7	18	16	39	0,534	20,8	7	24	16	65	0,967	62,9
8	18	18	39	0,491	19,1	8	10	16	73	0,534	39,0
9	17	22	34	0,591	20,1	9	9	20	67	0,491	32,9
10	16	25	25	0,478	12,0	10	9	18	56	0,591	33,1
11	15	28	12	0,706	8,5	11	5	16	47	0,478	22,5
12	14	15	11	0,785	8,6	12	3	15	36	0,706	25,4
13	11	17	5	0,755	3,8	13	3	14	24	0,785	18,8
14	0	5	0	0	0,0	14	0	13	13	0,755	9,8
Всього	194	194	-	8,845	231,3	Всього	189	189	-	8,845	344,2
$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$	1,19	7,36	0,311	0,308		$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$	1,82	4,59	0,485		0,458

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	13	0	13	0,557	7,2	1	16	0	0	0,0	
2	12	4	21	0,859	18,0	2	16	7	16	0,557	8,9
3	11	6	26	0,694	18,0	3	15	9	25	0,859	21,5
4	11	8	29	0,814	23,6	4	14	9	31	0,694	21,5
5	16	9	36	0,614	22,1	5	23	9	36	0,814	29,3
6	16	12	40	0,967	38,7	6	25	14	50	0,614	30,7
7	16	18	38	0,534	20,3	7	12	15	61	0,967	59,0
8	10	21	27	0,491	13,3	8	12	16	58	0,534	31,0
9	10	18	19	0,591	11,2	9	10	19	54	0,491	26,5
10	16	17	18	0,478	8,6	10	9	13	45	0,591	26,6
11	12	16	14	0,706	9,9	11	8	13	41	0,478	19,6
12	16	16	8	0,785	6,3	12	3	14	36	0,706	25,4
13	11	15	4	0,755	3,0	13	4	15	25	0,785	14,6
14	0	4	0	0	0,0	14	0	14	14	0,755	10,6
Всього	164	164	-	8,845	200,3	Всього	167	167	-	8,845	319,6
$\bar{i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i$		1,22	7,28	0,265	0,266	$\bar{i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i$		1,91	4,42	0,445	0,425

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	12	0	12	0,557	6,7	1	5	0	0	0	0,0
2	15	8	17	0,859	14,6	2	8	7	5	0,557	2,8
3	10	9	18	0,694	12,5	3	18	10	6	0,859	5,2
4	29	9	38	0,814	30,9	4	19	11	14	0,694	9,7
5	28	11	55	0,614	33,8	5	18	13	22	0,814	17,9
6	27	12	70	0,967	67,7	6	18	14	27	0,614	16,6
7	27	16	81	0,534	43,3	7	18	15	31	0,967	30,0
8	23	17	87	0,491	42,7	8	26	20	34	0,534	18,2
9	16	19	84	0,591	49,6	9	9	15	40	0,491	19,6
10	13	23	74	0,478	35,4	10	8	14	34	0,591	20,1
11	12	24	62	0,706	43,8	11	6	14	28	0,478	13,4
12	9	26	45	0,785	35,3	12	6	12	20	0,706	14,1
13	7	26	26	0,755	19,6	13	5	10	14	0,785	11,0
14	0	26	0	0	0,0	14	0	9	9	0,755	6,8
Всього	226	226	-	8,845	435,9	Всього	164	164	-	8,845	178,5
$\bar{i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i$	1,93	4,39	0,605	0,580		$\bar{i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i$	1,09	7,48	0,257	0,237	

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Чотирнадцятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	16	0	10	0,557	5,6	1	14	0	0	0	0,0
2	15	10	13	0,859	11,2	2	15	11	14	0,557	7,8
3	15	11	17	0,694	11,8	3	16	12	18	0,859	15,5
4	21	12	26	0,814	21,2	4	23	14	22	0,694	15,3
5	24	12	38	0,614	23,3	5	22	15	31	0,814	25,2
6	24	13	49	0,967	47,4	6	19	21	38	0,614	23,3
7	22	13	58	0,534	31,0	7	17	22	36	0,967	34,8
8	22	14	66	0,491	32,4	8	17	24	31	0,534	16,6
9	22	16	72	0,591	42,6	9	17	19	24	0,491	11,8
10	20	19	73	0,478	34,9	10	9	15	22	0,591	13,0
11	19	24	68	0,706	48,0	11	6	16	16	0,478	7,6
12	14	27	55	0,785	43,2	12	4	5	6	0,706	4,2
13	7	29	33	0,755	24,9	13	2	4	5	0,785	3,9
14	0	33	0	0	0,0	14	0	3	8	0,755	2,3
Всього	233	233	-	8,845	377,3	Всього	181	181	-	8,845	179,1
$\bar{i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i$	1,62	5,24	0,523	0,502		$\bar{i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i$	0,99	8,82	0,291		0,238

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
П'ятнадцятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	12	0	12	0,557	6,7	1	13	0	0	0	0,0
2	27	9	30	0,859	25,8	2	12	6	13	0,557	7,2
3	26	11	45	0,694	31,2	3	20	7	19	0,859	16,3
4	26	14	57	0,814	46,4	4	27	18	32	0,694	22,2
5	26	17	66	0,614	40,5	5	24	19	41	0,814	33,4
6	26	17	75	0,967	72,5	6	23	20	46	0,614	28,2
7	23	18	80	0,534	42,7	7	20	23	49	0,967	47,4
8	22	19	83	0,491	40,8	8	19	25	46	0,534	24,6
9	20	28	75	0,591	44,3	9	8	26	40	0,491	19,6
10	20	28	67	0,478	32,0	10	8	17	22	0,591	13,0
11	18	30	55	0,706	38,8	11	8	8	13	0,478	6,2
12	12	22	35	0,785	27,5	12	4	8	13	0,706	9,2
13	7	32	10	0,755	7,6	13	3	9	9	0,785	7,1
14	0	10	0	0	0,0	14	0	3	8	0,755	2,3
Всього	263	263	-	8,845	456,8	Всього	189	189	-	8,845	234,4
$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$	1,72	5,01	0,624	0,608		$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$	1,24	7,11	0,313		0,312

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Шістнадцятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	19	0	19	0,557	10,6	1	13	0	0	0	0,0
2	26	6	39	0,859	33,5	2	12	7	13	0,557	7,2
3	24	14	49	0,694	34,0	3	11	8	18	0,859	15,5
4	24	15	58	0,814	47,2	4	19	8	21	0,694	14,6
5	21	15	64	0,614	39,3	5	17	11	32	0,814	26,0
6	19	16	67	0,967	64,8	6	15	14	38	0,614	23,3
7	18	17	68	0,534	36,3	7	19	15	39	0,967	37,7
8	14	18	64	0,491	31,4	8	18	19	43	0,534	23,0
9	14	21	57	0,591	33,7	9	15	20	42	0,491	20,6
10	12	26	43	0,478	20,6	10	9	22	37	0,591	21,9
11	10	27	26	0,706	18,4	11	7	13	24	0,478	11,5
12	9	28	7	0,785	5,5	12	6	17	18	0,706	12,7
13	7	13	1	0,755	0,8	13	5	8	7	0,785	5,5
14	0	1	0	0	0,0	14	0	4	4	0,755	3,0
Всього	217	217	-	8,845	376,0	Всього	166	166	-	8,845	219,5
$\bar{I} = \frac{I_1 + I_2}{2}$	1,73	5,02	0,509	0,500		$\bar{I} = \frac{I_1 + I_2}{2}$	1,32	6,44	0,304		0,292

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сінхронний оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	13	0	13	0,557	7,2	1	2	0	0	0	0,0
2	21	8	26	0,859	22,3	2	10	9	2	0,557	1,1
3	21	10	37	0,694	25,7	3	31	12	8	0,859	2,6
4	20	11	46	0,814	37,4	4	30	15	22	0,694	15,3
5	19	14	51	0,614	31,3	5	16	15	37	0,814	30,1
6	19	19	51	0,967	49,3	6	15	17	38	0,614	23,3
7	18	21	48	0,534	25,6	7	14	17	36	0,967	34,8
8	26	22	52	0,491	25,5	8	9	21	33	0,534	17,6
9	26	24	54	0,591	31,9	9	12	23	21	0,491	10,3
10	26	25	55	0,478	26,3	10	12	14	10	0,591	5,9
11	21	29	47	0,706	33,2	11	11	16	8	0,478	3,8
12	20	30	37	0,785	29,0	12	7	10	2	0,706	2,1
13	18	32	23	0,755	17,4	13	5	4	0	0,785	0,0
14	0	23	0	0	0,0	14	0	1	1	0,755	0,8
Всього	268	268	-	8,845	362,3	Всього	174	174	-	8,845	147,0
$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$	1,35	6,46	0,489	0,482		$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$	0,84	10,64	0,194		0,196

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вісімнадцятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	21	0	21	0,557	11,7	1	13	0	0	0	0,0
2	30	12	39	0,859	33,5	2	14	6	13	0,557	7,2
3	27	15	51	0,694	35,4	3	16	14	21	0,859	18,0
4	25	15	61	0,814	49,7	4	18	16	23	0,694	16,0
5	17	18	60	0,614	36,8	5	16	18	25	0,814	20,4
6	16	18	58	0,967	56,1	6	17	18	23	0,614	14,1
7	15	20	53	0,534	28,3	7	23	19	22	0,967	21,3
8	15	21	47	0,491	23,1	8	14	19	26	0,534	13,9
9	14	20	41	0,591	24,2	9	13	20	21	0,491	10,3
10	13	14	40	0,478	19,1	10	12	17	14	0,591	8,3
11	13	19	34	0,706	24,0	11	10	12	9	0,478	4,3
12	11	20	25	0,785	19,6	12	9	9	7	0,706	4,9
13	9	22	12	0,755	9,1	13	7	6	7	0,785	5,5
14	0	12	0	0	0,0	14	0	8	8	0,755	6,0
Всього	226	226	-	8,845	370,6	Всього	182	182	-	8,845	144,2
$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$	1,64	5,43	0,490	0,493		$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$	0,79	10,86	0,198		0,192

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Дев'ятнадцятий оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	26	0	20	0,557	11,1	1	22	0	0	0	0,0
2	19	7	32	0,859	27,5	2	21	8	22	0,557	12,3
3	27	10	49	0,694	34,0	3	25	16	35	0,859	30,1
4	23	10	62	0,814	50,5	4	30	16	44	0,694	30,5
5	23	15	70	0,614	43,0	5	26	18	58	0,814	47,2
6	21	16	75	0,967	72,5	6	23	22	66	0,614	40,5
7	18	16	77	0,534	41,1	7	11	23	67	0,967	64,8
8	18	26	69	0,491	33,9	8	9	24	55	0,534	29,4
9	16	26	59	0,591	34,9	9	7	16	40	0,491	19,6
10	14	26	47	0,478	22,5	10	8	16	31	0,591	18,3
11	13	24	36	0,706	25,4	11	6	17	23	0,478	11,0
12	12	21	27	0,785	21,2	12	4	7	12	0,706	8,5
13	9	23	13	0,755	9,8	13	3	9	9	0,785	7,1
14	0	13	0	0	0,0	14	0	3	8	0,755	2,3
Всього	233	233	-	8,845	427,4	Всього	195	195	-	8,845	319,2
$\bar{I} = \frac{I_1 + I_{14}}{2}$	1,83	4,77	0,576	0,568		$\bar{I} = \frac{I_1 + I_{14}}{2}$	1,64	5,44	0,423		0,425

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	12	0	12	0,557	6,7	1	21	0	0	0	0,0
2	22	11	23	0,859	19,8	2	19	11	21	0,557	11,7
3	20	12	31	0,694	21,5	3	19	13	29	0,859	24,9
4	20	15	38	0,814	30,9	4	19	18	35	0,694	24,3
5	19	18	39	0,614	23,9	5	10	20	36	0,814	29,3
6	28	20	47	0,967	45,4	6	12	23	26	0,614	16,0
7	20	21	46	0,534	24,6	7	13	14	15	0,967	14,5
8	14	23	37	0,491	18,2	8	12	16	14	0,534	7,5
9	13	14	36	0,591	21,3	9	11	17	10	0,491	4,9
10	13	14	35	0,478	16,7	10	10	12	4	0,591	2,4
11	10	16	29	0,706	20,5	11	9	10	2	0,478	1,0
12	9	18	20	0,785	15,7	12	9	8	1	0,706	0,7
13	8	18	10	0,755	7,6	13	8	6	2	0,785	1,6
14	0	10	0	0	0,0	14	0	4	4	0,755	3,0
Всього	208	208	-	8,845	272,7	Всього	172	172	-	8,845	138,7
$\bar{I} = \frac{I_1 + I_2 + \dots + I_n}{n}$	1,31	6,71	0,365	0,365		$\bar{I} = \frac{I_1 + I_2 + \dots + I_n}{n}$	0,81	11,16	0,180	0,184	

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Двадцять перший оберт											
Прямий напрямок						Зворотний напрямок					
1	13	0	13	0,557	7,2	1	13	0	13	0	0,0
2	16	11	18	0,859	15,5	2	32	11	13	0,557	7,2
3	18	11	25	0,694	17,4	3	30	21	34	0,859	29,2
4	20	12	33	0,814	26,9	4	27	22	43	0,694	29,8
5	21	14	40	0,614	24,6	5	20	22	48	0,814	39,1
6	20	15	45	0,967	43,5	6	19	23	46	0,614	28,2
7	19	15	49	0,534	26,2	7	16	23	42	0,967	40,6
8	14	17	46	0,491	22,6	8	15	15	35	0,534	18,7
9	12	19	39	0,591	23,0	9	14	14	35	0,491	17,2
10	12	21	30	0,478	14,3	10	13	18	35	0,591	20,7
11	10	21	19	0,706	13,4	11	10	18	30	0,478	14,3
12	9	14	14	0,785	11,0	12	9	16	22	0,706	15,5
13	9	13	10	0,755	7,6	13	7	12	15	0,785	11,8
14	0	10	0	0	0,0	14	0	10	10	0,755	7,6
Всього	193	193	-	8,845	253,7	Всього	225	225	-	8,845	272,4
$\bar{I} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i$	1,31	6,60	0,345	0,337		$\bar{I} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i$	1,21	7,17	0,369		0,362