

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 технологічного процесу
перевезення 205 тонн будівельного вантажу на добу**

Виконав: студент 4 курсу, групи ТТ 2022-1
спеціальності 275 – «Транспортні технології
(за видами)»

Корецький В.С.

Керівник Давідіч Ю.О.

Рецензент Копитков Д.М.

Харків - 2026 року

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

Факультет Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та
транспортної інфраструктури

Кафедра Транспортних систем і логістики

Освітньо-кваліфікаційний рівень Бакалавр

Спеціальність 275 – «Транспортні технології (за видами)»

Освітньо-професійна програма Транспортні технології (міський транспорт)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____

_____ проф. Куш Є.І.

“ _____ ” _____ 20 _____ року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Корецький Вадим Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування технологічного процесу перевезення 205 тонн
будівельного вантажу на добу

керівник роботи Давідіч Ю.О., д.т.н., професор

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “22” 05 2026 р. № 440-03

2. Строк подання студентом роботи 15.06.26

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) Вступ. Сучасний стан перевезення будівельних вантажів. Розроб-
ка параметрів перевезення 205 тонн будівельного вантажу на добу. Формуван-
ня параметрів організації дорожнього руху. Висновки

5.Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових крес-
лень) графічний матеріал надано в електронному вигля-
ді.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Перевірка роботи на наявність ознак академічного плагіату	Інженер каф. ТСЛ Толмачов І.О.		

7. Дата видачі завдання 11.05.26

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	11.05.25-12.05.26	
2	Сучасний стан перевезення будівельних вантажів	13.05.26-16.05.26	
3	Розробка параметрів перевезення 205 тонн будівельного вантажу на добу	17.05.26-26.05.26	
4	Формування параметрів організації дорожнього руху	27.05.26-30.05.26	
6	Висновки	31.05.26-4.06.26	
7	Оформлення пояснювальної записки	5.06.26-6.06.26	
8	Оформлення матеріалів презентації	7.06.26-15.06.26	

Студент

(підпис)

Корецький В.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Давідич Ю.О.

(прізвище та ініціали)

Додаток

до завдання на кваліфікаційну роботу на тему:

"Проектування технологічного процесу перевезення 205 тонн будівельного вантажу на добу"

Таблиця 1 – Зміна обсягу перевезення будівельного вантажу, т

Місяць	Рік		
	2023	2024	2025
Січень	3851,3	4259,7	4897,2
Лютий	4259,1	5643,6	4698,2
Березень	5699,1	5399,2	5688,2
Квітень	5479,2	6549,2	6215,2
Травень	5639,2	6598,0	6588,3
Червень	6215,5	6875,0	6658,2
Липень	6248,6	6846,1	6913,7
Серпень	5988,1	6976,1	7565,2
Вересень	6236,8	7126,6	7866,3
Жовтень	6358,5	6898,2	6988,2
Листопад	6322,5	6598,2	6956,0
Грудень	5325,1	6322,1	6845,1

Таблиця 2 – Параметри пунктів вантажовідправлення та вантажоотримання будівельного вантажу

Пункт відправлення будівельного вантажу	Пункти отримання будівельного вантажу	Тижневий обсяг будівельного вантажу, т
1	2	3
Місце видобутку піску	Місце будівництва №1	726,8

Продовження табл. 2

1	2	3
	Місце будівництва №2	1125,3
	Місце будівництва №3	985,2
	Місце будівництва №4	856,6
	Місце будівництва №5	1346,1
	Місце будівництва №6	1288,0
	Місце будівництва №7	1026,0
	Місце будівництва №8	1426,6
	Місце отримання №1	916,1
	Місце отримання №2	1024,3

Таблиця 3 – Парк автомобілів

Марка	Кількість	Вантажність авто- мобіля, т	Тариф за 1 км пробігу, грн/км
DAF CF	2	14	40,3
CB R IVECO AD	2	9	30,7
Daewoo Maximus	3	13	40,2
Mercedes-Benz Atego	5	8	30,6

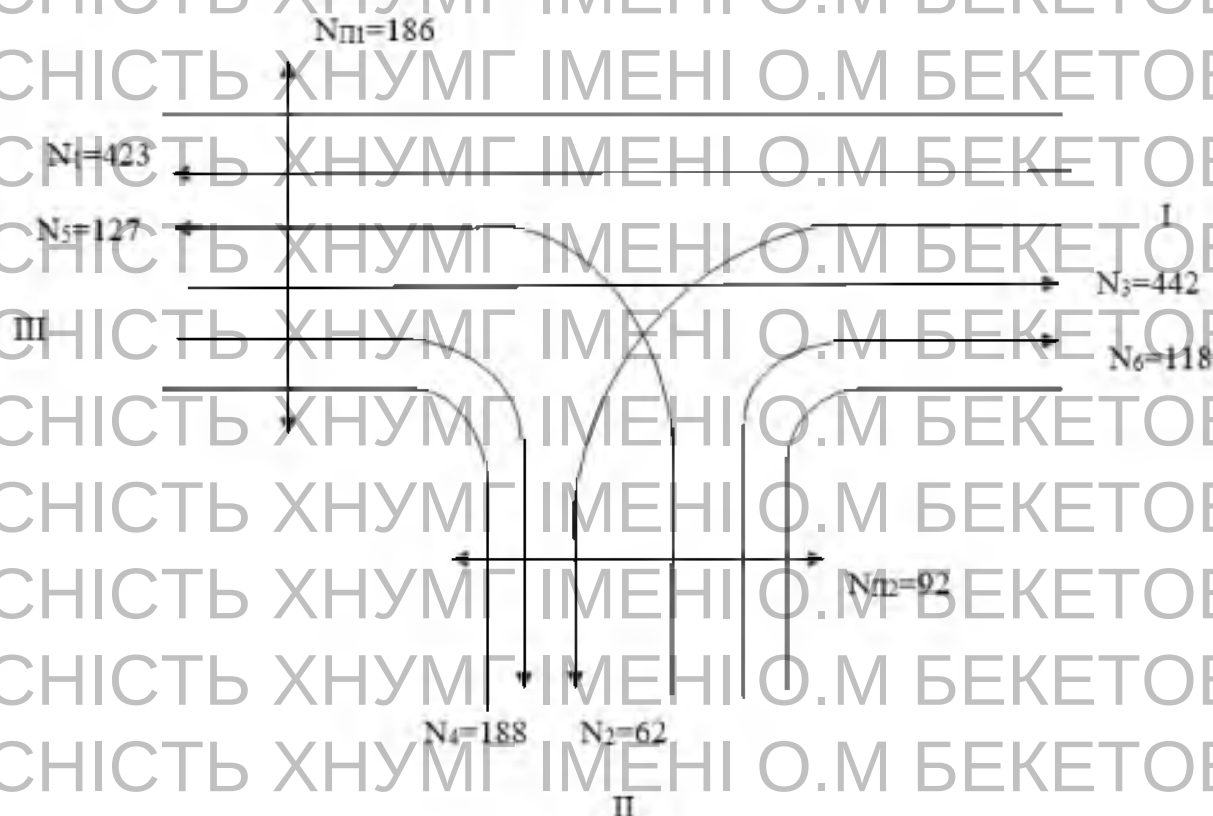


Рисунок 1 – Інтенсивності руху на перехресті

Студент _____

(підпис)

Керівник проекту _____

(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 57 аркушів, 12 таблиць, 8 рисунків, 3 джерела.

Об'єкт дослідження: перевезення 205 тонн будівельного вантажу на добу.

Мета роботи: вдосконалення перевезення 205 тонн будівельного вантажу на добу.

Метод дослідження: аналітичний та розрахунковий.

Отримані результати: розроблено заходи з перевезення 205 тонн будівельного вантажу на добу.

Ступінь застосування: запропоновано перевезення 205 тонн будівельного вантажу на добу.

Рекомендації з впровадження: отримано рекомендації для перевезення 205 тонн будівельного вантажу на добу.

ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ВАНТАЖ, МАРШРУТ, САМОСКИД, СКЛАДУВАННЯ,
ПЕРЕХРЕСТЯ, ДОРОЖНІЙ РУХ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
Розділ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПЕРЕВЕЗЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ВАНТАЖІВ.....	10
1.1 Сучасні методи перевезення будівельних вантажів.....	10
1.2 Характеристика об'єкта для дослідження.....	12
1.3 Характеристика наявних маршрутів.....	13
1.4 Висновки по розділу.....	18
Розділ 2 РОЗРОБКА ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ 205 ТОНН БУДІВЕЛЬНОГО ВАНТАЖУ НА ДОБУ.....	19
2.1 Моніторинг попиту.....	19
2.2 Формування маршрутів перевезення.....	21
2.3 Визначення марки автомобіля.....	24
2.4 Результати визначення техніко-експлуатаційних показників.....	32
2.5 План узгодженої роботи автомобілів та пункту навантажен- ня.....	35
2.6 Планування роботи для водіїв.....	37
2.7 Висновки по розділу.....	41
Розділ 3 ФОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ.....	45
ВИСНОВКИ.....	56
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	57

					ННІЕІТІ ТСЛ ТТ 2022-1 ТТ XXX...Х ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			
Розроб.		Корецький В.С.					
Перевір.		Давідюк Ю.О.					
Н. контр.		Бурко Д.Л.					
Затв.		Куш Є.І.					
					Літера		
					Аркуш		
					Аркушів		
					д л у		
					8		
					57		
					Пояснювальна записка		
					ХНУМГ		

ВСТУП

Вантажні перевезення відіграють вирішальну роль у єдиній національній системі транспорту. Він обробляє понад 70% усіх масових вантажних перевезень. Вантажні сполучення з'єднують кожен куточок країни, інтегруючи різні райони в єдиний комплекс. Різниця у видах транспорту може впливати на транспортні технології, види послуг, що пропонуються споживачам, національні правила щодо праці перевізників, швидкість перевезень та рівень цін.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ПЕРЕВЕЗЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ВАНТАЖІВ

1.1 Сучасні методи перевезення будівельних вантажів

Найважливішим фактором розвитку транспортних технологій є вибір транспортної системи та технології. Будь-яку транспортно-технологічну систему можна представити як типовий набір функцій, що складається з кількох модулів. Ці модулі складають цілісний технологічний процес. Транспортна система є багатошляховою, багатофункціональною системою, а її функціонування є дуже неоднорідним з точки зору технології, експлуатації та економіки. Різні етапи транспортного процесу зазвичай розглядаються як незалежні процеси.

Транспортна система є циклічною. Це означає, що, за винятком трубопроводного транспорту, її функціонування є безперервним, а транспортування вантажів складається з безперервних виробничих та транспортних циклів. Швидкість цих циклів залежить від частоти їх виникнення, а частота впливає на середню тривалість циклу. Транспортний процес характеризується високою інтенсивністю, безперервними змінами стану процесу та змінами структури матеріалу. Цикл процесу транспортування вантажів змінюється з часом. Однак кожен цикл має початок і кінець. Кожен ітеративний транспортний цикл складається з багатьох тісно узгоджених та паралельно працюючих різних частин, оскільки його кінцевою метою є досягнення зміни положення для вантажів. Ці цикли об'єднуються, утворюючи єдиний транспортний цикл, який становить транспортний процес.

Першим етапом вантажного циклу є доставка порожніх автомобілів до пункту навантаження. Якщо новий цикл починається з навантаження, а пункт навантаження є пунктом розвантаження попереднього транспортного циклу, його не слід розглядати як окремий етап. Заключним етапом транспортування

є повне розвантаження автомобіля, після чого починається наступний цикл або транспортний засіб повертається на стоянку. Внутрішні вимоги до часткового завантаження-розвантаження не залежать від транспортного циклу - кожен новий цикл починається з доставки порожнього автомобіля.

Від доставки транспортного засобу до пункту навантаження-розвантаження до наступного прибуття всі етапи одного або кількох транспортних циклів складають оборот транспортних засобів.

Можна виділити практичні транспортні цикли. Ця класифікація базується на матриці транспортних зв'язків та характеристиках маршрутів транспортних засобів.

Найважливішою ланкою в розвитку технології вантажних перевезень є вибір транспортних та технологічних схем. Ефективність транспортних та технологічних схем оцінюється на основі низки показників, до найважливіших з яких належать час доставки вантажів та власний час транспортування; втрати та зміни якості вантажів під час транспортування; витрати транспортної праці та завантаження-розвантаження транспортних засобів; а також різні витрати палива та транспортні витрати. Вибір розумного методу організації вантажних перевезень базується на значеннях двох показників: ступеня механізації та рівня механізації, і ці два показники повинні бути послідовними. Різниця між цими двома показниками полягає в тому, що ступінь механізації відображає частку обсягу робіт, виконаного механізацією, у загальному обсязі робіт, тоді як ступінь механізації враховує складність кожного завдання, і тому є більш точним при оцінці технологічних схем.

$$R_{\text{мех}} = \sum_{i=1}^n N_{\text{в.нр.мехі}} / \left(\sum_{i=1}^n N_{\text{в.нр.мехі}} + \sum_{i=1}^n N_{\text{в.нр.немехі}} \right), \quad (2.1)$$

де $\sum_{i=1}^n N_{\text{в.нр.мехі}}$ $\sum_{i=1}^n N_{\text{в.нр.немехі}}$ – загальна кількість операцій, виконаних механізованими та немеханізованими методами, од.

$$C_{MEK} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{B.MEK} \cdot T_{OPl_i}}{\sum_{i=1}^n N_{B.MEK} \cdot T_{OPl_i} + \sum_{i=1}^n N_{D./HEMEK} \cdot T_{OPl_i}}, \quad (2.2)$$

де T_{OPl_i} – значення трудомісткості для i -ої операції, маш. (люд)/год.

1.2 Характеристика об'єкта для дослідження

Економічні проблеми вимагають від учасників ринку автомобільних вантажних перевезень більше уваги приділяти вирішенню структурних проблем та управлінню автомобільними вантажними перевезеннями. Для вирішення цих критичних проблем необхідно покращити планування, аналіз та економічний аналіз для великомасштабних транспортних систем та окремих транспортних засобів. Тільки на основі правильних розрахунків та аналізу можна розробити ефективні та результативні транспортні рішення. Ефективні економічні рішення мають вирішальне значення для успішного розвитку та стабільної прибутковості підприємств автомобільного транспорту.

У цій роботі об'єктом дослідження є транспортування будівельних матеріалів, а саме піску.

Доставка здійснюється самоскидами. Пісок не потребує жодних спеціальних засобів транспортування та зберігання. Перевізник може прийняти рішення про оснащення транспортних засобів доставки підігрівачами кузова.

Процес навантаження та розвантаження визначається обсягом вантажу, що перевозиться.

Для насипного завантаження Замовник повинен надати вантажні механізми з об'ємом ковша, що не перевищує 1/3 об'єму кузова транспортного засобу. Під час завантаження насипного вантажу в кузов транспортного засобу ковш вантажного механізму повинен розташовуватися на висоті не більше 0,5 м від днища кузова. Під час завантаження великої кількості вантажу водієві за-

боронено заходити в кабіну вантажівки, а перевізнику заборонено переносити вантаж над кабіною вантажівки; завантаження кузова транспортного засобу повинно здійснюватися лише збоку або ззаду.

Перевізник відповідає за затвердження доставки піску відправнику та одержувачу для перевезень насипом.

Під час перевезення будівельних матеріалів (пісок, піщано-гравійні суміші, гравій, щебінь, вапняк, крейда, зола, камінь та його відходи, подрібнена глина) та ґрунту (включаючи родючий шар та глину) транспортні витрати зростають через об'ємну та насипну щільність будівельних матеріалів, що перевищує 1,5 т/куб. м.

Під час завантаження будівельних матеріалів та ґрунту замовник повинен надати вантажне обладнання з об'ємом ковша, що не перевищує 1/3 об'єму вантажного кузова транспортного засобу.

Під час завантаження неметалевих будівельних матеріалів та ґрунту у вантажний відсік бункер завантажувального механізму повинен бути розташований на відстані не менше 1 метра від борту вантажного кузова.

Під час перевезення перевізник, одержувач та одержувач повинні вживати заходів для забезпечення цілісності вантажу.

Одним з недоліків транспортного проектування є те, що його фундаментальний вплив нерозривно пов'язаний з транспортною інфраструктурою. Функція корисності транспортування враховує мету корисності перевезення максимальної кількості товарів на задану відстань.

Для забезпечення надійних транспортних послуг відправники несуть відповідальність за надання вантажоодержувачам інформації про дату доставки.

1.3 Характеристика наявних маршрутів

Маршрут руху – це відстань, яку транспортний засіб проходить від початкового пункту до кінцевого. Довжина маршруту – це довжина цієї відстані.

Час руху маршруту – це кількість годин, протягом яких транспортний засіб проїжджає цей маршрут. Маршрути руху поділяються на кільцеві та маятникові. Маятниковий маршрут – це маршрут, за яким автомобіль проходить однакову відстань як у прямому, так і в зворотному напрямках.

Наразі це оптимальний маршрут. Дороги маршруту, як правило, розташовані на менш важливих ділянках міського руху. Стан дороги повинно відповідати основним правилам дорожнього руху. Водії самостійно обирають маршрути доставки на основі адреси одержувача. Кожен водій має доступ до даних про міські дороги, де може працювати цей тип транспортного засобу.

Перевагою маятникових маршрутів є простота їх організації.

Маршрут зі зворотними порожніми рейсами називається простим маятниковим маршрутом. При роботі на цьому маршруті відбувається лише один рейс за оборот, тобто коефіцієнт використання пробігу 0,5.

Перевізник надає автомобілі, призначені для переміщення цього типу вантажів, до складу, де завантажуються вантажі. При перевезенні піску використовуються самоскиди. Для вантажовідправника вимагається надання вантажу у вигляді, що придатний для транспортування.

Після завантаження потрібна документація. У документах має бути зазначена кількість товарів, доступних для транспортування, час доставки та адреса одержувача. Оскільки товари необхідно доставити кільком одержувачам, для кожного одержувача має бути наданий документ, який інформує їх про кількість, що має бути отримана. Під час завантаження вантаж повинен бути розподілений між кожним одержувачем відповідно.

Для забезпечення необхідного обсягу вантажів існуючі маршрути повинні працювати 5-7 разів протягом тижня.

Вантажно-розвантажувальні операції будуть механізовані з використанням відповідного вантажно-розвантажувального обладнання.

З метою аналізу існуючих маршрутів необхідно розрахувати технічні та експлуатаційні показники для кожного маршруту.

Транспортування піску відіграє важливу роль у будівельній галузі, дорожньому будівництві та багатьох інших галузях промисловості. Цей сипучий матеріал, що складається з різних мінералів, потребує спеціального поводження під час транспортування. Його пухка структура та можливість поломки створюють труднощі при транспортуванні. Щоб забезпечити збереження вантажу та мінімізувати втрати, необхідно ретельно продумати кожну деталь транспортування піску.

Правильна організація транспортування піску ефективно зберігає його якість та запобігає пошкодженням. Залежно від умов та відстані транспортування використовуються різні методи та види транспортування піску. Незалежно від обраного методу, дуже важливо суворо дотримуватися відповідних правил, щоб безпечно та ефективно здійснити транспортування.

Загалом, транспортування піску має свої унікальні характеристики, які необхідно враховувати для забезпечення успішної доставки. Одним з ключових завдань є запобігання втратам матеріалу під час транспортування. Оскільки пісок має пухку та м'яку структуру, він легко подрібнюється. Тому необхідно вживати спеціальних заходів, таких як покриття піску брезентом або іншими матеріалами. Це запобігає розсипанню піску під час транспортування.

Ще одним важливим аспектом є правильне завантаження та розвантаження піску. Щоб уникнути пошкоджень та втрат, пісок слід засипати в кузов вантажівки з висоти не більше 1 метра. Водій не повинен перебувати в кабіні під час завантаження та розвантаження. Крім того, пісок не слід завантажувати на борти транспортного засобу, оскільки це збільшує ризик розсипання вантажу під час транспортування.

Рівномірне завантаження піску має вирішальне значення і не повинно перевищувати максимальну вантажопідйомність транспортного засобу. Це допомагає запобігти пошкодженню транспортного засобу та зменшує ризик дорожньо-транспортних пригод.

Правильна організація транспортування піску може зберегти його якість та запобігти втратам. Залежно від умов транспортування та відстані можна ви-

користувати різні методи транспортування. Незалежно від обраного методу, завжди слід дотримуватися спеціальних правил для забезпечення безпечної та ефективної доставки.

Ключові аспекти транспортування піску: належний захист та рівномірне завантаження

Особливу увагу слід приділяти вибору маршрутів перевезення вантажів. Обраний маршрут має враховувати найкоротшу відстань, дорожні умови, ухили, повороти та затори. Це допомагає мінімізувати ризик розсипання піску та забезпечує стійкість транспортного засобу.

Крім того, протягом усієї подорожі необхідно дотримуватися обмежень швидкості та правил дорожнього руху. Водії повинні бути надзвичайно обережними під час поворотів та руху, щоб уникнути різких рухів, які можуть призвести до розсипання матеріалу.

Ці заходи допомагають забезпечити доставку необхідної кількості піску до місця призначення в цілісному вигляді.

Пісок можна транспортувати різними способами залежно від відстані, кількості та конкретних вимог до транспортування.

Автомобільний транспорт, такий як самоскиди та контейнеровози, є найпоширенішим та найгнучкішим варіантом для перевезень на короткі та середні відстані. Цей метод дозволяє швидко доставляти пісок безпосередньо на будівельні майданчики або виробничі об'єкти, забезпечуючи швидкість та гнучкість. Самоскиди особливо зручні завдяки своїм можливостям автоматичного розвантаження, що значно економить час та працю.

Залізничний транспорт зазвичай використовується для транспортування великої кількості піску на великі відстані. Спеціалізовані вантажні вагони, такі як відкриті вагони та вагони-хопери, забезпечують безпечне та економічно ефективне транспортування великої кількості сипучих матеріалів. Це дуже ефективний метод транспортування піску між регіонами, який може використовувати спеціальні розвантажувальні пірси. Тому цей метод ідеально підходить для великих будівельних проєктів та промислових потреб.

Велику кількість піску також можна транспортувати водою, наприклад, за допомогою балкерів та барж, що знижує витрати. Способи транспортування внутрішніми водними шляхами, такі як самохідні баржі, забезпечують швидке та економічно ефективно транспортування великої кількості сировини. Амортизаційні витрати та витрати на оплату праці надзвичайно низькі.

У цьому дипломному проєкті аналізується транспортування піску. Пісок транспортується з кар'єрів до пунктів прийому, розташованих у місті або навколо нього, та обслуговують місцевих жителів. У табл. 1.1 наведено характеристики джерел піску та пунктів прийому.

Таблиця 1.1 – Параметри пунктів вантажовідправлення та вантажоотримання будівельного вантажу

Пункт відправлення будівельного вантажу	Пункти отримання будівельного вантажу	Тижневий обсяг будівельного вантажу, т
1	2	3
Місце видобутку піску	Місце будівництва №1	726,8
	Місце будівництва №2	1125,3
	Місце будівництва №3	985,2
	Місце будівництва №4	856,6
	Місце будівництва №5	1346,1
	Місце будівництва №6	1288,0
	Місце будівництва №7	1026,0
	Місце будівництва №8	1426,6
	Місце отримання №1	916,1
	Місце отримання №2	1024,3

Для перевезення будівельних вантажів можуть використовувати автомобілі-самоскиди з різною вантажністю (табл. 1.2)

Таблиця 1.2 – Парк автомобілів

Марка	Кількість	Вантажність автомобіля, т
DAF CF	2	14
CB R IVECO AD	2	9
Daewoo Maximus	3	13
Mercedes-Benz Atego	5	8

1.4 Висновки по розділу

У цьому розділі розглядаються правила транспортування та завантаження-розвантаження будівельних матеріалів за допомогою вантажних транспортних засобів.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ 205 ТОНН БУДІВЕЛЬНОГО ВАНТАЖУ НА ДОБУ

Цей розділ має на меті розробити та оптимізувати процес транспортування будівельних матеріалів, виходячи з вибраних ринків.

Для цього необхідно виконати такі завдання:

- провести моніторинг попиту на перевезення будівельних вантажів;
- визначити найкоротші відстані між пунктами транспортної мережі;
- розробити обґрунтовані маршрути перевезення будівельних вантажів;
- вибрати транспортні засоби з відповідною вантажопідйомністю;
- розрахувати техніко-експлуатаційні показники;
- визначити доцільну кількість автомобілів;
- розробити спільний план роботи автомобілів та пунктів завантаження-розвантаження;
- визначити необхідну кількість водіїв;
- розробити графіки щоденних змін та щомісячні плани роботи водіїв.

2.1 Моніторинг попиту

У роботі було досліджено попит та динаміку ринку вантажних перевезень у будівництві на основі щомісячного обсягу вантажних перевезень за останні три роки (2023-2025).

Таблиця 2.1 – Зміна обсягу перевезення будівельного вантажу, т

Місяць	Рік		
	2023	2024	2025
1	2	3	4
Січень	3851,3	4259,7	4897,2

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
Лютий	4259,1	5643,6	4698,2
Березень	5699,1	5399,2	5688,2
Квітень	5479,2	6549,2	6215,2
Травень	5639,2	6598,0	6588,3
Червень	6215,5	6875,0	6658,2
Липень	6248,6	6846,1	6913,7
Серпень	5988,1	6976,1	7565,2
Вересень	6236,8	7126,6	7866,3
Жовтень	6358,5	6898,2	6988,2
Листопад	6322,5	6598,2	6956,0
Грудень	5325,1	6322,1	6845,1

З табл. 2.1 можна побачити, що обсяг перевезень коливався. Незалежно від типу ринку, транспортні компанії приділяють пильну увагу важливості моделей формування попиту.

Спочатку замовники мають деякі нечіткі бажання, які потім перетворюються на попередні вимоги. Ці попередні вимоги далі розвиваються у фактичні вимоги, зрештою формуючи реальний попит.

Щоб зробити проєктні рішення ефективнішими, ми використали екстраполяцію динамічних послідовностей трендів для прогнозування обсягу будівельних вантажів, перевезених у 2026 році.

Для прогнозування даних часових рядів ми використовуємо програму forecast.exe.

У табл. 2.2 наведено прогнозовані результати попиту на перевезення будівельних вантажів в 2026 році.

Таблиця 2.2 – Прогнозовані результати попиту на перевезення будівельних вантажів в 2026 році, т

Місяць	Прогнозовані обсяги перевезень за місяцями
Січень	5408,0
Лютий	5681,3
Березень	5687,2
Квітень	6855,8
Травень	6901,6
Червень	7155,9
Липень	7236,8
Серпень	7786,9
Вересень	8204,2
Жовтень	7618,4
Листопад	7271,5
Грудень	7186,8

2.2 Формування маршрутів перевезення

Планування транспортних маршрутів стосується розробки маршрутів, які максимізують використання пробігу. Вибір маршруту залежить від місцезнаходження відправника та одержувача, типу та кількості вантажу, а також вантажності автомобілів.

Першим кроком у складанні плану перевезень є позначення місцезнаходження відправника та одержувача, а також можливих маршрутів транспортування продукції.

Під час створення можливих транспортних маршрутів необхідно враховувати транспортні умови доріг уздовж шляху руху.

Коди відправника та одержувачів наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Коди відправника та одержувачів

Вантажовідправник	Кодування	Вантажоодержувачі	Кодування
Місце видобутку піску	A ₁	Місце будівництва №1	B ₁
		Місце будівництва №2	B ₂
		Місце будівництва №3	B ₃
		Місце будівництва №4	B ₄
		Місце будівництва №5	B ₅
		Місце будівництва №6	B ₆
		Місце будівництва №7	B ₇
		Місце будівництва №8	B ₈
		Місце отримання №1	B ₉
		Місце отримання №2	B ₁₀

Граф транспортної мережі по перевезенню піску наведено на рис. 2.1.

Під час проектування маршруту необхідно враховувати такі вимоги:

- шлях руху транспортного засобу повинен збігатися з напрямком вантажопотоку;
- повністю уникати зустрічного руху та мінімізувати зайвий транспорт;
- транспортні засоби повинні долати найкоротшу відстань між пунктами завантаження, обираючи вулиці та дороги з твердим покриттям та мінімальним рухом;
- маршрут повинен забезпечувати, щоб транспортні засоби могли рухатися з максимальною швидкістю за заданих умов.

Зрештою, було визначено наступні маршрути:

1. A₁-B₁-B₁-A₁; $l_6=17,4$ км; $l_m=34,5$ км;

2. A₁-B₂-B₂-A₁; $l_6=11,8$ км; $l_m=23,5$ км;

3. A₁-B₃-B₃-A₁; $l_6=13,9$ км; $l_m=27,7$ км;

4. A₁-B₄-B₄-A₁; $l_6=23,5$ км; $l_m=46,9$ км;

5. A₁-B₅-B₅-A₁; $l_6=10,3$ км; $l_m=20,5$ км;



Рисунок 2.1 – Граф транспортної мережі для перевезення будівельного вантажу:

○ - вантажоотримувач, □ - відправник, ● - транспортний вузол.

6. $A_1-B_6-B_6-A_1$; $l_6=18,3$ км; $l_M=36,5$ км;

7. $A_1-B_7-B_7-A_1$; $l_6=17,5$ км; $l_M=34,9$ км;

8. $A_1-B_8-B_8-A_1$; $l_6=24,2$ км; $l_M=48,4$ км;

9. $A_1-B_9-B_9-A_1$; $l_6=12,4$ км; $l_M=24,8$ км;

10. $A_1-B_{10}-B_{10}-A_1$; $l_6=19,5$ км; $l_M=39$ км.

2.3 Визначення марки автомобіля

Найважливішим завданням в організації перевезень є вибір найефективніших автомобілів, які найкраще відповідають конкретним умовам перевезення.

Техніко-економічні показники залежать від методу організації перевезень та його різних експлуатаційних характеристик: вантажопідйомності, коефіцієнта використання вантажопідйомності, швидкісних характеристик та прохідності.

Наступним кроком є розрахунок вартості перевезення тонни вантажу для існуючих автомобілів компанії.

Розраховуємо вартість перевезення 1 тонни будівельного вантажу. У наступному прикладі використовується конкретна марка автомобіля: CB R IVECO AD.

Вартість перевезення 1 тонни будівельного вантажу:

$$S_T = \frac{l_B}{q_H \cdot \gamma_C \cdot \beta} \cdot \left(C_{зм} + \frac{C_{п}}{V_T} \right) + \frac{C_{п} \cdot t_{H/P}}{q_H \cdot \gamma_C}, \quad (2.1)$$

де $C_{зм}$, $C_{п}$ – значення для змінних (грн/км) і постійних (грн/год) витрат.

Змінні витрати:

$$C_{зм} = B_{п} + B_{зм} + B_{TOiP} + B_{ш}, \quad (2.2)$$

де B_{Π} – значення витрат для палива (грн/км);

$B_{ЗМ}$ – значення витрат для змащувальних матеріалів (грн/км);

$B_{ТО\&P}$ – значення витрат на ТО та Р для автомобіля (грн./км);

$B_{Ш}$ – значення витрат для шин (грн./км).

Постійні витрати:

$$C_n = B_a + B_{ЗП} + B_n, \quad (2.3)$$

де B_a – значення для амортизаційних відрахувань (грн/год);

$B_{ЗП}$ – значення витрат для заробітної плати для водія (грн/год);

B_n – значення накладних витрат (грн/год).

Витрати на паливо:

$$B_{\Pi} = Q_n \cdot C_n, \quad (2.4)$$

де Q_n – значення загальних витрат для палива (л);

C_n – значення вартості для палива (грн/л (м³)).

Витрати для палива для 1 км пробігу:

$$Q_m = H_{\pi} / 100, \quad (2.5)$$

де H_{π} – значення лінійної норми витрат для палива для 100 км (л/км).

$$Q_m = \frac{26}{100} = 0,26 \text{ л/км},$$

$$B_{\Pi} = 0,26 \cdot 58 = 15,1 \text{ грн/км}.$$

Витрати для мастильних матеріалів:

$$B_{3M} = (H_m \cdot \Pi_m + H_{pm} \cdot \Pi_{pm}) \cdot Q_p / 100, \quad (2.6)$$

де Π_m – значення для вартості рідких необхідних мастил (грн/л);

Π_{pm} – значення вартості для консистентних мастил (грн/кг);

$$B_{3M} = (2,6 \cdot 100 + 0,3 \cdot 80) \cdot 0,26 / 100 = 0,7 \text{ грн/км.}$$

Витрати для обслуговування та ремонту:

$$B_{ToiP} = H_{ToP} / 1000, \quad (2.7)$$

$$B_{ToiO} = 1100 / 1000 = 1,1 \text{ грн/км.}$$

Витрати для шин:

$$B_{ш} = \Pi_{ш} \cdot n_{ш} \cdot (H_{ш} / 1000) \cdot (L_m / 1000), \quad (2.8)$$

$$B_{ш} = 6000 \cdot 8 \cdot (1,1 / 100) \cdot (1 / 1000) = 0,5 \text{ грн/км,}$$

$$C_{3M} = 15,1 + 0,7 + 1,1 + 0,5 = 17,4 \text{ грн/км.}$$

Витрати для амортизаційних відрахувань:

$$B_a = (\Pi_6 \cdot H_a \cdot T_n) / (365 \cdot 24), \quad (2.9)$$

де H_a – значення норми для відрахувань для амортизації автомобілів;

Π_6 – значення балансової вартості (грн).

$$B_a = (680000 \cdot 0,25 \cdot 1) / (24 \cdot 365) = 19,4 \text{ грн./год.}$$

Витрати для заробітної плати:

$$B_{не} = \Gamma_{мс} \cdot (1 + C_{стр.}), \quad (2.10)$$

де $\Gamma_{мс}$ – значення годинної тарифної ставки для водія,

$C_{стр.}$ – значення норми відрахувань для соціального страхування.

$$B_{не} = 50 \cdot (1 + 0,375) = 68,8 \text{ грн./год.}$$

Накладні витрати на експлуатацію:

$$B_n = \frac{(B_n + B_{зм} + B_{ТОіР} + B_{ш} + B_{yn}) \cdot C_n}{100}, \quad (2.11)$$

де C_n – значення нормативу для відрахувань для накладних витрат.

$$B_n = \frac{(15,1 + 7,1 + 1,1 + 5,5 + 68,8) \cdot 20}{100} = 17,2 \text{ грн./год.}$$

$$C_n = 68,8 + 17,2 + 19,4 = 105,4 \text{ грн./год.}$$

Для всіх інших марок автомобілів отримані результати приводимо у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Собівартість перевезення для різних марок автомобілів

Стаття витрат	Марка автомобіля			
	CB R IVECO AD	Daewoo Maximus	Mercedes-Benz Atego	DAF CF
Заробітна плата (грн./год)	68,8	68,8	68,8	68,8
Паливо (грн./год)	15,1	17,4	16,2	19,1
Масильні матеріали (грн./год)	0,7	0,9	0,8	0,9
ТО і Р (грн./год)	1,1	1,2	1,0	1,1
Реновація шин (грн./год)	0,5	0,7	0,6	0,7
Амортизація (грн./год)	19,4	38,2	14,8	36,7
Витрати накладні (грн./год)	17,2	17,8	17,5	18,1
Витрати постійні (грн/год)	105,4	124,8	101,1	123,6
Витрати змінні (грн/км)	17,4	20,2	18,6	21,8
Собівартість (грн/т)	111,8	95,3	157,0	97,9

Інтервали для відстані перевезення:

$$i = \frac{l_B^{\max} - l_B^{\min}}{4} = \frac{39,6 - 8,6}{4} = 7,7, \quad (2.12)$$

де $l_B^{\max}$ та $l_B^{\min}$ – значення найбільшої та найменшої відстані.

Середньо технічна швидкість - $V_m = 46,5$ км/год.

Годинну продуктивність:

$$W_Q = \frac{q_n \cdot \gamma_c \cdot \beta \cdot V_T}{l_B + V_T \cdot \beta \cdot t_{H/P}}, \quad (2.13)$$

де q_n – значення номінальної вантажності у автомобіля (т);

γ_c – значення коефіцієнту використання вантажності автомобіля;

l_B – значення довжини їздки з вантажем, км;

β – значення коефіцієнту використовування для пробігу;

V_m – значення для середньої технічної швидкості (км/год);

$t_{H/P}$ – значення часу простою під навантаженням-розвантаженням за їз-
дку (год).

Час для навантаження та розвантаження:

$$t_{H/P} = \frac{2 \cdot q_n \cdot \gamma}{60}, \quad (2.14)$$

$$t_{H/P} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 9,4}{60} = 31 \text{ год},$$

$$W_Q = \frac{9,4 \cdot 0,5 \cdot 1,5 \cdot 46,51}{8,5 + 46,51 \cdot 0,31 \cdot 0,5} = 13,86 \text{ т/год.}$$

Собівартість транспортування:

$$S_T = \frac{8,5}{9,4 \cdot 0,5 \cdot 15} \cdot \left(1,74 + \frac{10,54}{46,51} \right) + \frac{0,31 \cdot 10,54}{1 \cdot 9,4} = 39,1 \text{ грн/т.}$$

Отримані результати наводимо у табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Показники для обирання рухомого складу

Показник	Модель	Значення за інтервалами				
		8,6	16,3	24,5	31,8	39,6
Собівартість (грн/т)	CB R IVECO					
	AD	39,1	71,15	103,9	136,4	168,8
	Daewoo					
	Maximus	34,1	61,4	88,7	115,9	143,2
	Mercedes-Benz					
	Atego	59,4	110,6	161,7	212,8	263,9
Продуктив- ність (т/год)	DAF CF	33,4	60,1	86,8	113,5	140,2
	CB R IVECO					
	AD	13,86	9,28	6,98	5,61	4,68
	Daewoo					
	Maximus	16,28	11,49	8,88	7,24	6,11
	Mercedes-Benz					
	Atego	11,68	7,52	5,54	4,39	3,63
	DAF CF	16,56	11,76	9,12	7,45	6,29

За даними табл. 2.5 було побудовано графіки зміни для продуктивності та для собівартості, як показано на рис. 2.2 та 2.3.

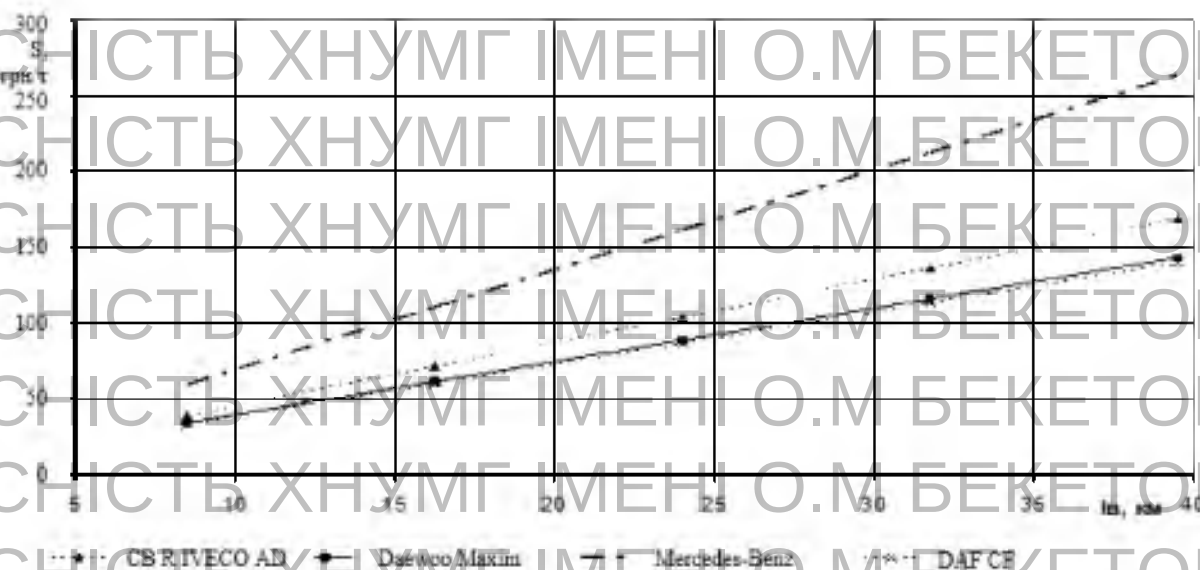


Рисунок 2.2 – Зміна собівартості перевезення для різних марок автомобілів



Рисунок 2.3 – Зміна годинної продуктивності для різних марок автомобілів

Було виділено автомобіль DAF CF для роботи на маршрутах.

2.4 Результати визначення техніко-експлуатаційних показників

Ключові показники ефективності для транспортних засобів на маршруті (метод розрахунку базується на першому маршруті як прикладі). Результати розрахунку для інших маршрутів наведено в табл. 2.6.

1. Значення довжини маршруту – 34,6 км;
2. Значення довжина вантажної їздки – 17,4 км;
3. Значення коефіцієнту використання пробігу для маршруту – β ;

$$\beta = \frac{17,4}{34,6} = 0,5.$$

4. Значення добового обсягу перевезення вантажу - 120,98 т;
5. Значення коефіцієнту використання вантопідйомності – 1.
6. Значення часу оберт:

$$t_{об} = \frac{l_m}{V_T} + t_{н/р}, \quad (2.15)$$

де V_T – значення технічної швидкості - 46,5 км/год;

$t_{н/р}$ – значення часу навантаження та розвантаження - 0,67 годин.

$$t_{об} = \frac{34,6}{46,5} + 0,67 = 1,24 \text{ год.}$$

7. Значення кількості обертів протягом доби:

Таблиця 2.6 – Результати визначення техніко-експлуатаційних показників

Показник	Маршрут									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Довжина маршруту, км	34,61	22,35	27,61	46,81	20,41	36,41	34,81	48,41	24,81	39,02
Довжина вантажної їздки, км	17,31	11,18	13,82	23,43	10,25	18,22	17,47	24,23	12,42	19,51
Коефіцієнт використання вантажної їздки	0,50									
Добовий обсяг перевезень, т	120,98	187,39	164,04	142,61	224,19	214,51	170,84	152,53	170,56	237,61
Коефіцієнт використання вантажності	1									
Час оборту автомобіля, год	1,25	0,99	1,08	1,52	0,95	1,29	1,26	1,55	1,04	1,35
Кількість обертів протягом доби, од	7,0	9,0	8,0	6,0	10,0	7,0	7,0	6,0	9,0	7,0
Час роботи для маршруту, год	7,47	7,85	7,66	7,54	8,46	7,71	7,48	7,71	8,28	8,04
Обсяг перевезень за добу для 1 автомобіля, т	82,00	109,00	94,60	67,60	121,60	82,00	82,00	67,60	109,00	82,00
Кількість обертів	10	15	14	12	18	17	14	13	14	19
Кількість автомобілів для маршруту	2	3	2	3	2	3	2	3	3	3
Пробіг за добу, км	207,7	178,7	193,2	234,1	183,7	218,5	208,9	242,1	198,5	234,1
Пробіг з вантажем, км	103,9	89,37	96,7	117,1	91,9	109,3	104,5	121,2	99,3	117,4

$$n = \frac{T_M}{t_{обс}}, \quad (2.16)$$

$$n = \frac{8}{1,24} = 6 \text{ об.}$$

Час роботи для маршруту:

$$T_M = t_{об} \cdot n, \quad (2.17)$$

$$T_M = 6 \cdot 1,24 = 7,46 \text{ год.}$$

Добовий обсяг перевезень для 1 автомобіля:

$$Q_{доб} = q_H \cdot n \cdot \gamma_C, \quad (2.18)$$

$$Q_{доб} = 6 \cdot 1 \cdot 13,5 = 81,0 \text{ т.}$$

Кількість обертів:

$$n' = \frac{Q_{ДМ}}{q_H \cdot \gamma_C}, \quad (2.19)$$

$$n' = \frac{120,98}{1 \cdot 13,5} = 9 \text{ об.}$$

Кількість автомобілів:

$$A_M = \frac{n}{n}, \quad (2.20)$$

$$A_M = (9/6) = 2 \text{ од.}$$

Пробіг за добу:

$$L_M = \sum_1^n l_M, \quad (2.21)$$

$$L_M = \sum_1^6 34,7 = 207,67 \text{ км.}$$

Пробіг з вантажем:

$$L_B = \sum_1^n l_B, \quad (2.22)$$

$$L_B = \sum_1^6 17,4 = 103,9 \text{ км.}$$

Всі отримані результати приводимо у табл. 2.6.

2.5 План узгодженої роботи автомобілів та пункту навантаження

Кількість постів для навантаження:

$$X_{\Pi} = \frac{\sum N_{\infty} \cdot t_{\Pi}}{T_p}, \quad (2.23)$$

де $N_{об}$ - значення кількості навантажень протягом вивезення вантажу (од);

T_p - значення тривалості роботи для пункту навантаження - 8 год.

$$N_{об} = \sum_{i=1}^k n_i, \quad (2.24)$$

$$N_{об} = 14 + 9 + 13 + 17 + 11 + 13 + 16 + 13 + 18 + 12 = 136 \text{ од.}$$

$$X_{п} = \frac{0,25 \cdot 136}{8} = 4 \text{ од.}$$

Далі розраховуємо кількість автомобілів для безперебійної роботи поста:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^m t_{об} \cdot n_i}{T_{3м} \cdot X_{п}}, \quad (2.25)$$

$$A = \frac{(9 \cdot 1,24) + (14 \cdot 0,98) + (13 \cdot 1,09) + (11 \cdot 1,51) + (17 \cdot 0,94) + (16 \cdot 1,28) + (13 \cdot 1,25) + (12 \cdot 1,54) + (13 \cdot 1,03) + (18 \cdot 1,34)}{8 \cdot 4} = 5 \text{ од.}$$

Корегуємо час оберту, щоб значення було кратне часу у наряді (табл. 2.7).

Далі формуємо матрицю для прибуття автомобілів для навантаження (табл. 2.8)

Таблиця 2.7 – Час оборту корегований

Маршрут	Час оборту, год	Кількість обортів, од.	Скорегований час оборту, год
1	1,25	3	1,0
2	0,99	4	1,0
3	1,08	3	1,0
4	1,52	4	1,0
5	0,95	4	1,25
6	1,29	2	1,25
7	1,26	4	1,25
8	1,55	4	1,5
9	1,04	3	1,5
10	1,35	4	1,5

2.6 Планування роботи для водіїв

Під час складання графіків роботи водіїв, тобто під час створення розкладів руху та графіків роботи для водіїв, необхідно провести визначення кількості водіїв, необхідних для маршрутів.

Формула для розрахунку необхідної кількості водіїв така.

$$N_{\text{вод}} = \frac{\Phi P \mathcal{U}_{\text{існ}}}{\Phi P \mathcal{U}_{\text{норм}}}, \quad (2.26)$$

де $\Phi P \mathcal{U}_{\text{існ}}$ – наявний фонд часу роботи (год);

$\Phi P \mathcal{U}_{\text{норм}}$ – час роботи за нормативами.

$$\Phi P \mathcal{U}_{\text{існ}} = \sum_{s=1}^n D_p \cdot T_n^s, \quad (2.27)$$

Таблиця 2.8 – Матриця прибуття автомобілів під навантаження

Маршрут	<i>n'</i>	<i>тоб</i>	0,0	0,250	0,50	0,750	1,0	1,250	1,50	1,750	2,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	4	1,0	<u>1,0</u>	<u>1,250</u>	<u>1,50</u>	<u>1,750</u>	2,0	2,250	2,50	2,750	3,0
3	3	1,0	1,0	1,250	1,50	1,750	<u>2,0</u>	<u>2,250</u>	<u>2,50</u>	2,750	3,0
5	4	1,0	1,0	1,250	1,50	1,750	2,0	2,250	2,50	<u>2,750</u>	<u>3,0</u>
9	3	1,0	1,0	1,250	1,50	1,750	2,0	2,250	2,50	2,750	3,0
1	2	1,25	1,250	1,50	1,750	2,0	2,250	2,50	2,750	3,0	3,250
6	4	1,25	1,250	1,50	1,750	2,0	2,250	2,50	2,750	3,0	3,250
7	3	1,25	1,250	1,50	1,750	2,0	2,250	2,50	2,750	3,0	3,250
4	3	1,5	1,50	1,750	2,0	2,250	2,50	2,750	3,0	3,250	3,50
8	3	1,5	1,50	1,750	2,0	2,250	2,50	2,750	3,0	3,250	3,50
10	5	1,5	1,50	1,750	2,0	2,250	2,50	2,750	3,0	3,250	3,50
Автомобіль			1	2	3	4	1	2	3	4	1

Продовження табл. 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2,250	2,50	2,750	3,0	3,250	3,50	3,750	4,0	4,250	4,50	4,750	5,0
3,250	3,50	3,750	4,0	4,250	4,50	4,750	5,0	5,250	5,50	5,750	6,0
3,250	3,50	3,750	4,0	4,250	4,50	4,750	5,0	5,250	5,50	5,750	6,0
<u>3,250</u>	<u>3,50</u>	3,750	4,0	4,250	4,50	4,750	5,0	5,250	5,50	5,750	6,0
3,250	3,50	<u>3,750</u>	<u>4,0</u>	<u>4,250</u>	4,50	4,750	5,0	5,250	5,50	5,750	6,0
3,50	3,750	4,0	4,250	4,50	<u>4,750</u>	<u>5,0</u>	5,250	5,50	5,750	6,0	6,250
3,50	3,750	4,0	4,250	4,50	4,750	5,0	<u>5,250</u>	<u>5,50</u>	<u>5,750</u>	<u>6,0</u>	6,250
3,50	3,750	4,0	4,250	4,50	4,750	5,0	5,250	5,50	5,750	6,0	<u>6,250</u>
3,750	4,0	4,250	4,50	4,750	5,0	5,250	5,50	5,750	6,0	6,250	6,50
3,750	4,0	4,250	4,50	4,750	5,0	5,250	5,50	5,750	6,0	6,250	6,50
3,750	4,0	4,250	4,50	4,750	5,0	5,250	5,50	5,750	6,0	6,250	6,50
2	3	4	1	2	3	4	1	2	5	3	4

де D_p – кількість робочих днів протягом місяця;

T_n^a – час у наряді (год).

$$T_n^e = T_n^a + 0,37, \quad (2.28)$$

де T_n^a – час у наряді для автомобіля (год);

0,37 – час для додаткових операцій (год).

$$T_n^a = T_m^a + t_0, \quad (2.29)$$

де T_m^a – час на маршруті (год);

t_0 – час нульового пробігу (год).

$$T_n^a = 0,2 + 10,5 = 10,7 \text{ год.}$$

Внаслідок цього:

$$T_n^e = 0,37 + 10,7 = 11,07 \text{ год.}$$

Фонд часу для роботи:

$$ФРЧ_{исн} = 11,07 \cdot 27 + 11,07 \cdot 27 + 9,07 \cdot 27 + 9,07 \cdot 27 + 7,82 \cdot 27 = 1298,8 \text{ год.}$$

$$N_{год} = \frac{1298,8}{168} = 8 \text{ вод.}$$

Для забезпечення безперебійної роботи на встановлених маршрутах визначено, що всі транспортні засоби повинні бути укомплектовані вісьмома водіями (табл. 2.9, 2.10).

2.7 Висновки по розділу

У цьому розділі розглядається планування транспортних маршрутів. Наступний етап включає аналіз марок транспортних засобів, вибір тих, що мають найнижчі транспортні витрати та найвищу погодинну продуктивність з існуючих автопарків.

Також у цьому розділі було розроблено узгоджений план роботи пунктів завантаження-розвантаження та транспортних засобів.

Для маршрутів було розраховано експлуатаційні та технологічні показники транспортного засобу. Аналіз результатів розрахунків показав, що вантажопідйомність транспортних засобів на більшості маршрутів була використана повністю.

Таблиця 2.9 – Графік роботи для водіїв

Водії	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	ФРЧ
1	P2	B	P2	P3	B	B	P3	P3	B	P3	B	P2	P3	P2	B	B	P2	P3	B	B	P1	P1	P4	B	P1	B	B	165 ⁰⁰
2	P1	P1	P1	B	P3	P1	P2	B	P3	B	P3	P1	B	P1	B	P4	P1	B	B	P5	P2	P2	B	B	B	P4	B	165 ⁰⁰
3	P4	B	P4	B	P2	B	B	P1	P2	P1	P2	B	P1	P4	P4	B	B	P1	P4	B	P4	B	P5	P2	P3	B	P5	163 ¹²
4	P3	P5	P3	B	P5	B	P5	B	P5	B	P5	P5	B	P5	P3	P1	P3	B	P3	B	P5	P3	P2	P4	B	P2	B	163 ¹²
5	B	P4	B	P5	P1	P2	B	P4	P1	P2	P4	B	P4	P3	P2	P2	B	P4	P2	P2	P3	B	P1	P3	P2	B	P3	164 ³⁰
6	P5	B	B	P2	P4	P4	B	B	P4	B	P1	P3	B	B	P5	P3	B	B	P5	P4	B	P5	B	P1	B	P3	P4	164 ⁰⁴
7	B	P3	P5	P4	B	P3	P1	P5	B	P5	B	B	P5	B	P1	B	P4	P5	P1	P3	B	B	P3	P5	P4	P1	P1	166 ³²
8	B	P2	B	P1	B	P5	B4	P2	B	P2	B	P4	P2	B	B	P5	P5	P2	B	P1	B	P4	B	B	P5	P5	P2	145 ⁰⁴

P1 – робота ТЗ 1;

P2 – робота ТЗ 2;

P3 – робота ТЗ 3;

P4 – робота ТЗ 4;

P5 – робота ТЗ 5.

Таблиця 2.10 – Графік руху автомобілів на маршрутах

Автомобіль	t_1^*	Маршрут	t_2^{**}	t_1	Маршрут	t_2	t_1	Маршрут	t_2	t_1	Маршрут	t_2	t_1	Маршрут	t_2	t_1	Маршрут	t_2
1	8 ⁰¹	II	9 ⁰¹	9 ⁰¹	III	10 ⁰¹	10 ⁰¹	V	11 ⁰¹	11 ⁰¹	IX	12 ⁰¹	13 ⁰¹	VI	14 ¹⁶	14 ¹⁶	VII	15 ³¹
2	8 ¹⁶	II	9 ¹⁶	9 ¹⁶	III	10 ¹⁶	10 ¹⁶	V	11 ¹⁶	11 ¹⁶	IX	12 ¹⁶	13 ¹⁶	VI	14 ³¹	14 ³¹	VII	15 ⁴⁶
3	8 ³¹	II	9 ³¹	9 ³¹	III	10 ³¹	10 ³¹	V	11 ³¹	11 ³¹	I	12 ⁴⁶	13 ⁴⁶	VI	15 ⁰¹	15 ⁰¹	IV	16 ³¹
4	8 ⁴⁶	II	9 ⁴⁶	9 ⁴⁶	V	10 ⁴⁶	10 ⁴⁶	IX	11 ⁴⁶	12 ⁴⁶	I	14 ⁰¹	14 ⁰¹	VII	15 ¹⁶	15 ¹⁶	IV	16 ⁴⁶
5	12 ³¹	VI	13 ⁴⁶	13 ⁴⁶	IV	15 ¹⁶	16 ¹⁶	VIII	17 ⁴⁶	17 ⁴⁶	X	19 ¹⁶						

* – час прибуття для навантаження, год.

** – час прибуття для наступного навантаження, год.

Автомобіль							
1	15 ³¹	VIII	17 ⁰¹	17 ⁰¹	X	18 ³¹	10 ³¹
2	15 ⁴⁶	VIII	17 ¹⁶	17 ¹⁶	X	18 ⁴⁶	10 ³¹
3	16 ³¹	X	18 ⁰¹				8 ³¹
4	16 ⁴⁶	X	18 ¹⁶				8 ³¹
5							7 ¹⁶

Продовження табл. 2.10

РОЗДІЛ 3

ФОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

На рис. 3.1 зображено схему організації руху перехрестя та показники інтенсивності руху. На рис. 3.2 зображено принципову схему розташування технічних засобів регулювання руху на перехресті. Рекомендується встановити пішохідні світлофори на перехресті вулиць. На рис. 3.3 зображено принципову схему запропонованого розташування технічних засобів регулювання руху. На рис. 3.4 зображено запроповану поетапну схему розташування перехрестя.



Рисунок 3.1 – Картограма інтенсивностей для перехрестя:

- 186 → - напрямок руху (186- інтенсивність);
- II - номер підходу до перехрестя.

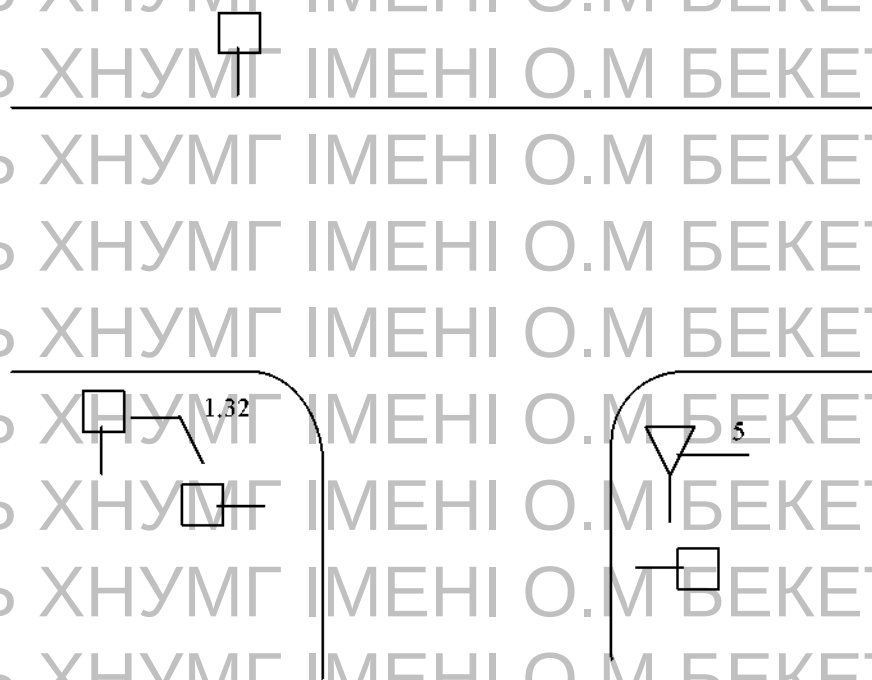


Рисунок 3.2 – Наявна схема перехрестя

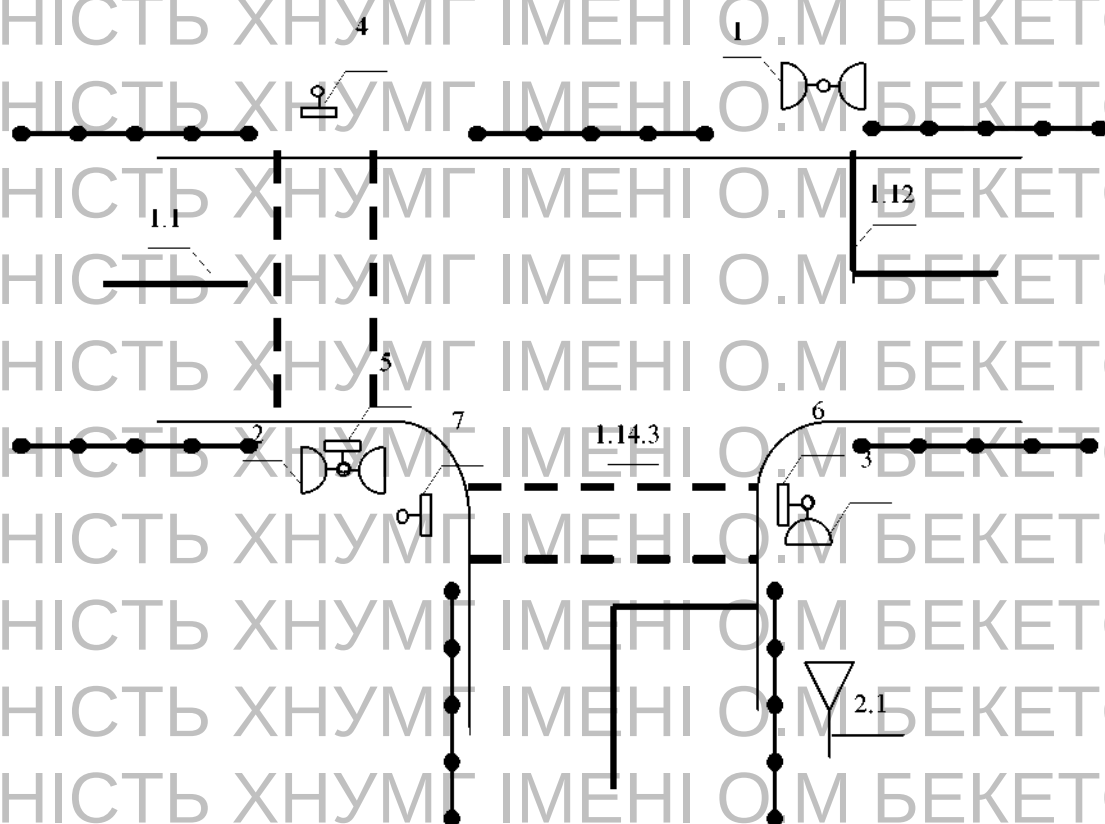


Рисунок 3.3 – Запропонована схема перехрестя

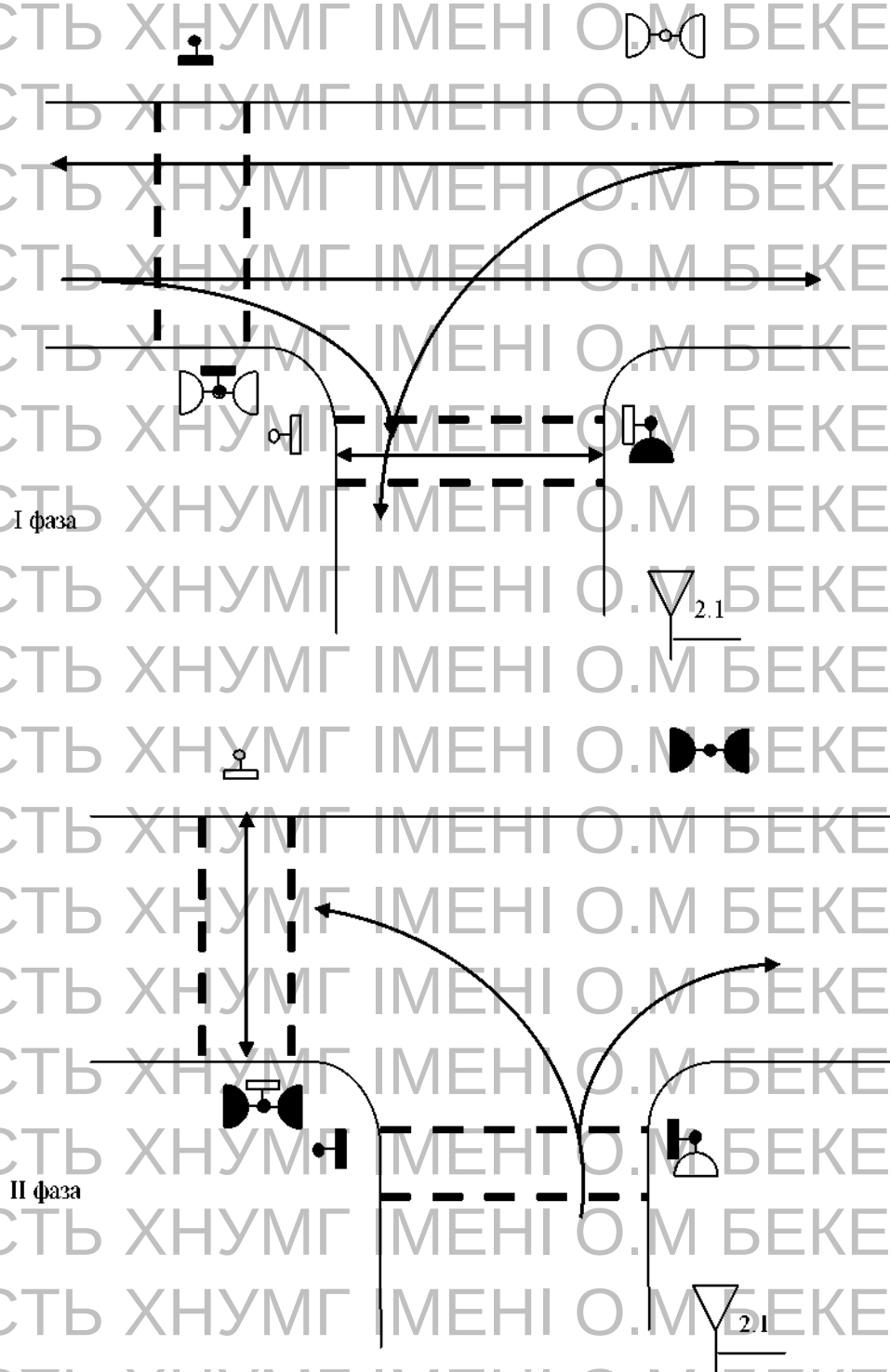


Рисунок 3.4 – Пропонована схема роз'їзду:

- ⬆️ дозволяючий сигнал у світлофора;
- ⬆️ забороняючий сигнал у світлофора.

Для запропонованих схем руху на перехресті доцільно розрахувати значення фазових коефіцієнтів.

Фазовий коефіцієнт відображає рівень насиченості руху контрольованої фази. На основі формули розраховуються фазові коефіцієнти для руху в кожному напрямку на перехресті під кожною контрольованою фазою:

$$Y_{ij} = \frac{N_i}{M_{ni}}, \quad (3.1)$$

де Y_{ij} - значення для фазового коефіцієнту;

i - номер для напрямку;

N_i - інтенсивність у i - му напрямку (авт/год);

M_{ni} - потоки насичення для i - го напрямку (авт/год).

Для руху в прямому напрямку:

$$M_{nij} = 525 \cdot B_{nч}, \quad (3.2)$$

де 525 – коефіцієнт (емпіричний);

$B_{nч}$ - ширина у проїжджій частині напрямку у даній фазі.

За наявності ухилу:

$$M_{nij} = 525 \cdot B_{nч} \cdot K_i, \quad (3.3)$$

де K_i - коефіцієнт врахування поздовжніх ухилів.

$$K_i = 1 \pm \frac{3 \cdot i}{1000}. \quad (3.4)$$

Формули (3.2) та (3.3) застосовуються до ширини від 5,4 м до 18,0 м. Якщо ширина смуги руху менше 5,4 м, для розрахунку використовуються дані з табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Залежність потоку насичення від ширини проїжджої частини

Потік насичення	1850 авт/г од	1875 авт/го д	1950 авт/г од	2033 авт/г од	2075 авт/г од	2275 авт/г од	2475 авт/г од	2625 авт/г од	2700 авт/г од
Ширина проїжджої ча- стини	3,0 м	3,3 м	3,6 м	4,0 м	4,2 м	4,5 м	4,8 м	5,0 м	5,1 м

Для транспортних засобів, що рухаються прямо та повертають ліворуч та/або праворуч по одній смузі, якщо інтенсивність потоку повороту перевищує 10% від загального потоку транспорту в заданій фазі та напрямку, потік насичення коригується на потік насичення, розрахований за формулою (3.2) або (3.3) або табл. 3.1.

$$M'_{nij} = 525 \cdot B_{ni} \cdot \frac{100}{a + 1,75 \cdot b + 1,25 \cdot c}, \quad (3.5)$$

де a , b , c – представляють інтенсивність руху транспортних засобів у напрямках, що розглядаються під час цієї фази контролю, виражену у відсотках від руху прямо, з поворотом ліворуч та з поворотом праворуч.

Для 1-го підходу:

$$M_{n11} = 2033 \cdot \frac{100}{87 + 1,75 \cdot 13} = 1852, \text{ авт/год,}$$

$$Y_1 = \frac{485}{1852} = 0,262.$$

Для руху транспорту з поворотом праворуч та ліворуч, що рухається по виділених смугах, потік насичення розраховується на основі радіуса повороту за формулою для односмугового руху:

$$M_{nij} = 525 \cdot B_{nc} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1,525}{R}}, \quad (3,6)$$

де R - радіус для повороту, м.

Аналогічно, ми розраховуємо фазові коефіцієнти для інших напрямків, а результати наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Параметри фазових коефіцієнтів

Параметри	Номер підходу		
	1	2	3
Ширина смуги	4,0 м	4,0 м	3,75 м
Кількість смуг	1 од	1 од	1 од
Фаза пропуску потоку	1	1	2
Потік насичення	1852 авт/год	1891 авт/год	1275 авт/год
Інтенсивність руху (авт/год)	485 авт/год	630 авт/год	245 авт/год
Фазові коефіцієнти	0,2620	0,3330	0,1920

Для розрахованих коефіцієнтів ми беремо максимальне значення. Отже, розрахований фазовий коефіцієнт для першої фази становить $y_1 = 0,334$, а розрахований фазовий коефіцієнт для другої фази становить $y_2 = 0,193$.

Далі нам потрібно розрахувати цикл світлофора та тривалість його компонентів.

Тривалість такту проміжного:

$$t_{ni} = \frac{V_{ai}}{7,2 \cdot a_m} + \frac{3,6 \cdot (l_i + l_a)}{V_{ai}} \quad (3.7)$$

де t_{ni} - тривалість такту проміжного для i -ої фази (с);

V_{ai} - швидкість автомобілів (середня) при підході перед перехрестям без проведення гальмування (км/год);

a_m - уповільнення (середнє) для автомобілів (м/с²);

l_a - довжина автомобіля, що найбільш часто зустрічається у потоці, (м);

l_i - відстань між стоп-лінією та самої дальньої серед конфліктних крапок для i -тої фази (м).

Тривалість такту (проміжного) для фази 1 ($V_a = 60$ км/год., $l_l = 11,5$ м):

$$t_{n1} = \frac{60}{7,2 \cdot 4} + \frac{3,6 \cdot (11,5 + 5)}{60} = 3 \text{ с.}$$

Для фази 2 ($V_a = 45$ км/год., $l_2 = 15$ м).

$$t_{n2} = \frac{45}{7,2 \cdot 4} + \frac{3,6 \cdot (15 + 5)}{45} = 3,2 \text{ с.}$$

Тривалість проміжного такту повинна бути в діапазоні 3–4 секунд. Під час проміжного такту пішоходи, які раніше переходили дорогу на сигнал світлофо-

ра, завершують свій перехід. Максимальний час, необхідний для цього пішохода, визначається за такою формулою:

$$t_{ni(nu)} = \frac{B_{nui}}{4 \cdot V_{nu}}, \quad (3.8)$$

де $t_{ni(nu)}$ - тривалість такту (проміжного) з умови закінчення пішоходами руху (с);

B_{nui} - ширина для проїзної частини, що пересікають пішоходи у i -ій фазі (м);

V_{nu} - швидкість руху для пішоходів (м/с).

Тривалість такту проміжного з умови закінчення пішоходами руху у другій фазі при $B_{nu} = 8$ м.

$$t_{n2(nu)} = \frac{8}{4 \cdot 1,3} = 1,5 \text{ с.}$$

Так як $t_{n2(nu)} = 1,5 < t_{n2} = 3,2$, тривалість такту приймаємо 4 с.

Загальний час тактів проміжних:

$$T_n = \sum_{i=1}^k t_{ni}, \quad (3.9)$$

де k – загальна кількість фаз для регулювання.

Загальний час для проміжних тактів:

$$T_n = 3 + 4 = 7 \text{ с.}$$

Оскільки інтенсивність руху на перехрестях висока, то, згідно з формулою Вебстера, час циклу залежить від загального часу проміжного циклу на основі випадкового прибуття транспортних засобів на перехрестя.

$$T_{\text{ц}} = \frac{1,5 \cdot T_n + 5}{1 - Y}, \quad (3.10)$$

де Y – сума всіх фазових коефіцієнтів.

$$Y = \sum_{i=1}^k y_i \quad (3.11)$$

$$Y = 0,333 + 0,192 = 0,525.$$

Тривалість для циклу:

$$T_{\text{ц}} = \frac{1,5 \cdot 7 + 5}{1 - 0,525} = 33 \text{ с.}$$

З міркування безпеки для руху тривалість циклу має бути $25 \leq T_{\text{ц}} \leq 120 \text{ с.}$

Тривалість для основних тактів t_{oi} визначаємо відповідно фазовим коефіцієнтам:

$$t_{oi} = \frac{(T_{\text{ц}} - T_n) \cdot y_i}{Y}, \quad (3.12)$$

Тривалість для основного такту:

- першої фази:

$$t_{o1} = \frac{(33 - 7) \cdot 0,333}{0,525} = 17 \text{ с.}$$

- другої фази:

$$t_{o2} = \frac{(33 - 7) \cdot 0,192}{0,525} = 9 \text{ с.}$$

Перевіримо всю тривалість тактів за умова проходження пішоходів:

$$t_{nu} = 5 + \frac{B_{nu}}{V_{nu}} \quad (3.13)$$

Для 2-ї фази ($B_{nu}=8$ м):.

$$t_{nu} = 5 + \frac{8}{1,3} = 11 \text{ с.}$$

Так як $t_{nu} > t_{o2}$, то пішоходи не будуть встигати закінчити перехід дороги.

Внаслідок цього тривалість основних тактів корегуємо:

$$T_u = 17 + 11 + 7 = 35 \text{ с.}$$

Графік режимів роботи світлофору приводимо на рис. 3.5.

Таким чином визначено, тривалість циклу світлофорного регулювання повинна мати значення 35 с при основних тактах 17 с. та 11 с.

Нап- рямок руху	Тип світ- ло- фору	Номер світло- фору	Тривалість циклу, с			
			Фаза перша		Фаза друга	
ТР. 1, 2, 3, 4	ТрС	1, 2				
5, 6	ТрС	3				
Пш.1	ПшС	4, 5				
Пш. 2	ПшС	6, 7				
			17с	4с	11с	3с

Рисунок 3.5 - Режими роботи для світлофору:

ТрС – транспортний світлофор; ПшС – пішохідний світлофор;

□ - сигнал зелений; ▨ - сигнал жовтий; ▩ - сигнал червоний.

ВИСНОВКИ

Аналіз існуючих методів організації перевезень будівельних матеріалів дозволив дослідити технологію перевезення та проаналізували позитивні та негативні фактори, що впливають на продуктивність автомобілів.

У роботі проведено прогнозування попиту на послуги з перевезення будівельних матеріалів у 2026 році.

Для удосконалення організації перевезень будівельних матеріалів було проаналізовано існуючі автомобілів. На основі даних про транспортні витрати та погодинну продуктивність існуючого рухомого складу було визначено, що автомобіль DAF CF є найбільш придатним для перевезення будівельних матеріалів. Було розроблено маршрути перевезення та визначено їх показники.

Для підвищення безпеки руху при перевезенні будівельних матеріалів проведено розрахунки параметрів світлофорної сигналізації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вантажні перевезення. / О.В. Лаврухін, О.В. Розсоха, Г.Є. Богомазова. – Харків, 2016. – Ч. 2. – 110 с.
2. Яцківський Л.Ю. Загальний курс транспорту / Л.Ю. Яцківський, Д.В. Зеркалов. – Київ, 2007. – 514 с.
3. Дмитриченко, М.Ф. Основи теорії транспортних процесів і систем /М.Ф. Дмитриченко, С.В. Ширяєва. – Київ, 2009. – 337 с.