

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

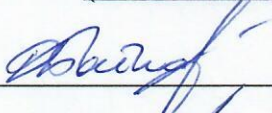
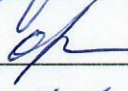
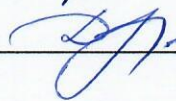
магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему: УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ ПОЛІМЕРНОЇ
ПЛІВКИ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ УКРАЇНСЬКИМ
СПОЖИВАЧАМ ІЗ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Виконав: студент ІІ курсу, групи T-323м

Спеціальності 275 «Транспортні технології
(за видами)»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
275.03 «Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)»

		Дмитро БОЙКО (прізвище та ініціали)
Керівник		Олена ОСТРОГЛЯД (прізвище та ініціали)
Рецензент		Ольга ДУДАРЕНКО (прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет _____ Транспортний _____
Кафедра _____ «Транспортні технології» _____
Ступінь вищої освіти _____ магістр _____
Спеціальність _____ 275 «Транспортні технології (за видами)» _____
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) 275.03 «Транспортні технології (на _____
автомобільному транспорті)» _____
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

«01» листопада 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

БОЙКА Дмитра Олександровича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Удосконалення процесу доставки полімерної плівки автомобільним транспортом українським споживачам із Дніпропетровської області

керівник проєкту (роботи) к.т.н. ОСТРОГЛЯД Олена Олександрівна

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» листопада 2024 року №487

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 22 січня 2025 р.

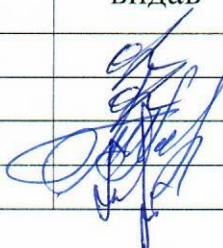
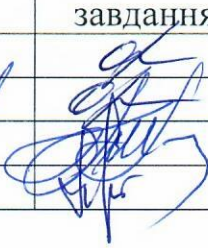
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) обсяги місячних відправлень плівки споживачам, відстань перевезень, існуючі маршрути перевезень, географічне розташування основних споживачів, розміри партій відправлень.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 2. Основна частина, 2.1 Статистичний аналіз обсягів замовлень плівки та характеристика існуючих маршрутів доставки, 2.2 Оптимізація маршруту розвезення плівки на основі вирішення задачі комівояжера, 2.2.1 Формалізація задачі комівояжера у вигляді математичної моделі, 2.2.2 Розв'язання задачі оптимізації маршруту, 2.2.3 Планування рейсів з урахуванням обсягів відправлень, 2.3 Розробка розвізних маршрутів доставки плівки споживачам 10-тонними автомобілями, 3. Економічна частина, 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)

Презентація магістерської роботи

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	ОСТРОГЛЯД О.О., доцент		
2	ОСТРОГЛЯД О.О., доцент		
3	ХАРЧЕНКО Т.В., старш. викл.		
4	ЛАЗУТКІН М.І., доцент		

7. Дата видачі завдання «01» листопада 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

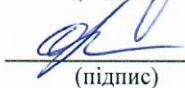
№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	28.10.2024-10.11.2024	
2	Основна частина	11.11.2024-15.12.2024	
3	Економічна частина	16.12.2024-29.12.2024	
4	Охорона праці	20.01.2025-26.01.2025	
5	Оформлення МР, перевірка МР на плагіат, отримання зовнішніх рецензій, захист магістерських робіт	27.01.2025-05.02.2025	

Студент(ка)


(підпис)

Дмитро БОЙКО
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Олена ОСТРОГЛЯД
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 83 с., 16 табл., 8 рис., 3 дод., 10 джерел.

ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ, ПОЛІМЕРНА ПЛІВКА, ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТІВ, ЗАДАЧА КОМІВОЯЖЕРА, АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ, ЛОГІСТИКА, ЕКОНОМІЯ ВИТРАТ.

Об'єкт дослідження – процес організації доставки полімерної плівки автомобільним транспортом з виробничих підприємств Дніпропетровської області до споживачів в Україні.

Мета роботи – удосконалення процесу доставки полімерної плівки автомобільним транспортом з Дніпропетровської області до споживачів в Україні шляхом оптимізації маршрутів та зниження витрат на транспортування.

Методи дослідження – аналітичний, статистичний аналіз, математичне моделювання, економічний аналіз.

Дипломна робота присвячена удосконаленню процесу доставки полімерної плівки автомобільним транспортом споживачам в Україні, зокрема в Дніпропетровській області. У ході дослідження проведено аналіз промислового потенціалу виробництва полімерної продукції, визначено основні галузі споживання полімерної плівки, а також розглянуті технологічні аспекти її виробництва, транспортування та зберігання.

Окрім цього, проаналізовано існуючі маршрути доставки і проведено їх оптимізацію за допомогою математичних моделей. Розроблено два варіанти організації перевезень, що дозволяють мінімізувати витрати на транспортування, покращити використання транспортних засобів і забезпечити ефективність доставки полімерної плівки до кінцевих споживачів.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на проєкт.....	2
Реферат.....	4
Зміст.....	5
Вступ.....	7
1 Аналітична частина.....	9
1.1 Аналіз промислового потенціалу виробництва полімерної про- дукції у Дніпропетровській області.....	9
1.2 Основні галузі споживання полімерної плівки в Україні.....	12
1.3 Різновиди та технологія виробництва полімерної плівки.....	14
1.4 Особливості транспортування та зберігання полімерної плівки...	17
1.5 Аналіз існуючих маршрутів перевезення	19
1.6 Обґрунтування актуальності та визначення напрямків дослі- дження.....	22
2 Основна частина.....	24
2.1 Статистичний аналіз обсягів замовлень плівки та характери- стика існуючих маршрутів доставки.....	24
2.2 Оптимізація маршруту розвезення плівки на основі вирішення задачі комівояжера.....	26
2.3 Розробка розвізних маршрутів доставки плівки споживачам 10- тонними автомобілями.....	48
3 Економічна частина.....	54
3.1 Оцінка загальних витрат для базового варіанту доставки плівки споживачам.....	56
3.2 Визначення загальних витрат при організації маршрутів доста- вки плівки за проєктними варіантами.....	58
3.3 Оцінка витрат і визначення результативності впроваджених рі-	

шень	65
4 Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях.....	67
4.1 Аналіз потенційних небезпек	67
4.2 Заходи з пожежної безпеки	68
Висновки.....	70
Перелік джерел посилань.....	72
Додаток А Аналіз додаткових потенційних небезпек.....	74
Додаток Б Заходи по забезпеченню безпеки.....	75
Додаток В Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці.....	76

ВСТУП

Ефективна організація транспортних процесів є одним із ключових чинників підвищення конкурентоспроможності підприємств у сучасних ринкових умовах. Автомобільний транспорт, завдяки своїй маневровості, гнучкості та здатності забезпечувати швидку доставку, відіграє провідну роль у забезпеченні логістичних потреб компаній. Водночас постійне зростання витрат на перевезення, потреба в оптимізації ресурсів, а також посилення вимог до екологічної складової створюють нові виклики для галузі.

Полімерна плівка, як універсальний матеріал, відіграє значну роль у багатьох галузях — від харчової промисловості та будівництва до сільського господарства та виробництва упаковки. Вона забезпечує можливість герметичного зберігання, захисту від зовнішніх факторів і підвищення привабливості продукції. Попит на полімерну плівку, зумовлений широким спектром її застосування, є не лише значним, а й варіюється залежно від сезону, територіального розташування споживачів та особливостей виробничих процесів.

У зв'язку з цим організація доставки полімерної плівки з Дніпропетровської області, яка є осередком виробництва цього матеріалу, потребує ретельного аналізу. Питання вдосконалення логістичних рішень для зниження витрат, скорочення часу доставки та забезпечення безперебійного постачання є актуальними як для виробників, так і для споживачів.

Дана робота зосереджена на розробці нових підходів до організації перевезень, які базуються на оптимізації маршрутів і врахуванні особливостей попиту в різних регіонах країни. Аналіз витрат і розробка економічно доцільних рішень спрямовані на ефективніше використання ресурсів підприємства.

Запропоновані підходи не лише дозволять удосконалити транспортну діяльність, але й створять умови для забезпечення високої якості обслугову-

вання клієнтів, сприятимуть раціональному використанню транспортних засобів і підвищенню конкурентоспроможності підприємства на ринку..

Ефективна організація транспортних процесів у контексті доставки полімерної плівки є важливим фактором забезпечення стабільної роботи підприємств. Зростаючі вимоги до якості логістичних послуг, що включають своєчасність доставки, гнучкість транспортної системи та мінімізацію витрат, вимагають від компаній впровадження інноваційних підходів. Зокрема, вдосконалення транспортних маршрутів, використання сучасних ІТ-рішень для моніторингу перевезень і впровадження принципів стійкої логістики сприятиме не лише економічній ефективності, але й екологічній відповідальності підприємств, забезпечуючи довготривалі конкурентні переваги на ринку.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз промислового потенціалу виробництва полімерної продукції у Дніпропетровській області

Дніпропетровська область є одним із провідних регіонів України, який характеризується високим рівнем розвитку промисловості, зокрема хімічної та нафтохімічної галузей. Завдяки цим факторам область стала важливим центром виробництва полімерної продукції, яка використовується у широкому спектрі галузей, таких як будівництво, сільське господарство, машинобудування, пакувальна індустрія та інші.

До найбільших підприємств регіону, що займаються виробництвом полімерної продукції, належать сучасні промислові комплекси, які спеціалізуються на виготовленні різноманітних виробів. Серед них вирізняються компанії, які виробляють полімерні плівки, упаковку, труби, деталі для меблевої та автомобільної промисловості. Ці підприємства використовують інноваційні технології, що відповідають сучасним міжнародним стандартам якості, та забезпечують продукцією не лише внутрішній, але й зовнішні ринки.

Серед найбільших виробників полімерної продукції в регіоні можна виділити такі компанії:

АТ «Укрпласт» Ця компанія є одним із лідерів на ринку України у сфері виробництва полімерної упаковки. Вона забезпечує високоякісну продукцію для харчової, хімічної та фармацевтичної промисловості. Асортимент продукції включає багат шарові плівки, термоусадочну упаковку та етикетки.

АТ «Укрпласт» є одним із провідних українських виробників полімерної продукції, зокрема полімерної плівки, та займає значну частку на ринку пакувальних матеріалів. Заснована в Україні компанія спеціалізується на виробництві пластикових виробів для різних галузей промисловості, серед яких харчова, хімічна, фармацевтична, сільськогосподарська та інші. Виробничі

потужності АТ «Укрпласт» забезпечують виготовлення плівки різних типів і призначень, що задовольняє потреби як вітчизняних, так і міжнародних споживачів.

Компанія активно впроваджує сучасні технології в процеси виробництва, що дозволяє їй випускати продукцію високої якості з урахуванням екологічних стандартів. Плівка, вироблена на підприємствах АТ «Укрпласт», характеризується високими бар'єрними властивостями, що дозволяють зберігати товар протягом тривалого часу, захищаючи його від негативного впливу зовнішнього середовища. Це робить продукцію компанії конкурентоспроможною на ринку пакувальних матеріалів як в Україні, так і за її межами.

АТ «Укрпласт» активно працює з різними видами полімерної плівки, включаючи плівку з поліетилену, поліпропілену, поліаміду, а також з комбінованими матеріалами, що дозволяють досягти необхідних бар'єрних властивостей і механічної міцності. Враховуючи динамічний розвиток пакувальної індустрії, компанія постійно вдосконалює свою продукцію, орієнтуючись на вимоги клієнтів та тенденції ринку.

Завдяки широкій мережі дистрибуції та належному рівню обслуговування, АТ «Укрпласт» забезпечує доставку своєї продукції не лише в межах України, а й здійснює експорт у кілька країн, що підтверджує високу конкурентоспроможність компанії на міжнародному ринку. Компанія має значний досвід у виготовленні пакувальних рішень для різних індустрій, що дозволяє їй гнучко адаптуватися до потреб ринку та надавати споживачам продукцію, що відповідає високим стандартам якості та безпеки.

Один із важливих аспектів діяльності АТ «Укрпласт» — це постійне вдосконалення технологічних процесів та інвестиції у розвиток виробничих потужностей, що дозволяє компанії підтримувати високі темпи виробництва та впроваджувати інноваційні рішення в сфері полімерної продукції. Компанія активно співпрацює з науковими установами та технологічними партнерами, що дає змогу розширювати асортимент та покращувати якість своєї продукції.

Отже, АТ «Укрпласт» є важливим гравцем на ринку виробників полімерних пакувальних матеріалів, що забезпечує широкий спектр рішень для потреб різних галузей промисловості. Високий рівень виробничих потужностей, технологічне вдосконалення та орієнтація на потреби клієнтів дозволяють компанії зберігати лідерські позиції на ринку полімерної продукції України.

ТОВ «Пластик Груп» Підприємство спеціалізується на виробництві полімерних труб, фітінгів та інших виробів для будівництва та водопостачання. Завдяки використанню сучасного обладнання та матеріалів продукція компанії відповідає міжнародним стандартам якості.

ТОВ «Полімертех» Компанія є основним виробником полімерних виробів для автомобільної та меблевої промисловості. Продукція включає деталі інтер'єру, фасадні елементи та різні комплектуючі.

ТОВ «Плівкар-Пак» Це підприємство спеціалізується на виробництві різних видів поліетиленової плівки, яка використовується в сільському господарстві, будівництві та пакуванні.

Розташування Дніпропетровської області є стратегічно вигідним завдяки розвиненій транспортній інфраструктурі, яка включає автомобільні, залізничні та річкові сполучення. Це забезпечує зручну логістику, як для постачання сировини, так і для транспортування готової продукції. Наявність в регіоні великих промислових вузлів і підприємств із переробки нафтопродуктів, які є базою для виробництва полімерів, створює сприятливі умови для розвитку галузі.

Особливістю регіону є також висока концентрація підприємств, що орієнтовані на різні сегменти ринку полімерної продукції, що сприяє диверсифікації виробництва. Велика кількість кваліфікованих кадрів у регіоні дозволяє забезпечувати високу продуктивність і підтримувати конкурентоспроможність підприємств.

Важливим аспектом, що впливає на розвиток полімерної індустрії в Дніпропетровській області, є великий попит на цю продукцію як з боку міс-

цевих підприємств, так і на національному рівні. Полімерні вироби мають значний попит у будівельному секторі, сільському господарстві, транспортній індустрії та пакувальній сфері.

Таким чином, Дніпропетровська область має всі необхідні умови для успішного розвитку галузі виробництва полімерної продукції. Поєднання індустріального потенціалу, транспортної доступності, ресурсної бази та високого попиту сприяє стабільному функціонуванню підприємств регіону, забезпечуючи їхню провідну роль у цій галузі на національному рівні. Аналіз діяльності виробників полімерної продукції у Дніпропетровській області дозволяє зробити висновок про стратегічну важливість регіону як одного з основних центрів цієї індустрії в Україні.

1.2 Основні галузі споживання полімерної плівки в Україні

Полімерна плівка є одним із найбільш затребуваних матеріалів на українському ринку, завдяки своїм унікальним властивостям, таким як висока міцність, стійкість до вологи та хімічних впливів, а також здатність зберігати форму і вигляд продуктів протягом тривалого часу. Відповідно, споживачами полімерної плівки в Україні є широке коло підприємств, що працюють у різних галузях промисловості та споживчому секторі.

Основними споживачами полімерної плівки є підприємства, що займаються пакуванням продуктів харчування, побутової хімії, косметики та інших товарів повсякденного вжитку. Виробники упаковки використовують полімерну плівку для виготовлення різноманітних пакувальних матеріалів, таких як пластикові пакети, плівки для упаковки продуктів, термоусадочні плівки, а також багат шарові плівки для захисту товарів від зовнішніх впливів. Ці матеріали мають широкий спектр застосування завдяки їх здатності до термоформування та забезпеченню герметичності упаковки.

Окрім пакувальної індустрії, значним споживачем полімерної плівки є будівельна галузь, де плівка використовується для виробництва плівок для паро- та гідроізоляції, а також у виробництві шпалер та іншого будівельного матеріалу. Вона активно застосовується для захисту будівельних конструкцій, а також для покриття різних поверхонь, що потребують додаткової ізоляції.

Ще однією значною категорією споживачів полімерної плівки є сільське господарство, зокрема для виробництва плівки для теплиць, де вона забезпечує оптимальні умови для вирощування рослин. Полімерна плівка широко використовується для створення теплиць, парників, а також для укриття ґрунту для захисту від заморозків та дощу.

Не менш важливим споживачем є виробництво технічних виробів, зокрема у виготовленні полімерних плівок для автомобільної промисловості, електроніки, а також у виробництві різноманітних компонентів для побутової техніки. Придатність полімерних плівок до формування складних геометричних форм дозволяє застосовувати їх у виробництві деталей, що потребують високих механічних характеристик та стійкості до навантажень.

З огляду на широкий спектр застосування полімерної плівки в різних галузях економіки, можна стверджувати, що її попит на українському ринку стабільно зростає. Це пов'язано з необхідністю забезпечення зручності та ефективності у пакуванні товарів, захисту продукції від навколишнього середовища та зниження витрат на транспортування, а також з впровадженням нових технологій в аграрному та будівельному секторах.

Таким чином, споживачі полімерної плівки в Україні охоплюють значну кількість секторів економіки, що забезпечує постійний попит на цей матеріал, а також стимулює розвиток виробничих потужностей, які спеціалізуються на виробництві полімерної продукції. Враховуючи різноманітність застосувань та технічних характеристик плівок, підприємства, що займаються їх виробництвом, мають широкі можливості для задоволення потреб різних споживачів на внутрішньому та міжнародному ринках.

1.3 Різновиди та технологія виробництва полімерної плівки

Полімерна плівка є важливим матеріалом в сучасних галузях промисловості, завдяки своїм унікальним властивостям, таким як висока міцність, еластичність, прозорість та здатність до термоусадки. Вона широко використовується для пакування, захисту товарів, у сільському господарстві, будівництві, а також у харчовій та медичній промисловості. Існує кілька основних видів полімерних плівок, кожен з яких має свої характерні особливості, що робить їх придатними для різних цілей [1].

До таких видів належать поліетиленова, поліпропіленова, полівінілхлоридна (ПВХ) плівка, термоусадкова плівка, багатошарова плівка, агроплівка та мембранні плівки. Кожен з цих матеріалів має свої переваги і сфери застосування, що дозволяє ефективно використовувати їх у різних умовах та забезпечувати оптимальний захист продуктів і товарів.



а) Поліпропіленова плівка



б) Плівка ПВХ



в) Поліетиленова плівка



г) термозбіжна плівка

Рисунок 1.1 – Різновиди полімерної плівки

Полімерна плівка буває різних видів, які розрізняються за своїм складом, властивостями та сферами застосування. Основні види включають:

Поліетиленова плівка виготовляється з поліетилену високої (HDPE) або низької (LDPE) щільності, використовується для пакування, захисту будівельних матеріалів і в сільському господарстві.

Поліпропіленова плівка має високу прозорість і міцність, застосовується для харчової упаковки, виготовлення пакетів, стрічок і етикеток.

Полівінілхлоридна (ПВХ) плівка використовується в харчовій промисловості, для пакування косметики й технічних товарів завдяки своїй еластичності й герметичності.

Термоусадкова плівка стискається при нагріванні, забезпечуючи щільне обгортання продуктів. Використовується в харчовій промисловості, логістиці та будівництві.

Багатошарова плівка поєднує різні шари для поліпшення захисту від вологи, газів чи механічних пошкоджень, популярна у вакуумній упаковці.

Агроплівка спеціалізована для сільського господарства, використовується для теплиць, мульчування й захисту врожаю.

Мембранні плівки: застосовуються в медицині, електроніці та спеціалізованих галузях для фільтрації чи захисту.

Виготовлення полімерної плівки – це складний багатоступеневий процес, який потребує точного дотримання технологій і використання якісної сировини. Основу плівки становлять полімери, серед яких найбільш поширені поліетилен, поліпропілен і полівінілхлорид. У початковому етапі сировина змішується з різними добавками, такими як пігменти, стабілізатори чи антистатики, що забезпечують додаткові властивості плівці.

Основним етапом виготовлення є екструзія, коли полімери піддаються плавленню та витягуються у вигляді трубки або плоского листа. У процесі екструзії роздувом розплавлений полімер формується в тонку трубку, яка наповнюється повітрям і розтягується до бажаної товщини. Інший метод – ек-

трузія литтям – дозволяє створювати плівки шляхом видавлювання полімеру через плоску щілину з подальшим охолодженням на валках.

Після формування плівка охолоджується за допомогою води або повітря, що забезпечує стабільність її структури. Далі виконується обробка поверхні, яка може включати нанесення антистатичних чи бар'єрних шарів, друк або тиснення. Завершальним етапом є різання та намотування плівки в рулони потрібного розміру.



Рисунок 1.2 – Процес виробництва полімерної плівки

У сучасному виробництві активно впроваджуються інноваційні підходи, наприклад, створення багатошарових плівок з бар'єрними властивостями для харчової упаковки чи виробництво біорозкладних матеріалів, що відповідають вимогам екологічної стійкості. Контроль якості є важливим аспектом, оскільки навіть незначні відхилення можуть вплинути на властивості готової

продукції. Усі ці етапи спрямовані на отримання матеріалу, який відповідає високим стандартам і задовольняє потреби споживачів у різних галузях.

1.4 Особливості транспортування та зберігання полімерної плівки

Транспортування та зберігання полімерної плівки є складним процесом, що вимагає дотримання низки специфічних вимог для збереження її властивостей і якості. Полімерна плівка є чутливою до зовнішніх факторів, таких як температура, вологість, механічні пошкодження та ультрафіолетове випромінювання.

При транспортуванні важливим є забезпечення правильного укладання та упаковки плівки, оскільки навіть незначні пошкодження можуть призвести до її деформації та зниження експлуатаційних характеристик. Для цього плівка зазвичай транспортується в рулонах або пакунках на піддонах, що забезпечує її захист від механічних впливів, зокрема від здавлювання та деформації. Водночас упаковка повинна бути герметичною, щоб запобігти потраплянню вологи, яка може погіршити властивості матеріалу [2] .

Полімерну плівку слід транспортувати в умовах, що не перевищують допустимих температурних режимів, оскільки надмірне нагрівання або заморожування можуть викликати тріщини чи втрату еластичності. Додатково, плівка потребує захисту від ультрафіолетового випромінювання, яке може призвести до її руйнування. Тому при перевезенні на відкритих транспортних засобах використовуються спеціальні тенти або інші матеріали для захисту від сонячних променів.

Зберігання полімерної плівки також вимагає особливих умов. Полімерна плівка має бути збережена в сухих приміщеннях, захищених від вологи та прямого сонячного світла. Волога може негативно вплинути на її структуру, а пряма дія ультрафіолетових променів сприяє її деградації.



Рисунок 1.3 – Зберігання полімерної плівки

Оптимальні умови для зберігання полімерної плівки передбачають температуру від 10 до 25 градусів Цельсія, що дозволяє зберігати її якості протягом тривалого часу. Важливою умовою є також контроль вологості, оскільки надмірна вологість може викликати погіршення властивостей плівки. Для цього необхідно підтримувати рівень вологості в межах 50-60%, що досягається за допомогою спеціальних осушувачів або інших засобів. Рулони плівки повинні зберігатися у вертикальному положенні, на піддонах, що запобігає їх пошкодженню.

Крім того, для забезпечення ефективного обігу товару важливо дотримуватися принципу FIFO (First In, First Out — перший на вхід, перший на вихід), що дозволяє уникнути зберігання застарілої продукції, що втратила свої властивості.

Таким чином, правильне транспортування та зберігання полімерної плівки є важливим фактором для збереження її якості і забезпечення довгові-

чності. Дотримання всіх вимог до умов транспортування та складування дозволяє мінімізувати ризики пошкодження плівки та забезпечити її безпеку при транспортуванні до кінцевого споживача.

1.5 Аналіз існуючих маршрутів перевезення

У рамках даного дослідження аналізується організація доставки полімерної плівки, що здійснюється за постійним контрактом з компанією, яка працює з кількома виробниками плівки в м. Дніпро. Ця компанія обслуговує широку мережу споживачів, що знаходяться в різних містах України. Основною метою дослідження є визначення ефективних методів доставки продукції рухомим складом транспортного підприємства, зокрема з кількох складів постачальників до клієнтів цієї мережі.

Згідно з контрактом, доставка здійснюється за базовим варіантом, який передбачає використання малотонажних автомобілів для перевезень за маятниковими маршрутами. В цьому підході кожен транспортний засіб виконує доставку окремої партії товару одному споживачу і після цього повертається на базу. Така схема доставки є оптимальною для малих обсягів вантажу, що варіюються в межах 2–3 тонн, і дозволяє гнучко задовольняти індивідуальні потреби споживачів.

Однак використання малотонажних автомобілів та маятникових маршрутів має й певні недоліки. Зокрема, це спричиняє збільшення загального пробігу транспортних засобів, що може призвести до зростання витрат на експлуатацію транспорту.

Для більш детального аналізу організації доставки полімерної плівки важливим є розгляд мережі споживачів, які отримують продукцію за зазначеними маршрутами. Вони розташовані в різних містах України, і обсяги поставок для кожного споживача можуть варіюватися залежно від потреб і

умов контракту. У таблиці 1.1 наведено перелік споживачів полімерної плівки, а також відстань до них та розмір партій, що доставляються. Схема напрямків маршрутів доставки полімерної плівки наведена на рис. 1.4

Таблиця 1.1 – Перелік мережі споживачів полімерної плівки

Розташування споживача	Відстань, км	Розмір партії, т
Запоріжжя	90	2,5
Павлоград	80	2,5
Полтава	184	2,5
Миргород	243	3
Черкаси	320	3
Кропивницький	243	3
Кременчук	162	2,5

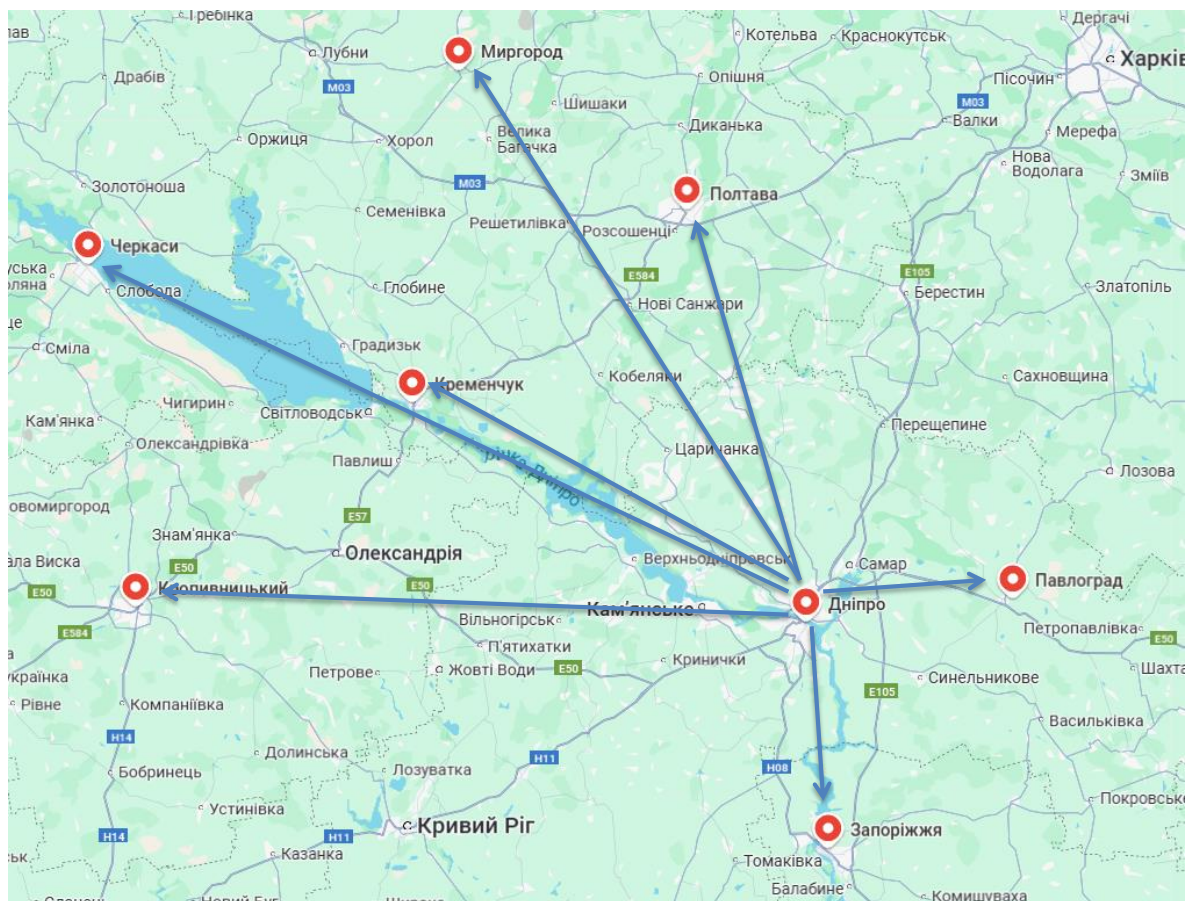


Рисунок 1.4 – Схема напрямків маршрутів доставки полімерної плівки

Для аналізу динаміки обсягів поставок полімерної плівки, важливо не тільки враховувати кількість замовлень по місяцях, але й візуалізувати ці да-

ні для зручності порівняння. У таблиці 1.2 представлений обсяг місячних замовлень на поставку плівки за кожен місяць року для різних міст, загальна динаміка змін обсягів відправлень наведена на рис. 1.5.

Таблиця 1.2 - Обсяг місячних замовлень на поставку плівки

Місяць	Запо- ріжжя	Павло- град	Полта- ва	Мир- город	Черка- си	Кропи- ниць- кий	Кре- менчук
Січень	38	42	38	47	54	45	40
Лютий	42	47	40	48	55	46	39
Березень	39	45	37	46	53	44	42
Квітень	41	44	41	49	57	48	41
Травень	40	46	42	50	56	47	38
Червень	38	43	40	45	52	43	39
Липень	42	48	39	51	54	47	42
Серпень	39	44	38	48	53	43	40
Вересень	41	46	43	50	56	45	41
Жовтень	40	45	41	47	55	46	43
Листопад	38	42	40	49	52	44	38
Грудень	43	49	44	52	58	48	44
Всього	481	541	483	582	655	546	487

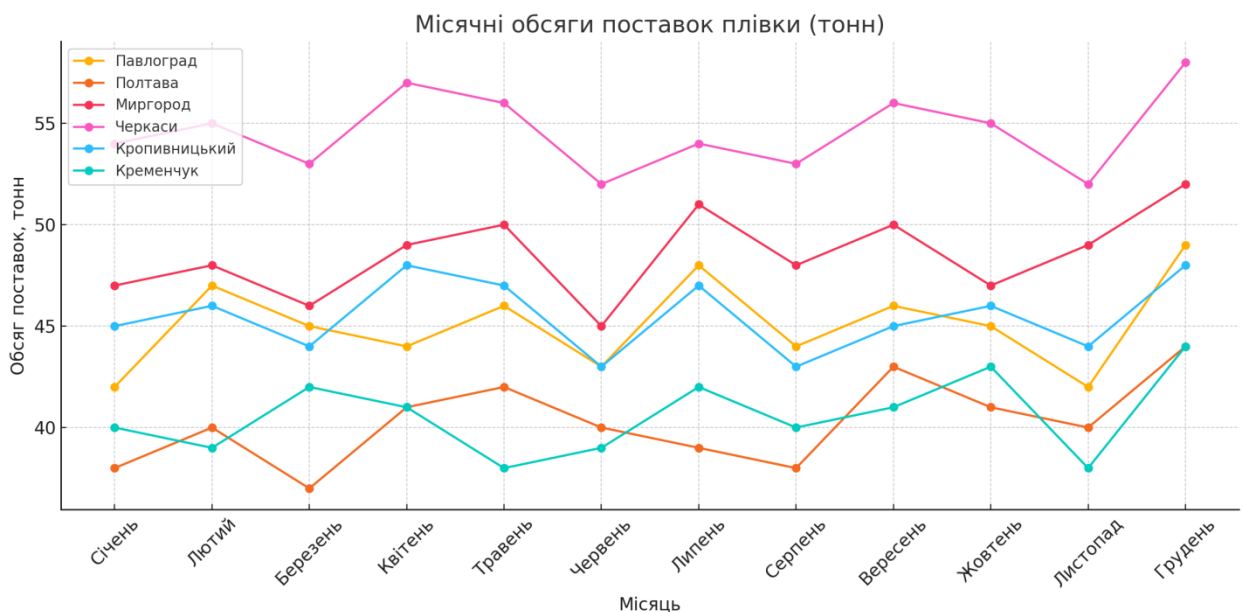


Рисунок 1.5 – Динаміка обсягів відправлень полімерної плівки

1.6 Обґрунтування актуальності та визначення напрямків дослідження

Сучасні умови функціонування транспортної галузі України, зокрема у сфері перевезення полімерної плівки, вимагають підвищення ефективності логістичних процесів шляхом оптимізації маршрутів доставки, скорочення витрат і забезпечення раціонального використання транспортних засобів.

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю адаптації транспортних рішень до особливостей розподілу попиту споживачів, географічної віддаленості регіонів, а також необхідністю зменшення екологічного впливу перевезень.

Метою роботи є удосконалення процесу доставки полімерної плівки автомобільним транспортом українським споживачам із Дніпропетровської області. Для цього поставлено такі основні завдання:

- аналіз існуючої системи доставки полімерної плівки, зокрема маятникових маршрутів.
- проведення статистичного аналізу попиту на полімерну плівку в регіонах, що обслуговуються, із визначенням ключових характеристик коливань обсягів перевезень.
- розробка двох проектних варіантів організації перевезень:
 - а) створення оптимального маршруту доставки з використанням одного 20-тонного автомобіля за допомогою задачі комівояжера;
 - б) розробка схеми доставки із використанням двох автомобілів вантажопідйомністю 10 тонн кожен.
- проведення економічного аналізу проектних варіантів доставки та порівняння їх із базовою схемою перевезень.

Визначення оптимального рішення, яке забезпечить мінімальні витрати на транспортування та ефективне використання ресурсів.

Дослідження дозволяє знайти практичні шляхи підвищення ефективно-

сті перевезень полімерної плівки, що сприятиме оптимізації логістичних процесів і підвищенню конкурентоспроможності підприємства

Отже, проведений аналіз існуючих маршрутів перевезення полімерної плівки дозволяє визначити ключові аспекти організації доставки та виявити основні переваги й недоліки поточної схеми. Враховуючи високий рівень гнучкості в обслуговуванні споживачів, але також і зростання витрат на експлуатацію транспорту через збільшення пробігу, виникає необхідність у подальшій оптимізації логістичних процесів.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Статистичний аналіз обсягів замовлень плівки та характеристика існуючих маршрутів доставки

Для дослідження існуючих маршрутів доставки полімерної плівки виконаємо статистичний аналіз даних щодо місячних обсягів відправлень до різних споживачів (табл.1.2), що дозволяє оцінити рівень попиту, його стабільність і сезонність у різних регіонах. Результати аналізу наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Статистичний аналіз обсягів замовлень плівки

Показник	Запоріжжя	Павлоград	Полтава	Миргород	Черкаси	Кропивницький	Кременчук
Середнє значення, т	40	45	40	48	54	45	40
min, т	38	42	37	45	52	43	38
Max, т	43	49	44	52	58	48	44
Дисперсія, т	2,9	4,9	4,4	4,3	3,7	3,2	3,7
Станд. відхил., т	1,8	2,2	2,1	2,1	1,9	1,8	1,9
Коефіцієнт варіації	0,043	0,049	0,052	0,042	0,035	0,039	0,047

Найбільше середнє значення спостерігається у місті Черкаси (54 т), що свідчить про високий рівень попиту на плівку в цьому регіоні. Найнижчі середні значення (40 т) зафіксовані у Запоріжжі, Полтаві та Кременчуці, що вказує на стабільно менший попит у цих містах.

Найбільші значення дисперсії та стандартного відхилення зафіксовані у Павлограді і Миргороді. Це вказує на значні коливання обсягів замовлень у цих містах. Найменші коливання спостерігаються у Запоріжжі, що підтверджує стабільність замовлень.

Найбільш стабільним ринком є Запоріжжя та Черкаси, де замовлення мають відносно невеликі коливання. Павлоград, Полтава та Миргород демонструють більшу мінливість у попиті, що може бути спричинене сезонністю або зміною потреб споживачів.

Визначаємо основні характеристики маятникових маршрутів, такі як загальна довжина маршруту, середньомісячний обсяг вантажу, розмір партії (табл. 2.2)

Кількість рейсів на місяць визначаємо за формулою [3]:

$$N_{рейс}^м = \frac{Q_{міс}}{q_{парт}} \quad (2.1)$$

де $Q_{міс}$ - обсяг відправлень продукцію споживачу на місяць, т;

$q_{парт}$ – обсяг партії відправлення плівки, т.

Таблиця 2.2 - Характеристика існуючих маршрутів

Маршрут	Відс-тань, км	Довжина рейсу, км	Розмір партії, т	Обсяг, т	Кількість рейсів
1. Дніпро – Запоріжжя – Дніпро	90	180	2,5	40	16
2. Дніпро – Павлоград – Дніпро	80	160	2,5	45	18
3. Дніпро – Полтава – Дніпро	184	368	2,5	40	16
4. Дніпро – Миргород – Дніпро	243	486	3	48	16
5. Дніпро – Черкаси – Дніпро	320	640	3	54	18
6. Дніпро – Кропивницький – Дніпро	243	486	3	45	15
7. Дніпро – Кременчук – Дніпро	162	324	2,5	40	16

Визначаємо місячний пробіг на маршрутах:

Дніпро – Запоріжжя – Дніпро: $L_{np1} = 180 \cdot 16 = 2880$ км

Дніпро – Павлоград – Дніпро: $L_{np2} = 180 \cdot 18 = 2880$ км

Дніпро – Полтава – Дніпро: $L_{np3} = 368 \cdot 16 = 5888$ км

Дніпро – Миргород – Дніпро: $L_{np4} = 486 \cdot 16 = 7776$ км

Дніпро – Черкаси – Дніпро: $L_{np5} = 640 \cdot 18 = 11520$ км

Дніпро – Кропивницький – Дніпро: $L_{np6} = 486 \cdot 15 = 7290$ км

Дніпро – Кременчук – Дніпро: $L_{np7} = 324 \cdot 16 = 5184$ км

Загальний місячний пробіг рухомого складу за маршрутами складає 43418 км.

2.2 Оптимізація маршруту розвезення плівки на основі вирішення задачі комівояжера

Для визначення оптимального маршруту доставки вантажів до споживачів сформулюємо задачу комівояжера [4]. Її основна мета полягає у пошуку найефективнішої послідовності об'їзду заданих міст, що дозволяє мінімізувати загальні витрати на транспортування.

Ця задача є типовою задачею цілочисельного програмування. Припустимо, що $x_{ij} = 1$, якщо транспортний засіб рухається з міста i до міста j , і $x_{ij} = 0$ в іншому випадку. Для зручності та коректного формулювання введемо умовне $(n+1)$ -е місто, яке географічно розташоване там само, де і перше. Відстані між $(n+1)$ -м містом та будь-яким іншим містом, окрім першого, відповідають відстаням між першим містом і відповідними населеними пунктами. При

цьому вважається, що з першого міста можна лише виїхати, тоді як у $(n+1)$ -е місто можна тільки повернутися.

Для уникнення утворення підциклів (замкнених маршрутів) у рамках загального шляху вводяться додаткові змінні. Ці змінні відповідають номеру відвідування кожного міста в маршруті. Нехай $u_1 = 0$, а $u_{n+1} = n$. Щоб забезпечити коректність розв'язку, вводяться додаткові обмеження, які встановлюють залежність між змінними x_{ij} та u_i . Змінні u_i є цілочисельними та приймають лише невід'ємні значення.

На основі цього математична модель задачі формулюється наступним чином:

$$\begin{aligned} \min & \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \right), & i, j = 1 \div n, \quad i \neq j \\ & \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, & i \neq j, & \sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, & j \neq i \end{aligned}$$

Обмеження задачі:

$$\begin{aligned} u_i - u_j + n x_{ij} & \leq n - 1, \quad j = 2..n + 1, \\ i & = 1..n, \quad i \neq j, \quad \text{при } i = 1 \quad j \neq n + 1 \\ 0 & \leq u_i \leq n, \quad x_{i, n+1} = x_{i1}, \quad i = 2..n \end{aligned}$$

Мета – мінімізувати загальну відстань маршруту. Змінні – x_{ij} (логічна змінна, яка показує, чи відбувається перехід між містами) та u_i (порядок відвідування міст). Обмеження враховують умови симетрії (відстань між містами однакова незалежно від напрямку руху), уникнення підциклів, обмеження на кількість в'їздів і виїздів для кожного міста.

Ця модель дозволяє знайти оптимальний маршрут, який задовольняє задані умови.

Складемо матрицю відстаней між містами, які будуть включені до маршруту (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Матриця відстаней між містами маршруту

	Дніпро	Павлоград	Кропив- ницький	Полтава	Миргород	Запоріжжя	Черкаси	Кремен- чук
Дніпро	М	80	246	184	243	90	320	162
Павлоград	80	М	326	225	305	141	377	345
Кропивницький	246	326	М	248	272	310	130	136
Полтава	184	225	248	М	110	280	268	115
Миргород	243	305	272	110	М	322	175	137
Запоріжжя	90	141	310	280	322	М	385	225
Черкаси	320	377	130	268	175	385	М	132
Кременчук	162	345	136	115	137	225	132	М

Розглянемо як приклад довільний маршрут, який включає наступну послідовність переходів між пунктами:

$$X_0 = (1,2);(2,3);(3,4);(4,5);(5,6);(6,7);(7,8);(8,1)$$

Загальна вартість маршруту обчислюється шляхом підсумовування відстаней між усіма послідовними пунктами, що входять до нього. У нашому випадку це:

$$F(X_0) = 80 + 326 + 248 + 110 + 322 + 385 + 132 + 162 = 1765$$

де кожне число в сумі відповідає відстані між двома суміжними пунктами маршруту.

Для оцінки нижньої межі множини можливих розв'язків задачі застосовується метод редукції матриці або її приведення до спрощеної форми. Цей підхід передбачає виконання процедури нормалізації матриці за рядками.

Суть цієї операції полягає в тому, щоб у кожному рядку початкової матриці знайти мінімальне значення: $d_i = \min(j) d_{ij}$

Отримані мінімальні значення використовуються для зменшення величин у матриці, що дозволяє виключити надлишкові дані та сфокусуватися на найбільш значущих значеннях. Завдяки цьому підходу вдається встановити базову оцінку для пошуку оптимального маршруту, який має мінімальні витрати.

Даний метод редукції дозволяє значно підвищити ефективність розв'язання задачі комівояжера, оскільки він скорочує простір пошуку рішень і визначає вихідні умови для подальшого аналізу [5].

i j	1	2	3	4	5	6	7	8	d_i
1	М	80	246	184	243	90	320	162	80
2	80	М	326	225	305	141	377	345	80
3	246	326	М	248	272	310	130	136	130
4	184	225	248	М	110	280	268	115	110
5	243	305	272	110	М	322	175	137	110
6	90	141	310	280	322	М	385	225	90
7	320	377	130	268	175	385	М	132	130
8	162	345	136	115	137	225	132	М	115

Після визначення мінімального значення d_i для кожного рядка матриці, виконується операція віднімання цього значення d_i з усіх елементів відповідного рядка. У результаті цієї процедури в новоотриманій матриці в кожному рядку гарантовано з'являється принаймні один нуль.

j	1	2	3	4	5	6	7	8
1	M	0	166	104	163	10	240	82
2	0	M	246	145	225	61	297	265
3	116	196	M	118	142	180	0	6
4	74	115	138	M	0	170	158	5
5	133	195	162	0	M	212	65	27
6	0	51	220	190	232	M	295	135
7	190	247	0	138	45	255	M	2
8	47	230	21	0	22	110	17	M

Аналогічну операцію редукції виконуємо для стовпців. Для цього в кожному стовпці матриці знаходимо його мінімальний елемент: $d_j = \min(i) d_{ij}$. Після цього мінімальне значення d_j віднімається від усіх елементів відповідного стовпця.

i j	1	2	3	4	5	6	7	8
1	M	0	166	104	163	10	240	82
2	0	M	246	145	225	61	297	265
3	116	196	M	118	142	180	0	6
4	74	115	138	M	0	170	158	5
5	133	195	162	0	M	212	65	27
6	0	51	220	190	232	M	295	135
7	190	247	0	138	45	255	M	2
8	47	230	21	0	22	110	17	M
d_j	0	0	0	0	0	10	0	2

Після виконання операції віднімання мінімальних елементів кожного рядка та стовпця матриці отримуємо повністю редуковану матрицю.

Значення d_i (мінімальні елементи рядків) та d_j (мінімальні елементи стовпців) називаються константами приведення.

i j	1	2	3	4	5	6	7	8
1	M	0	166	104	163	0	240	80
2	0	M	246	145	225	51	297	263
3	116	196	M	118	142	170	0	4
4	74	115	138	M	0	160	158	3
5	133	195	162	0	M	202	65	25
6	0	51	220	190	232	M	295	133
7	190	247	0	138	45	245	M	0
8	47	230	21	0	22	100	17	M

Сума констант приведення дозволяє визначити нижню межу множини можливих рішень H :

$$H = \sum d_i + \sum d_j$$

У нашому випадку:

$$H = 80+80+130+110+110+90+130+115+0+0+0+0+0+10+0+2 = 857$$

Елементи матриці d_{ij} відповідають відстані між пунктами i та j . Оскільки матриця включає n міст, вона є квадратною матрицею розміру $n \times n$ із невід'ємними елементами ($d_{ij} \geq 0$).

Кожен допустимий маршрут у задачі комівояжера має вигляд циклу, в якому кожне місто відвідується рівно один раз, після чого комівояжер повертається до початкового пункту. Довжина маршруту визначається наступним виразом:

$$F(M_k) = \sum d_{ij}$$

де кожен рядок і стовпець матриці можуть бути задіяні лише один раз через елемент d_{ij} .

Крок №1: Визначення ребра розгалуження. Для визначення оптимального маршруту необхідно розбити множину всіх можливих шляхів на два підмножини, враховуючи конкретне ребро (i, j) або його альтернативу (i, j) и (i^*, j^*) .

Щоб здійснити розгалуження, для всіх клітинок матриці з нульовими елементами послідовно замінюємо ці нулі на символ М) і для кожного такого випадку обчислюємо нову суму констант приведення. Одержані значення записуються в дужках для подальшого аналізу.

i j	1	2	3	4	5	6	7	8	d_i
1	М	0(51)	166	104	163	0(51)	240	80	0
2	0(51)	М	246	145	225	51	297	263	51
3	116	196	М	118	142	170	0(21)	4	4
4	74	115	138	М	0(25)	160	158	3	3
5	133	195	162	0(25)	М	202	65	25	25
6	0(51)	51	220	190	232	М	295	133	51
7	190	247	0(21)	138	45	245	М	0(3)	0
8	47	230	21	0(17)	22	100	17	М	17
d_j	0	51	21	0	22	51	17	3	0

$$\begin{aligned}
d(1,2) &= 0 + 51 = 51; \quad d(1,6) = 0 + 51 = 51; \\
d(2,1) &= 51 + 0 = 51; \quad d(3,7) = 4 + 17 = 21; \\
d(4,5) &= 3 + 22 = 25; \quad d(5,4) = 25 + 0 = 25; \\
d(6,1) &= 51 + 0 = 51; \quad d(7,3) = 0 + 21 = 21; \\
d(7,8) &= 0 + 3 = 3; \quad d(8,4) = 17 + 0 = 17
\end{aligned}$$

Найбільша сума констант приведення дорівнює: $(0+51) = 51$ для ребра (1,2). Таким чином, множина всіх маршрутів розбивається на два підмножини: (1,2) – включення ребра до маршруту та $(1^*,2^*)$ – виключення ребра з маршруту.

Виключення ребра (1,2). Щоб виключити це ребро, у матриці відстаней елемент $d_{12} = 0$ замінюється на М. Після цього виконується нова операція редукції матриці для підмножини $(1^*,2^*)$. У результаті редукції отримаємо оновлену матрицю:

i j	1	2	3	4	5	6	7	8	d_i
1	М	М	166	104	163	0	240	80	0
2	0	М	246	145	225	51	297	263	0
3	116	196	М	118	142	170	0	4	0
4	74	115	138	М	0	160	158	3	0
5	133	195	162	0	М	202	65	25	0
6	0	51	220	190	232	М	295	133	0
7	190	247	0	138	45	245	М	0	0
8	47	230	21	0	22	100	17	М	0
d_j	0	51	0	0	0	0	0	0	51

Після виключення ребра (1,2) нижня межа для гамільтонових циклів цього підмножини дорівнює:

$$H(1^*, 2^*) = 857 + 51 = 908$$

Включення ребра (1,2). Щоб включити ребро (1,2), виконується операція виключення всіх елементів першого рядка та другого стовпця в матриці відстаней, крім елемента d_{21} . Оскільки d_{21} потрібно замінити на M , щоб уникнути утворення негамільтонового циклу, ми таким чином обмежуємо можливі варіанти.

Після цієї операції матриця стає скороченою до розміру 7×7 , де кількість міст зменшується на два, оскільки місто 1 та місто 2 більше не розглядаються для наступних операцій. Для цієї нової матриці буде проведена чергова операція редукції.

i j	1	3	4	5	6	7	8	d_i
2	M	246	145	225	51	297	263	51
3	116	M	118	142	170	0	4	0
4	74	138	M	0	160	158	3	0
5	133	162	0	M	202	65	25	0
6	0	220	190	232	M	295	133	0
7	190	0	138	45	245	M	0	0
8	47	21	0	22	100	17	M	0
d_i	0	0	0	0	51	0	0	102

Сума констант приведення для скороченої матриці обчислюється як:

$$\sum d_i + \sum d_j = 102$$

Тому нижня межа для підмножини (1,2) дорівнює:

$$H(1,2) = 857 + 102 = 959 > 908$$

Оскільки нижня межа для підмножини (1,2) (яка дорівнює 959) більша за нижню межу підмножини (1*,2*) (яка становить 908), ми приходимо до висновку, що включення ребра (1,2) не є вигідним. Це означає, що це ребро не буде включено в маршрут, оскільки воно призводить до менш ефективного розв'язку.

Крок №2: Визначення ребра розгалуження

i j	1	2	3	4	5	6	7	8	d _i
1	M	M	166	104	163	0(51)	240	80	0
2	0(51)	M	246	145	225	51	297	263	51
3	116	196	M	118	142	170	0(21)	4	4
4	74	115	138	M	0(25)	160	158	3	3
5	133	195	162	0(25)	M	202	65	25	25
6	0(51)	51	220	190	232	M	295	133	51
7	190	247	0(21)	138	45	245	M	0(3)	0
8	47	230	21	0(17)	22	100	17	M	17
d _i	0	51	21	0	22	51	17	3	0

$$d(1,6) = 0 + 51 = 51; d(2,1) = 51 + 0 = 51;$$

$$d(3,7) = 4 + 17 = 21; d(4,5) = 3 + 22 = 25;$$

$$d(5,4) = 25 + 0 = 25; d(6,1) = 51 + 0 = 51;$$

$$d(7,3) = 0 + 21 = 21; d(7,8) = 0 + 3 = 3;$$

$$d(8,4) = 17 + 0 = 17; \max: d(1,6)=51.$$

Виключення ребра (1,6): $d_{16}=M$.

i j	1	2	3	4	5	6	7	8	d_i
1	M	M	166	104	163	M	240	80	80
2	0	M	246	145	225	51	297	263	0
3	116	196	M	118	142	170	0	4	0
4	74	115	138	M	0	160	158	3	0
5	133	195	162	0	M	202	65	25	0
6	0	51	220	190	232	M	295	133	0
7	190	247	0	138	45	245	M	0	0
8	47	230	21	0	22	100	17	M	0
d_i	0	51	0	0	0	51	0	0	182

$$H(1^*,6^*) = 857 + 182 = 1039$$

Включення ребра (1,6): $d_{61}=M$.

i j	1	2	3	4	5	7	8	d_i
2	0	M	246	145	225	297	263	0
3	116	196	M	118	142	0	4	0
4	74	115	138	M	0	158	3	0
5	133	195	162	0	M	65	25	0
6	M	51	220	190	232	295	133	51
7	190	247	0	138	45	M	0	0
8	47	230	21	0	22	17	M	0
d_i	0	51	0	0	0	0	0	102

$$\sum d_i + \sum d_j = 102$$

$$H(1,6) = 857 + 102 = 959 \leq 1039$$

Ребро (1,6) додаємо до маршруту з новою межею $H=959$.

Шаг №3. Визначення ребра розгалуження:

i j	1	2	3	4	5	7	8	d_i
2	0(192)	M	246	145	225	297	263	145
3	116	196	M	118	142	0(21)	4	4
4	74	115	138	M	0(25)	158	3	3
5	133	195	162	0(25)	M	65	25	25
6	M	0(197)	169	139	181	244	82	82
7	190	247	0(21)	138	45	M	0(3)	0
8	47	230	21	0(17)	22	17	M	17
d_i	47	115	21	0	22	17	3	0

$$d(2,1) = 145 + 47 = 192;$$

$$d(3,7) = 4 + 17 = 21;$$

$$d(4,5) = 3 + 22 = 25;$$

$$d(5,4) = 25 + 0 = 25;$$

$$d(6,2) = 82 + 115 = 197;$$

$$d(7,3) = 0 + 21 = 21;$$

$$d(7,8) = 0 + 3 = 3;$$

$$d(8,4) = 17 + 0 = 17;$$

$$\max: d(6,2)=197.$$

Виключення ребра (6,2): $d_{62}=M$.

i j	1	2	3	4	5	7	8	d_i
2	0	M	246	145	225	297	263	0
3	116	196	M	118	142	0	4	0
4	74	115	138	M	0	158	3	0
5	133	195	162	0	M	65	25	0
6	M	M	169	139	181	244	82	82
7	190	247	0	138	45	M	0	0
8	47	230	21	0	22	17	M	0
d_j	0	115	0	0	0	0	0	197

$$H(6^*, 2^*) = 959 + 197 = 1156$$

Включення ребра (6,2): $d_{26}=M$.

i j	1	3	4	5	7	8	d_i
2	0	246	145	225	297	263	0
3	116	M	118	142	0	4	0
4	74	138	M	0	158	3	0
5	133	162	0	M	65	25	0
7	190	0	138	45	M	0	0
8	47	21	0	22	17	M	0
d_i	0	0	0	0	0	0	0

$$\sum d_i + \sum d_j = 0$$

$$H(6, 2) = 959 + 0 = 959 \leq 1156$$

Забороняємо перехід між містами 2 і 1. Ребро (6,2) додаємо до маршруту з новою межею $H=959$.

Крок №4: Визначення наступного ребра розгалуження

i j	1	3	4	5	7	8	d _i
2	M	246	145	225	297	263	0
3	116	M	118	142	0(21)	4	4
4	74	138	M	0(25)	158	3	3
5	133	162	0(25)	M	65	25	25
7	190	0(21)	138	45	M	0(3)	0
8	47	21	0(17)	22	17	M	17
d _j	0	21	0	22	17	3	0

$$d(3,7) = 4 + 17 = 21;$$

$$d(4,5) = 3 + 22 = 25;$$

$$d(5,4) = 25 + 0 = 25;$$

$$d(7,3) = 0 + 21 = 21;$$

$$d(7,8) = 0 + 3 = 3;$$

$$d(8,4) = 17 + 0 = 17;$$

$$\max: d(4,5)=25.$$

Виключення ребра (4,5): d₄₅=M.

i j	1	3	4	5	7	8	d _i
2	M	246	145	225	297	263	145
3	116	M	118	142	0	4	0
4	74	138	M	M	158	3	3
5	133	162	0	M	65	25	0
7	190	0	138	45	M	0	0
8	47	21	0	22	17	M	0
d _j	47	0	0	22	0	0	217

$$H(4^*, 5^*) = 959 + 217 = 1176$$

Включення ребра (4,5): $d_{54}=M$.

i j	1	3	4	7	8	d_i
2	M	246	145	297	263	145
3	116	M	118	0	4	0
5	133	162	M	65	25	25
7	190	0	138	M	0	0
8	47	21	0	17	M	0
d_i	47	0	0	0	0	217

$$\sum d_i + \sum d_j = 217$$

$$H(4,5) = 959 + 217 = 1176 \leq 1176$$

Забороняємо переходи: (2,1),

Ребро (4,5) додаємо до маршруту з новою межею $H=1176$.

Крок №5. Визначення наступного ребра розгалуження

i j	1	3	4	7	8	d_i
2	M	101	0(101)	152	118	101
3	69	M	118	0(21)	4	4
5	61	137	M	40	0(40)	40
7	143	0(21)	138	M	0(0)	0
8	0(61)	21	0(0)	17	M	0
d_j	61	21	0	17	0	0

$$d(2,4) = 101 + 0 = 101;$$

$$d(3,7) = 4 + 17 = 21;$$

$$d(5,8) = 40 + 0 = 40;$$

$$d(7,3) = 0 + 21 = 21;$$

$$d(7,8) = 0 + 0 = 0;$$

$$d(8,1) = 0 + 61 = 61;$$

$$d(8,4) = 0 + 0 = 0;$$

$$\max: d(2,4)=101.$$

Виключення ребра (2,4): $d_{24}=M$.

i j	1	3	4	7	8	d_i
2	M	101	M	152	118	101
3	69	M	118	0	4	0
5	61	137	M	40	0	0
7	143	0	138	M	0	0
8	0	21	0	17	M	0
d_i	0	0	0	0	0	101

$$H(2^*,4^*) = 1176 + 101 = 1277$$

Включення ребра (2,4): $d_{42}=M$.

i j	1	3	7	8	d_i
3	69	M	0	4	0
5	61	137	40	0	0
7	143	0	M	0	0
8	0	21	17	M	0
d_i	0	0	0	0	0

$$\sum d_i + \sum d_j = 0$$

$$H(2,4) = 1176 + 0 = 1176 \leq 1277$$

Забороняємо переходи: (5,1), (5,6), (5,2),

Ребро (2,4) додаємо до маршруту з новою межею $H=1176$.

Крок №6. Визначення наступного ребра розгалуження

i j	1	3	7	8	d_i
3	69	M	0(21)	4	4
5	M	137	40	0(40)	40
7	143	0(21)	M	0(0)	0
8	0(86)	21	17	M	17
d_i	69	21	17	0	0

$$d(3,7) = 4 + 17 = 21;$$

$$d(5,8) = 40 + 0 = 40;$$

$$d(7,3) = 0 + 21 = 21;$$

$$d(7,8) = 0 + 0 = 0;$$

$$d(8,1) = 17 + 69 = 86;$$

$$\max: d(8,1)=86.$$

Виключення ребра (8,1): $d_{81}=M$.

i j	1	3	7	8	d_i
3	69	M	0	4	0
5	M	137	40	0	0
7	143	0	M	0	0
8	M	21	17	M	17
d_i	69	0	0	0	86

$$H(8^*, 1^*) = 1176 + 86 = 1262$$

Включення ребра (8,1): $d_{18}=M$.

i j	3	7	8	d_i
3	M	0	4	0
5	137	40	0	0
7	0	M	0	0
d_i	0	0	0	0

$$\sum d_i + \sum d_j = 0$$

$$H(8,1) = 1176 + 0 = 1176 \leq 1262$$

Забороняємо переходи: (5,1), (5,6), (5,2), (5,8),

ребро (8,1) додаємо до маршруту з новою межею $H=1176$.

Крок №7. Визначення наступного ребра розгалуження

i j	3	7	8	d_i
3	M	0(44)	4	4
5	137	40	M	0
7	0(137)	M	0(4)	0
d_j	137	40	4	0

$$d(3,7) = 4 + 40 = 44;$$

$$d(7,3) = 0 + 137 = 137;$$

$$d(7,8) = 0 + 4 = 4;$$

$$\max: d(7,3)=137.$$

Виключення ребра (7,3): $d_{73}=M$.

i j	3	7	8	d_i
3	M	0	4	0
5	137	40	M	40
7	M	M	0	0
d_j	137	0	0	177

$$H(7^*, 3^*) = 1176 + 177 = 1353$$

Включення ребра (7,3): $d_{37}=M$.

i j	7	8	d_i
3	M	4	4
5	40	M	40
d_j	40	4	88

$$\sum d_i + \sum d_j = 88$$

$$H(7,3) = 1176 + 88 = 1264 \leq 1353$$

Ребро (7,3) додаємо до маршруту з новою межею $H=1264$.

На цьому етапі ми включаємо ребра (3,8) і (5,7) в гамільтонов цикл. В результаті додавання цих ребер, весь гамільтонов цикл виглядає наступним чином:

$$(1,6), (6,2), (2,4), (4,5), (5,7), (7,3), (3,8), (8,1)$$

Що відповідає таким містам: Дніпро – Запоріжжя – Павлоград – Полтава – Миргород – Черкаси – Кропивницький – Кременчук – Дніпро

Цей цикл є замкнутим і включає всі міста. Кожне місто відвідується лише один раз, а останнє місто повертається до першого, утворюючи замкнутий цикл.

Загальна довжина маршруту $F(M_k)$ визначається як сума відстаней між сусідніми містами в циклі:

$$F(M_k) = d_{1,6} + d_{6,2} + d_{2,4} + d_{4,5} + d_{5,7} + d_{7,3} + d_{3,8} + d_{8,1}$$

В результаті, сума всіх відстаней між містами цього маршруту дорівнює:

$$F(M_k) = 90 + 141 + 225 + 110 + 175 + 130 + 136 + 162 = 1169 \text{ км}$$

Схема маршруту для автомобіля вантажопідйомністю 20 т наведена на рисунку 2.1

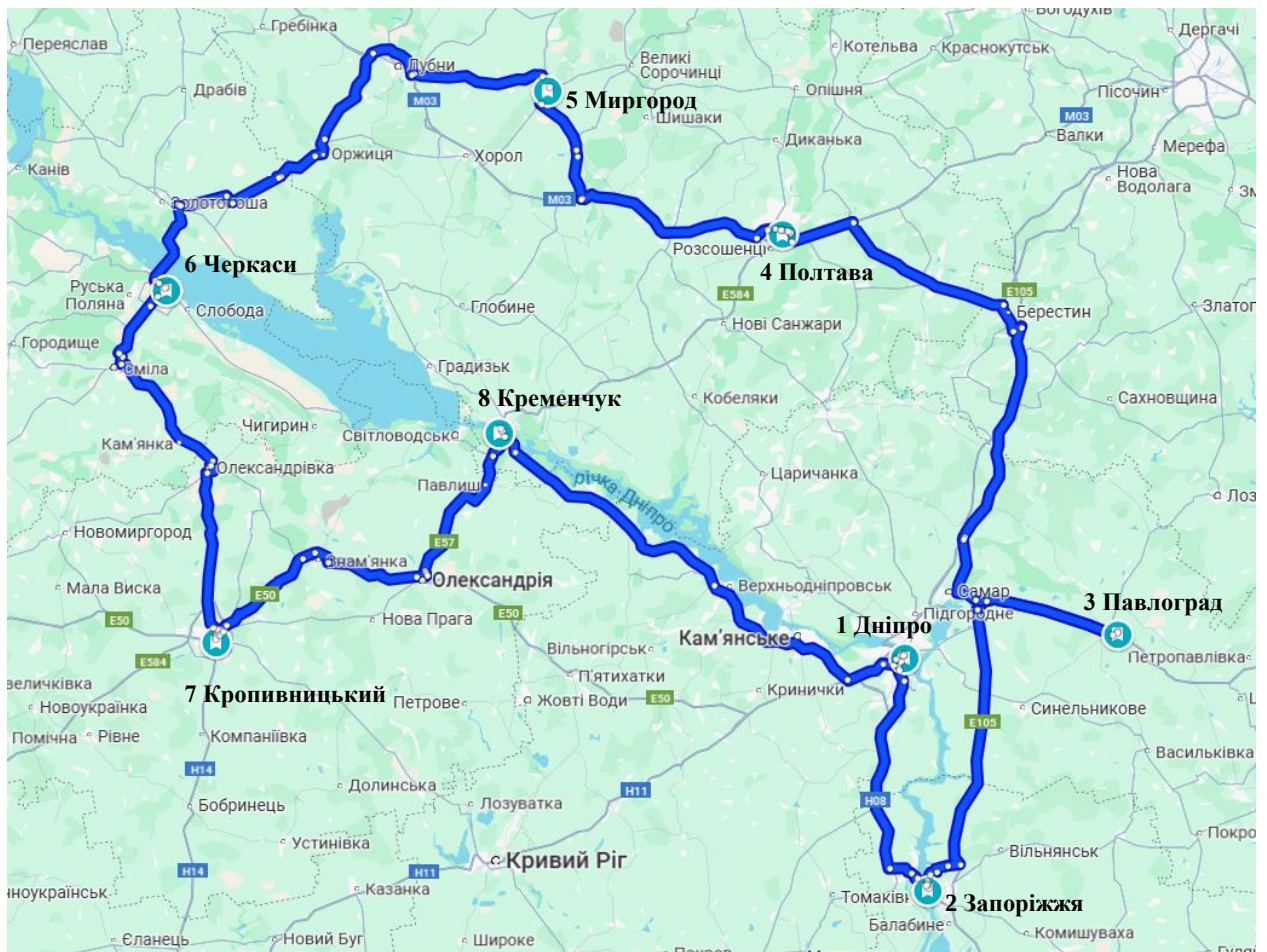


Рисунок 2.1 – Схема отриманого маршруту

Усереднені розміри партій відправлень споживачам становлять:

Павлоград	2,5 т	Черкаси	3,0 т
Полтава	2,5 т	Кропивницький	3,0 т
Миргород	2,5 т	Кременчук	3,0 т
Запоріжжя	2,5 т		

Загальний обсяг вантажу в автомобілі на маршруті:

$$Q_{\text{вант}} = 2,5 + 2,5 + 2,5 + 3 + 3 + 3 + 2,5 = 19 \text{ т}$$

Таким чином обсяг вантажу, що буде перевозитись, не перевищує вантажопідйомності автомобіля. Показники роботи ТЗ на окремих ділянках маршруту для 20-тонного автомобіля наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Показники роботи автомобіля на маршруті 1

Ділянка маршруту	Відстань, км	Обсяг вантажу в ТЗ, т	Коеф. використ. вантажопідйомності
Дніпро - Запоріжжя	90	19	0,95
Запоріжжя - Павлоград	141	$19 - 2,5 = 16,5$	0,825
Павлоград - Полтава	225	$16,5 - 2,5 = 14$	0,7
Полтава - Миргород	110	$14 - 2,5 = 11,5$	0,575
Миргород - Черкаси	175	$11,5 - 3 = 8,5$	0,425
Черкаси - Кропивницький	130	$8,5 - 3 = 5,5$	0,275
Кропивницький - Кременчук	136	$5,5 - 3 = 2,5$	0,125
Кременчук - Дніпро	162	$2,5 - 2,5 = 0$	0

Проте, слід враховувати що обсяги відправлень до різних споживачів в незначній мірі відрізняються, тому в кінці місяця кількість пунктів доставки на маршруті зменшуватиметься.

Таблиця 2.5 – Характеристика партій відправок споживачам

Споживач	Розмір партії	Місячний обсяг відправлень, т	Кількість партій відправлень
Запоріжжя	2,5	40	16
Павлоград	2,5	45	18
Полтава	2,5	40	16
Миргород	3	48	16
Черкаси	3	54	18
Кропивницький	3	45	15
Кременчук	2,5	40	16
Всього		312	115

Найменша кількість партій відправок до споживача у м. Кропивницький (15 партій). Отже за цим маршрутом буде виконано 15 рейсів. Тоді загальний місячний пробіг складатиме:

$$1169 \cdot 15 = 17535 \text{ км.}$$

Отже після здійснення 15 рейсів за розробленим маршрутів, отримаємо скорочений маршрут: Дніпро – Запоріжжя – Павлоград – Полтава – Миргород – Черкаси – Кременчук – Дніпро.

Таблиця 2.6 – Залишки відправлень

	Розмір партії	Залишок партій відправлень
Запоріжжя	2,5	1
Павлоград	2,5	3
Полтава	2,5	1
Миргород	3	1
Черкаси	3	3
Кременчук	2,5	1
Всього	16	10

За таким маршрутом автомобіль здійснить 1 рейс. Довжина маршруту складе 1035 км.

Після цього залишається 2 споживачі:

Павлоград	2,5 т	2 партії
Черкаси	3,0 т	2 партії

Довжина маршруту Дніпро-Павлоград-Черкаси-Дніпро становитиме 777 км. Так як буде виконано 2 рейси, то загальний пробіг на цьому маршруті становитиме 1554 км. І, так як залишок вантажу невеликий, можемо залучити 10-тонний автомобіль на ці рейси.

2.3 Розробка розвізних маршрутів доставки плівки споживачам 10-тонними автомобілями

Розглянемо варіант організації маршрутів в умовах залучення до перевезень автомобілів вантажопідйомністю 10 т. Згідно середнього розміру партій відправок плівки споживачам маємо 4 споживачі з партіями розміром по 2,5 т (Кременчук, Полтава Павлоград, Запоріжжя) та 3 споживачі з партіями по 3 т (Миргород, Черкаси, Кропивницький). Враховуючи їхнє розташування та віддаленість один ввід одного та від відправника в Дніпрі можемо об'єднати в два маршрути.

На рисунку 2.2 наведена схема маршруту 1. Він включатиме в себе такі міста: Дніпро-Кременчук-Полтава-Павлоград-Запоріжжя-Дніпро

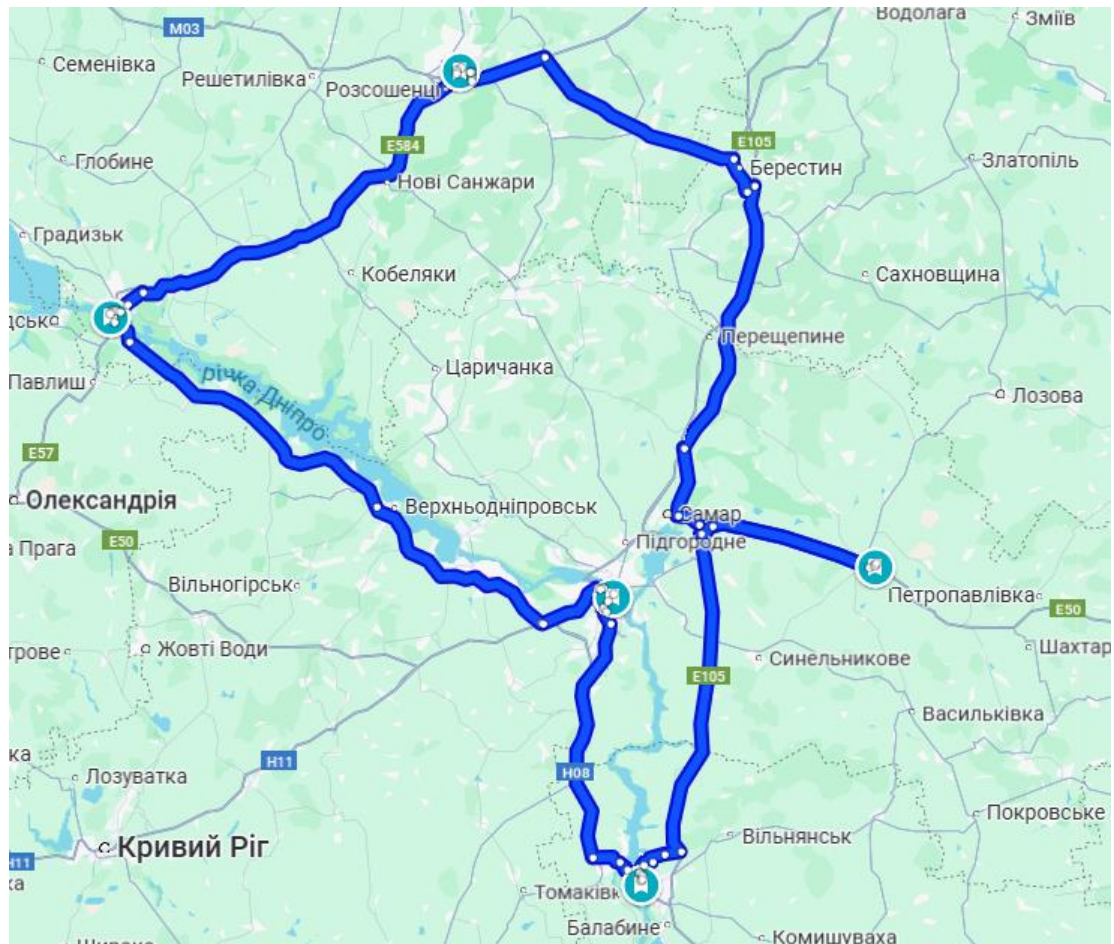


Рисунок 2.2 – Маршрут №1 для автомобіля 10 т

Пробіг на даному маршруті становитиме:

$$L_1 = 162 + 115 + 225 + 141,90 = 733 \text{ км}$$

Загальний обсяг вантажу в автомобілі на маршруті:

$$Q_{\text{вант}} = 2,5 + 2,5 + 2,5 + 2,5 = 10 \text{ т}$$

Таким чином обсяг вантажу, що буде перевозитись, не перевищує вантажопідйомності автомобіля.

Показники роботи ТЗ на окремих ділянках маршруту 1 наведені в таблиці 2. _.

Таблиця 2.7 - Показники роботи 10 тонного автомобіля на маршруті 1

Ділянка маршруту	Відс-тань, км	Обсяг вантажу в ТЗ, т	Коеф. використ. вантажопідйомності
Дніпро - Кременчук	162	10	1
Кременчук - Полтава	115	$10 - 2,5 = 7,5$	0,75
Полтава - Павлоград	225	$7,5 - 2,5 = 5$	0,5
Павлоград - Запоріжжя	141	$5 - 2,5 = 2,5$	0,25
Запоріжжя - Дніпро	90	$2,5 - 2,5 = 0$	0

Далі визначаємо необхідність коригування маршруту в залежності від обсягів відправлень (табл. 2.8)

Таблиця 2.8 – Характеристика партій відправок споживачам на маршруті

Споживач	Розмір партії	Місячний обсяг відправлень, т	Кількість партій відправлень
Кременчук	2,5	40	16
Полтава	2,5	40	16
Павлоград	2,5	45	18
Запоріжжя	2,5	40	16
Всього		165	66

За цим маршрутом можемо виконано 16 рейсів із обслуговуванням всіх споживачів. Місячний пробіг за маршрутом складатиме:

$$773 \cdot 16 = 11584 \text{ км.}$$

Після цього залишиться 2 партії плівки на Павлоград. Довжина маршруту Дніпро – Павлоград – Дніпро становить 160 км. Тоді пробіг на маршруті $160 \cdot 2 = 320$ км.

Розробка маршруту 2.

На рисунку 2.3 наведена схема маршруту 2. Він включатиме в себе такі міста: Дніпро-Миргород-Черкаси-Кропивницький-Дніпро

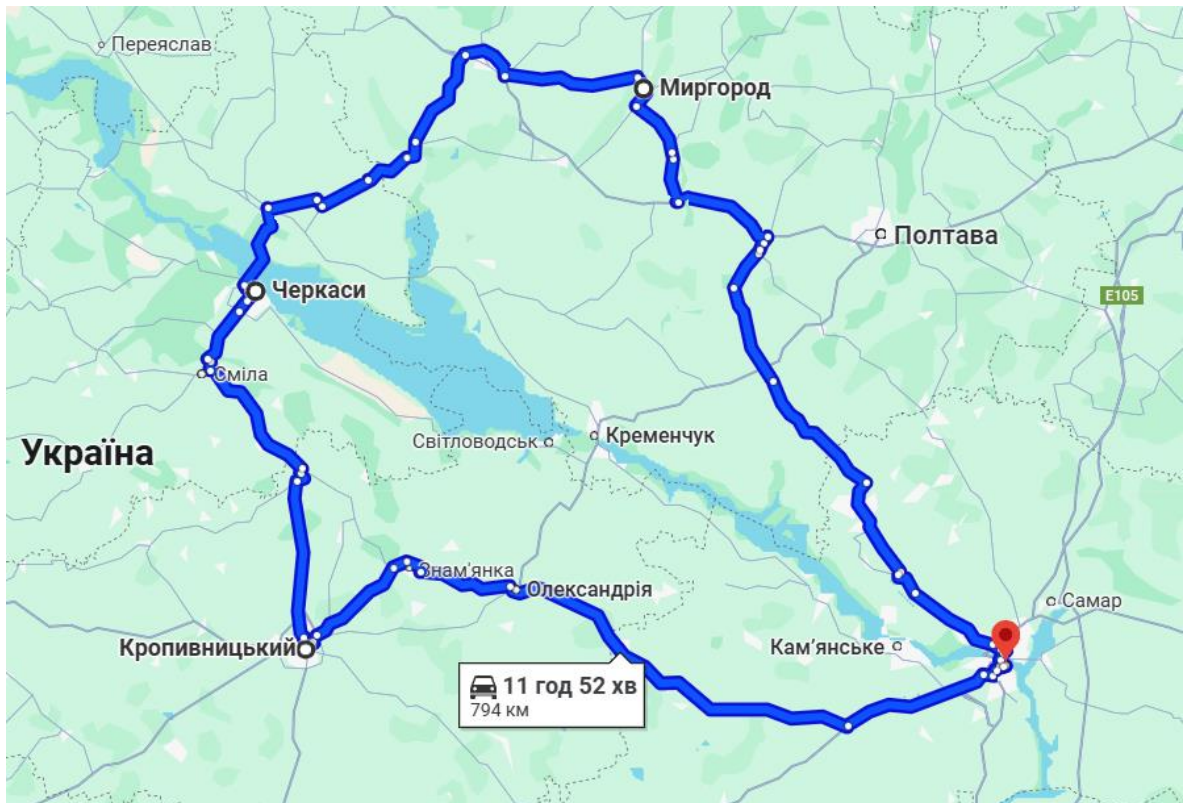


Рисунок 2.3 – Маршрут №2 для автомобіля 10 т

Пробіг на даному маршруті становитиме:

$$L_2 = 243 + 175 + 130 + 246 = 733 \text{ км}$$

Загальний обсяг вантажу в автомобілі на маршруті:

$$Q_{\text{вант}} = 3 + 3 + 3 = 9 \text{ т}$$

Показники роботи ТЗ на окремих ділянках маршруту 1 наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Показники роботи 10 тонного автомобіля на маршруті 2

Ділянка маршруту	Відс-тань, км	Обсяг вантажу в ТЗ, т	Коеф. використ. вантажопідйомності
Дніпро - Миргород	243	9	1
Миргород - Черкаси	175	6	0,67
Черкаси - Кропивницький	130	3	0,33
Кропивницький - Дніпро	246	0	0

Таблиця 2.10 – Характеристика партій відправок споживачам на маршруті

Споживач	Розмір партії	Місячний обсяг відправлень, т	Кількість партій відправлень
Миргород	3	48	16
Черкаси	3	54	18
Кропивницький	3	45	15
Всього		147	49

Після здійснення 15 рейсів отримаємо залишковий маршрут: Дніпро-Миргород-Черкаси-Дніпро з відстанню 738 км, за яким треба зробити 1 рейс

Миргород	3,0 т	1 партія
Черкаси	3,0 т	3 партії

Залишкові 2 партії на Черкаси відправляються за маятниковим маршрутом довжиною 320 км із загальним пробігом 640 км.

Розроблена схема доставки полімерної плівки за допомогою двох автомобілів вантажопідйомністю 10 тонн кожен забезпечує ефективну організацію перевезень. Обидва маршрути передбачають максимальне завантаження транспортних засобів на початкових етапах, що дозволяє оптимально використовувати їхню вантажопідйомність. Окрім цього, територіальний поділ

маршрутів сприяє зменшенню загального пробігу, що, своєю чергою, скорочує витрати на транспортування. Характеристики розроблених маршрутів наведені у табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Характеристика маршрутів для 10-тонних автомобілів

Маршрут	Кількість рейсів	Довжина маршруту	Загальний пробіг, км
Маршрут 1			
Дніпро – Кременчук – Полтава - Павлоград – Запоріжжя - Дніпро	16	724	11584
Дніпро – Павлоград - Дніпро	2	160	320
Маршрут 2			
Дніпро – Миргород – Черкаси – Кропивницький - Дніпро	15	794	11910
Дніпро – Миргород – Черкаси - Дніпро	1	738	738
Дніпро – Черкаси - Дніпро	2	640	1280
Загальний місячний пробіг РС			25832

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У попередньому розділі магістерської роботи було запропоновано два варіанти оптимізації маршрутів доставки полімерної плівки споживачам.

Перший варіант передбачає доставку плівки за єдиним розвізним маршрутом до всіх споживачів із залученням 20-тонних автомобілів. Для перевезення залишкового вантажу невеликого обсягу додатково будуть залучатися 10-тонні автомобілі на двох рейсах.

Другий варіант передбачає формування партій відправок у 10-тонні автомобілі, які здійснюватимуть доставку за двома окремими маршрутами.

У кожному з варіантів було досягнуто скорочення пробігу рухомого складу порівняно з базовим сценарієм. Однак, враховуючи залучення автомобілів різної вантажопідйомності, необхідно провести оцінку загальних витрат на доставку за кожним з варіантів.

Основні параметри, необхідні для економічних розрахунків, наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вхідні параметри для визначення витрат

Показник	Базовий варіант	Проект 1		Проект 2
	4 т	20 т	10 т	10 т
Споживання дизельного пального на 100 км, л	18	31	25	25
Ціна однієї шини, грн	7000	11000	9000	9000
Загальна кількість шин на транспортному засобі, од	6	12	6	6
Ресурс шин до заміни, км	100000	100000	100000	100000
Витрати на оплату праці водія за 1 км, грн	3,0	4,0	3,5	3,5

Методика розрахунку досліджуваних статей витрат [6] наведена в табл.3.2.

Таблиця 3.2 – Методика визначення витрат

Показник	Методика розрахунку	Пояснення
Витрати на паливо, грн	$B_{нал} = C_{1л} \cdot Q_{нал}^{заг}$	$C_{1л}$ – Вартість ДТ, $C_{1л} = 55$ грн за 1л.
Обсяг палива, л	$Q_{нал} = \frac{H_L}{100} \cdot L$	L – загальний пробіг рухомого складу за розглядуваний період; H_L – норма витрати ДТ на 100 км, л/100 км.
Витрати на гаражні потреби	$B_{гар} = 0,07 \cdot B_{нал}$	
Витрати на мастильні матеріали	$B_{мм} = 0,3 \cdot B_{нал}$	
Витрати на ремонт транспортних засобів	$B_{рем} = 1,8 \cdot Q_{нал}$	
Експлуатаційні витрати	$B_{експ} = 0,01 \cdot B_{нал}$	
Витрати на заміну шин	$N_{ки} = \frac{L}{l_{норм}}$	$l_{норм}$ - нормативний пробіг до заміни шин.
Кількість комплектів шин	$B_{ш} = N_{ки} \cdot C_{1ки}$	$C_{1ки}$ – вартість одного комплекту шин

3.1 Оцінка загальних витрат для базового варіанту доставки плівки споживачам

Згідно базового варіанту, доставка плівки до кожного споживача здійснюється окремими малотоннажними автомобілями за маятниковим маршрутами. Тобто всього обслуговується 7 маршрутів. Загальний місячний пробіг усього рухомого складу за такої організації перевезення становить 43418 км. Визначаємо кількість використаного дизельного палива:

$$Q_{пал}^{баз} = \frac{18}{100} \cdot 43418 = 7815,24 \text{ л.}$$

Загальні витрати на дизельне паливо за ціною 55 грн/л:

$$B_{пал}^{баз} = 55 \cdot 7815,24 = 429838,2 \text{ грн.}$$

Витрати на мастильні матеріали (30% від вартості пального):

$$B_{мм} = 429838,2 \cdot 0,3 = 128951,5 \text{ грн.}$$

Витрати на гаражне обслуговування (7% від вартості пального):

$$B_{гар} = 429838,2 \cdot 0,07 = 30088,67 \text{ грн.}$$

Витрати на технічний ремонт транспортних засобів:

$$B_{рем} = 1,8 \cdot 7815,24 = 14067,43 \text{ грн.}$$

Витрати на експлуатаційні матеріали (1% від вартості пального):

$$B_{\text{експ}} = 429838,2 \cdot 0,01 = 4298,38 \text{ грн}$$

Частота заміни шин:

$$N_{\text{зам}}^{\text{баз}} = \frac{43418}{100000} = 0,43.$$

Загальна вартість шин:

$$B_{\text{шин}}^{\text{баз}} = 7000 \cdot 0,43 \cdot 6 = 18060 \text{ грн.}$$

Витрати на оплату праці водіїв:

$$B_{\text{зн}}^{\text{баз}} = 3,0 \cdot 43418 = 130254 \text{ грн.}$$

Витрати на соціальне страхування (22% від фонду оплати праці):

$$B_{\text{соц}}^{\text{баз}} = 130254 \cdot 0,22 = 28655,9 \text{ грн.}$$

Накладні витрати (34% від фонду оплати праці):

$$B_{\text{накл}}^{\text{баз}} = 130254 \cdot 0,34 = 44286,4 \text{ грн.}$$

Загальні місячні витрати за базовим варіантом:

$$B_{\text{заг}}^{\text{баз}} = 429838,2 + 128951,46 + 30088,67 + 14067,43 + 4298,38 + \\ + 18060 + 130254 + 28655,9 + 44286,4 = 828500,4 \text{ грн.}$$

3.2 Визначення загальних витрат при організації маршрутів доставки плівки за проєктними варіантами

Проектний варіант 1. При цьому варіанті організації перевезень розвезення плівки до споживачів здійснюється 20-тонними автомобілями за одним розробленим маршрутом. Проте передбачено, що 2 рейси доцільно виконати 10-тонними автомобілями (для залишкового вантажу невеликого обсягу). Тому виконуємо розрахунки всіх статей витрат для кожного типу рухомого складу.

Обсяг палива:

- автомобіль 20 т:

$$Q_{нал}^{np20m} = \frac{31}{100} \cdot 18570 = 5756,7 \text{ л.}$$

- автомобіль 10 т:

$$Q_{нал}^{np10m} = \frac{25}{100} \cdot 1554 = 388,5 \text{ л}$$

Загальний обсяг палива на місяць:

$$Q_{нал}^{np1} = 5756,7 + 388,5 = 6145,2 \text{ л.}$$

Вартість палива:

- автомобіль 20 т:

$$B_{нал}^{np20m} = 55 \cdot 5756,7 = 316618,5 \text{ грн.}$$

- автомобіль 10 т:

$$B_{нал}^{np10m} = 55 \cdot 388,5 = 21367,5 \text{ грн.}$$

Загальна вартість палива на місяць:

$$B_{\text{нал}}^{np1} = 316618,5 + 21367,5 = 337986 \text{ грн.}$$

Витрати на мастильні матеріали:

- автомобіль 20 т:

$$B_{\text{мм}}^{np20t} = 316618,5 \cdot 0,3 = 94985,55 \text{ грн.}$$

- автомобіль 10 т:

$$B_{\text{мм}}^{np10t} = 21367,5 \cdot 0,3 = 6410,25 \text{ грн.}$$

Загальні місячні витрати на мастильні матеріали:

$$B_{\text{мм}}^{np1} = 94985,55 + 6410,25 = 101395,8 \text{ грн.}$$

Гаражні потреби:

- автомобіль 20 т:

$$B_{\text{гар}}^{np20t} = 316618,5 \cdot 0,07 = 22163,3 \text{ грн.}$$

- автомобіль 10 т:

$$B_{\text{гар}}^{np10t} = 21367,5 \cdot 0,07 = 1495,7 \text{ грн.}$$

Загальні місячні витрати на гаражні потреби:

$$B_{\text{гар}}^{np1} = 22163,3 + 1495,7 = 23659 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт автомобілів:

- автомобіль 20 т:

$$B_{рем}^{np20t} = 1,8 \cdot 5756,7 = 10362,1 \text{ грн.}$$

- автомобіль 10 т:

$$B_{рем}^{np10t} = 1,8 \cdot 388,5 = 699,3 \text{ грн.}$$

Загальні місячні витрати на ремонт:

$$B_{зар}^{np1} = 10362,1 + 699,3 = 11061,4 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні матеріали:

- автомобіль 20 т:

$$B_{рем}^{np20t} = 316618,5 \cdot 0,01 = 3166,2 \text{ грн}$$

- автомобіль 10 т:

$$B_{рем}^{np10t} = 21367,5 \cdot 0,01 = 213,7 \text{ грн}$$

Загальні місячні витрати на експлуатаційні матеріали:

$$B_{експ}^{np1} = 3166,2 + 213,7 = 3379,9 \text{ грн.}$$

Кількість замін шин:

- автомобіль 20 т:

$$N_{зам}^{np20t} = \frac{18570}{100000} = 0,19.$$

- автомобіль 10 т:

$$N_{зам}^{np10t} = \frac{1554}{100000} = 0,02.$$

Витрати на заміну шин:

- автомобіль 20 т:

$$B_{шин}^{np20t} = 11000 \cdot 0,19 \cdot 12 = 25080 \text{ грн.}$$

- автомобіль 10 т:

$$B_{шин}^{np10t} = 9000 \cdot 0,02 \cdot 6 = 1080 \text{ грн.}$$

Загальна місячна вартість шин:

$$B_{шин}^{np1} = 25080 + 1080 + 26160 \text{ грн.}$$

Витрати на оплату праці водіїв:

- автомобіль 20 т:

$$B_{зн}^{np20t} = 4,0 \cdot 18570 = 64995 \text{ грн.}$$

- автомобіль 10 т:

$$B_{зн}^{np10t} = 3,5 \cdot 1554 = 5439 \text{ грн.}$$

Витрати на заробітну плату водіїв за місяць:

$$B_{зн}^{np1} = 74280 + 5439 = 79719 \text{ грн.}$$

Соціальне страхування:

- автомобіль 20 т

$$B_{соц}^{np20t} = 74280 \cdot 0,22 = 16341,6 \text{ грн.}$$

- автомобіль 10 т:

$$B_{соц}^{np10t} = 5439 \cdot 0,22 = 1196,6 \text{ грн.}$$

Витрати на соціальне страхування за місяць:

$$B_{\text{соц}}^{\text{пр}1} = 16341,6 + 1196,6 = 17538,2 \text{ грн.}$$

Накладні витрати:

- автомобіль 20 т:

$$B_{\text{накл}}^{\text{пр}20\text{т}} = 74280 \cdot 0,34 = 25255,2 \text{ грн.}$$

- автомобіль 10 т:

$$B_{\text{накл}}^{\text{пр}10\text{т}} = 5439 \cdot 0,34 = 1849,3 \text{ грн.}$$

Накладні витрати на місяць:

$$B_{\text{накл}}^{\text{пр}1} = 25255,2 + 1849,3 = 27104,5 \text{ грн.}$$

Розрахунок місячних витрат для кожного типу рухомого складу виконано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахунок місячних витрат за проектним варіантом 1

Стаття витрат	Вантажопідйомність рухомого складу		
	20 т	10 т	УСЬОГО
Витрати на паливо, грн	316618,5	21367,5	337986
Витрати на мастил. матеріали, грн	94985,55	6410,25	101395,8
Витрати на гаражне обслуг., грн	22163,3	1495,7	23659
Ремонтні витрати, грн	10362,1	699,3	11061,4
Витрати на експл. матеріали, грн	3166,2	213,7	3379,9
Загальна вартість шин, грн	25080	1080	26160
Витрати на заплату водіїв, грн	74280	5439	79719
Соціальні витрати, грн	16341,6	1196,6	17538,2
Накладні витрати, грн	25255,2	1849,3	27104,5
Сумарні витрати, грн	588252,45	39751,35	628003,8

Проектний варіант 2. Згідно цього пропонованого варіанту, організація доставки передбачає використання двох розвізних маршрутів з використанням 10-тонних автомобілів. Кожен із маршрутів буде обслуговувати певну частину споживачів, що дозволить зменшити навантаження на транспортні засоби та покращити загальну ефективність доставки. Перевезення здійснюється за допомогою 10-тонних автомобілів, що відповідає вимогам вантажо-перевезень на таких маршрутах.

Визначаємо обсяг потрібного палива та основні статті витрат за методикою наведеною вище [7].

Кількість використаного дизельного палива:

$$Q_{\text{пал}}^{\text{пр}2} = \frac{25}{100} \cdot 25832 = 6458 \text{ л.}$$

Загальні витрати на дизельне паливо за ціною 55 грн/л:

$$B_{\text{пал}}^{\text{пр}2} = 55 \cdot 6458 = 355190 \text{ грн.}$$

Витрати на мастильні матеріали (30% від вартості пального):

$$B_{\text{мм}}^{\text{пр}2} = 355190 \cdot 0,3 = 106557 \text{ грн.}$$

Витрати на гаражне обслуговування (7% від вартості пального):

$$B_{\text{гар}}^{\text{пр}2} = 355190 \cdot 0,07 = 24863,3 \text{ грн.}$$

Витрати на технічний ремонт транспортних засобів:

$$B_{\text{рем}}^{\text{пр}2} = 1,8 \cdot 6458 = 11624,4 \text{ грн.}$$

Витрати на експлуатаційні матеріали (1% від вартості пального):

$$B_{експ}^{np2} = 355190 \cdot 0,01 = 3551,9 \text{ грн}$$

Частота заміни шин:

$$N_{зам}^{np2} = \frac{25832}{100000} = 0,26.$$

Загальна вартість шин:

$$B_{шин}^{np2} = 9000 \cdot 0,26 \cdot 6 = 14040 \text{ грн.}$$

Витрати на оплату праці водіїв:

$$B_{зн}^{np2} = 3,5 \cdot 25832 = 90412 \text{ грн.}$$

Витрати на соціальне страхування (22% від фонду оплати праці):

$$B_{соц}^{np2} = 90412 \cdot 0,22 = 19890,64 \text{ грн.}$$

Накладні витрати (34% від фонду оплати праці):

$$B_{накл}^{np2} = 90412 \cdot 0,34 = 30740,1 \text{ грн.}$$

Загальні місячні витрати за проєктним варіантом 2:

$$\begin{aligned} B_{заг}^{np2} &= 355190 + 106557 + 24863,3 + 11624,4 + 3551,9 + 14040 \\ &+ 90412 + 19890,64 + 30740,1 = 656869,3 \text{ грн.} \end{aligned}$$

3.3 Оцінка витрат і визначення результативності впроваджених рішень

Для оцінки економічної доцільності запропонованих варіантів здійснення доставки плівки споживачам проведемо порівняльний аналіз витрат між базовим та проєктними варіантами перевезень. Узагальнені результати подані у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Порівняльний аналіз базового та проєктних варіантів

Показник	Базовий варіант	Проєктний варіант 1	Проєктний варіант 2
Місячний пробіг РС	43418	20124	25832
Кількість палива	7815,24	6145,2	6458
Витрати на паливо, грн	429838,2	337986	355190
Витрати на мастил. матеріали, грн	128951,5	101395,8	106557
Витрати на гаражне обслуг., грн	30088,67	23659	24863,3
Ремонтні витрати, грн	14067,43	11061,4	11624,4
Витрати на експл. матеріали, грн	4298,38	3379,9	3551,9
Загальна вартість шин, грн	18060	26160	14040
Витрати на заплату водіїв, грн	130254	79719	90412
Соціальні витрати, грн	28655,9	17538,2	19890,64
Накладні витрати, грн	44286,4	27104,5	30740,1
Сумарні витрати, грн	828500,4	628003,8	656869,3

Економічний ефект за місяць при впровадженні проєктного рішення становитиме:

Проєктний варіант 1:

$$E_{m1} = 862366,5 - 628003,8 = 200496,6 \text{ грн.}$$

Проектний варіант 2:

$$E_{m2} = 862366,5 - 656869,3 = 171631,1 \text{ грн.}$$

В такому разі річний економічний ефект складатиме:

- проектний варіант 1: $200496,6 \cdot 12 = 2405959$ грн;
- проектний варіант 2: $171631,1 \cdot 12 = 2059573$ грн.

У результаті впровадження проектного варіанту 1 (з використанням 20-тонних і частково 10-тонних автомобілів) економічний ефект становить 2,4 млн грн на рік, що свідчить про значну економію порівняно з базовим варіантом.

Проектний варіант 2 (з використанням двох розвізних маршрутів 10-тонними автомобілями) також демонструє позитивний економічний ефект, що становить 2,1 млн грн на рік, але він дещо менший порівняно з першим варіантом.

Обидва проектні варіанти забезпечують суттєву економію витрат на доставку порівняно з базовим варіантом, що дозволяє рекомендувати їх для впровадження. Однак, з економічної точки зору, проектний варіант 1 виглядає більш вигідним, з огляду на більшу економію.

Таким чином, для досягнення максимальної економічної ефективності рекомендується обрати проектний варіант 1, враховуючи його значні переваги в зменшенні витрат.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У розділі охорони праці проекту «Удосконалення процесу доставки полімерної плівки автомобільним транспортом українським споживачам із Дніпропетровської області» проведено детальний аналіз потенційних небезпек, які можуть виникнути під час транспортування продукції, а також розроблені відповідні заходи для мінімізації цих ризиків. Окремо розглянуті можливі загрози для здоров'я та безпеки як для працівників, так і для дослідника, що залучений до процесу.

Процес пакування полімерної плівки включає використання спеціальних клапанних мішків для упакування продукції, які після цього укладаються на палети. Зібрані палети з готовою продукцією, що складаються з рулонів плівки, надалі відправляються до кінцевих споживачів. Важливою складовою є правильна організація навантаження та транспортування продукції для забезпечення безпеки працівників та збереження товару під час транспортування.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

Однією з головних небезпек, що виникають на майданчиках для навантаження вантажів, є падіння вантажів через різницю у висоті пандусів і рівня кузова автомобіля. Така ситуація може призвести до серйозних травм як для працівників, так і для дослідників, що беруть участь у процесі. Це потребує особливої уваги до організації належних умов для безпечного навантаження та розвантаження продукції.

Також існує ризик наїзду автомобіля на працівників під час подачі транспортного засобу заднім ходом до місця навантаження або розвантаження,

що може призвести до травм або навіть аварій. Для уникнення таких ситуацій необхідно забезпечити чітку сигналізацію, дотримуватися правил безпеки при маневруванні автомобілями та організувати робочі місця так, щоб мінімізувати вплив на працівників.

Додаток А містить детальнішу інформацію про інші потенційні небезпеки, які можуть виникнути в процесі транспортування та обробки продукції. У Додатку Б наведено заходи, спрямовані на усунення цих ризиків, зокрема рекомендації щодо безпечного розміщення вантажу, використання спецзасобів для попередження аварійних ситуацій і встановлення контрольних механізмів.

Додаток В охоплює результати вимірювань шкідливих факторів виробничого середовища, здійснених за допомогою сучасної лабораторної техніки. Всі показники, пов'язані з рівнем шуму, викидами шкідливих речовин і іншими потенційно небезпечними факторами, були заміряні в робочих зонах, що дозволяє оцінити загальний вплив умов роботи на здоров'я працівників і вжити необхідних заходів для їх зменшення.

Також розглянуті питання, пов'язані з цивільним захистом, включаючи організацію евакуації, заходи щодо запобігання надзвичайним ситуаціям та дії у разі виникнення аварійних ситуацій на складі чи під час транспортування вантажу.

.

4.2 Заходи з пожежної безпеки

Для обладнання дослідницької лабораторії, що має комп'ютерну техніку, відповідно до вимог п. 5 розділу VI «Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників» Правил експлуатації та типових норм вогнегасників, затверджених наказом МВС України від 15.01.2018 № 25 і зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 за № 225/31677, для гасіння електричних установок, що перебу-

вають під напругою, передбачаються вуглекислотні вогнегасники з об'ємом заряду не менше 3 кг на кожні 20 м² площі приміщення. Оскільки площа лабораторії не перевищує 20 м², для її облаштування обрано один вогнегасник типу ВВК-3,5.

Для запобігання займання ізоляції на складі потрібно захистити електропроводку від можливих пошкоджень, помістивши її в трубопроводи з товстими стінками, що відповідають вимогам ДСТУ 7237:2011 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека». Оскільки на складі зберігаються дерев'яні піддони, клас пожежної небезпеки буде визначено як «А», а категорія приміщення складу з точки зору пожежної безпеки – до «Д». Площа складу становить 1350 кв. м. Відповідно до вимог НАПБ 03.001-2004 «Типові норми належності вогнегасників», для цього обрано 6 порошкових вогнегасників ВП-8. Вогнегасники розміщуються на пожежному щиті при вході до складу, а також на стінах або колонах приміщення.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дослідження було проведено аналіз існуючих методів доставки полімерної плівки в Україні, зокрема в Дніпропетровській області. Метою роботи було удосконалення процесу доставки полімерної плівки автомобільним транспортом українським споживачам, що дозволило знайти шляхи підвищення ефективності перевезень і оптимізації логістичних процесів.

У ході виконання першого розділу було здійснено аналіз промислового потенціалу виробництва полімерної продукції в Дніпропетровській області, визначено основні галузі споживання полімерної плівки в Україні та описано технологічні аспекти її виробництва, транспортування та зберігання. Це дозволило отримати чітке уявлення про особливості та потреби ринку, що сприяло правильному формулюванню завдань для наступних етапів роботи.

Проведено статистичний аналіз обсягів замовлень плівки, що дозволило оцінити рівень попиту на плівку в різних регіонах і виявити сезонні коливання. Окрім цього, в роботі було розглянуто існуючі маршрути доставки та визначено їх переваги й недоліки, що сприяло формулюванню оптимізаційних завдань.

У другій частині роботи було розроблено два проектних варіанти організації перевезень: перший варіант передбачав використання 20-тонних автомобілів для доставки плівки, а також залучення 10-тонних автомобілів для виконання додаткових рейсів. Другий варіант передбачав використання двох 10-тонних автомобілів для організації розвізних маршрутів. У результаті розробки обох варіантів були визначені оптимальні маршрути, що мінімізують витрати на транспортування та забезпечують ефективне використання ресурсів.

У економічній частині роботи було оцінено загальні витрати для базового варіанту та для обох проектних варіантів. Зокрема, для базової схеми

доставки за маятниковими маршрутами загальний пробіг транспорту становить 43418 км, що призводить до великих витрат. Водночас, у проєктних варіантах було досягнуто значної економії: проєктний варіант 1 з використанням 20-тонних і 10-тонних автомобілів демонструє економію в 2,4 млн грн на рік, а варіант 2 з двома 10-тонними автомобілями — 2,1 млн грн на рік. Це підтверджує доцільність впровадження запропонованих оптимізаційних рішень.

Крім того, у роботі були розглянуті питання безпеки на транспорті та охорони праці в умовах перевезення полімерної плівки, що є важливим аспектом у загальній організації перевезень. Забезпечення безпеки перевезень сприяє зменшенню ризиків і підвищенню ефективності роботи.

Таким чином, у результаті проведеного дослідження було запропоновано два варіанти оптимізації маршрутів перевезення полімерної плівки, що дозволяють значно знизити витрати на транспортування і підвищити ефективність логістичних процесів. З економічної точки зору, найбільш вигідним є проєктний варіант 1, який забезпечує найбільшу економію завдяки комбінованому використанню автомобілів різної вантажопідйомності.

Таким чином, проведене дослідження має важливе значення для підвищення ефективності транспортних процесів та конкурентоспроможності підприємства, а також сприяє оптимізації логістики та зниженню витрат на транспортування полімерної плівки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Герзель, В.М., Марчук, М.М., Фабрицький, М.А., Рижий, О.П. Організація автомобільних перевезень, дорожні умови та безпека руху. Навчальний посібник. Рівне, 2006, 200 с.
2. Босняк М.Г. Вантажні автомобільні перевезення. Навчальний посібник для студентів спеціальності 7.100403 "Організація перевезень і управління на транспорті (автомобільний)". К.: Видавничий Дім "Слово", 2010. - 408 с.
3. Оліскевич, М.С. Організація автомобільних перевезень. Частина 1. Вантажні перевезення. Навчальний посібник у двох частинах. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2017, 336 с.
4. Лащених, О. А. Методи і моделі оптимізації транспортних процесів і систем / О. А. Лащених, О. Ф. Кузькін. — Запоріжжя : ЗНТУ, 2006. — 435 с.
5. Лащених, О. А., Кузькін, О. Ф., Грицай, С. В. Імовірнісні і статистико-експериментальні методи аналізу транспортних процесів і систем. Запоріжжя : ЗНТУ, 2011. 420 с.
6. Іванілов, О.С., Дмитрієв, І.А., Шевченко, І.Ю. Економіка підприємств автомобільного транспорту: підручник для студентів вищих навчальних закладів. Х.: ФОП Бровін О.В., 2017, 632 с.
7. Методичні вказівки до економічної частини дипломного проекту для студентів денної і заочної форми навчання спеціальності 275 «Транспортні технології (за видами)» / Укл. Кузькін О.Ф., Харченко Т.В., Васильєва Л.О., Лебідь Г.О. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 34 с.
8. Лазуткін М. І., Журавель М. О. Дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості і напруженості праці : методичні вказівки до лабораторного заняття з дисципліни «Цивільний

захист і охорона праці в галузі» : для студентів усіх спеціальностей та усіх форми навчання : Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС.

9. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. : МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (Державні санітарні норми та правила).
10. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. [Чинний від 1998-12-10]. К. : МОЗ України, 1998. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445>. (Державні санітарні правила та норми).

ДОДАТОК А

АНАЛІЗ ДОДАТКОВИХ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК

При не задовільненому освітлені в цеху чи на майданчику можливе порушення технологічного процесу навантаження, що призведе до травмування робітників.

При навантаженні вантажу в холодний період, робітники можуть отримати переохолодження та захворіти.

На складах можливо виникнення пожежі. Причиною виникнення не задовільнений нагляд за електроустаткуванням і проводами, опалювальними пристроями, що призводить до перевантажень, утворення іскор та загоранню.

При перевезенні вантажу до споживача, можливі ДТП. Це може відбутися з-за не виконання водієм правил дорожнього руху, не справного автомобіля, не адекватної поведінки водія.

Перекидання та падіння вантажу з навантажувачів з-за невірного розташування вантажу на вилах, пошкодження обгортки вантажу та інше.

При розвантаженні вантажу у споживача, можливі наїзди проїзжаючого транспорту на вантажників.

При обробці статистичних даних на комп'ютері можливо виникнення шкідливих факторів санітарно-гігієнічного характеру такі як не задовільне освітлення, порушення від норм мікроклімату, підвищений шум та інше, що може визивати важкість та напруженість праці.

ДОДАТОК Б

ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ

На майданчиках для навантаження вантажу в тарі, що зберігаються на складах, повинні бути облаштовані платформи, естакади, рампи висотою, що дорівнює висоті підлоги кузова автомобіля або платформи відповідно ДБН А.5.2-2-2008 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві».

Задній хід автомобіля у зоні робіт повинен виконуватися водієм тільки за сигналом одного з працівників, зайнятих на цих роботах та з обов'язковою подачею сигналу. «Правила охорони праці під час навантажувальних-розвантажувальних робіт» Наказ № 21 від 19.01.2015.

Для запобігання дорожньо-транспортних пригод перед виїздом водій повинен пройти інструктаж, де його знайомлять з маршрутом пересування, особливостями руху на цьому маршруті, нагадують правила дорожнього руху. Автомобіль повинен пройти технічний огляд з відміткою в шляховому листі головним механіком. Перед виїздом водій повинен пройти медичний огляд з відміткою в листі доктора. НПАОП 0.00-1.62-12 «Правила охорони праці на автомобільному транспорті».

Для попередження падіння вантажу з навантажувача, необхідно вантаж розміщувати по центру вил, витримувати центр ваги, не перевантажувати вантажник. Слідкувати за упаковкою вантажу на предмет пошкодження упаковки.

Для запобігання наїздів на вантажників при розвантаженні вантажу споживачам, не обхідно розвантажуватися тільки на майданчиках для цього обладнаних. Якщо нема такої можливості, треба огородити місце розвантаження знаками. НПАОП 0-00-1.75-15 «Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт».

ДОДАТОК В

ЗАХОДИ З ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ

Для запобігання переохолодження в холодний період часу, робітники повинні бути одягнуті в теплий одяг та взуття. Обов'язково повинні бути спеціальні кімнати для обігріву робітників, сушіння одягу. відповідно ДСТУ 7339:2011 «Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

Для забезпечення нормативного рівня освітленості на складах, майданчиках при навантаженні вантажу, передбачається, відповідно ДБН В.2.5-28-2006 «Природне та штучне освітлення», застосування лампи типу ДРЛ-400, які мають високу світлову віддачу, тривалий термін служби та стійкість до коливань мережевої напруги міцністю 80 кВт. Висота підвісу буде більш 6 м. Робоча освітленість становить 50 лк.

При обробці статистичних даних в лабораторії, де є комп'ютер, можливе виникнення напруженості праці та інші шкідливі фактори санітарно-гігієнічного характеру.

У відповідності до вихідних даних, які були попередньо заміряні в приміщенні, де є комп'ютер, вносимо наявні фактори умов праці та виробничого середовища що впливають на працівника в процесі трудової діяльності їх фактичне значення та час дії до таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Відповідно методичних вказівок [8] з додатків, за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 140 Вт та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії 1а.

З додатків [8], відповідно до категорії робіт 1а, розряду зорових робіт Б-1 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК

(ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 4, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Таблиця В.1 – Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Виміряні показники $P_{вим}$	Час дії $год.(хв.)$	ГДК, ГДР, показники, $P_{доп}$	$X_{визн}$, бали	Клас умов праці	X_i , бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$	2	3	4	5	6	7
Освітленість приміщення $E, лк$	27,5	9	23,5-26,4	3	3.3	3
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$	200	10	300	-	3.1	1
Рівень шуму $L, дБА$	Б-1	-	-	-	-	-
Загальні енергозатрати організму, $Вт$	190	7	290	0,57	3.3	3
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	63000	7	40000	1,38		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	81	7	75	0,95		
Тривалість робочого дня, $год.$	10	10	8	00,23		

Для окремих факторів і показників за методикою визначеною «Гігієнічною класифікацією праці» [9], визначаємо розрахункові коефіцієнти $X_{визн}$ та вносимо їх значення до стовпчика 5, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [8]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінці мікроклімату визначаємо в балах, за формулою В.1:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} \quad (B.1)$$

$$X_{визн} = \frac{3 \cdot 9}{9} = 3.$$

- для показників важкості та напруженості праці розрахункові коефіцієнти визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця, за формулою (В.2) [8]:

а.) Загальні енергозатрати організму, $K_{знач} = 1,0$:

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} \quad (B.2)$$

$$X_{визн} = \frac{190 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,57.$$

б.) Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), $K_{знач} = 1,0$:

$$X_{\text{визн}} = \frac{63000 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,38.$$

в.) Тривалість зосередження уваги (% від часу зміни), $K_{\text{знач}} = 1,0$:

$$X_{\text{визн}} = \frac{81 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 0,95.$$

г.) Тривалість робочого дня (зміни), $K_{\text{знач}} = 0,15$:

$$X_{\text{визн}} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,23.$$

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 6, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{\text{визн}} = 3$, з таблиці 7.2 [8] – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $\Pi_{\text{вим}} = 200$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 [8] – 3 клас, 1 ступінь (3.1);

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $\Pi_{\text{вим}} = 95$ дБА, за додатками Д та табл. Д.1 [8] – 3 клас, 2 ступінь (3.2);

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{\text{визн}}$ за формулою В.3 [8]:

$$X_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n X_i \quad (\text{В.3})$$

$$X_{\text{сум}} = 0,57 + 1,38 + 0,95 + 0,23 = 3,13.$$

З таблиці 7.3 [8] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{\text{сум}} = 3,13$ – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

В результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК належать до 3 класу, 3 ступеню.

Тому що при гігієнічній оцінці виявлена наявність шкідливих та особливо шкідливих, важких та особливо важких умов праці, проводимо дослідження фактичного стану умов праці, з метою визначення розмірів доплат за ступені шкідливості факторів виробничого середовища та показників важкості та напруженості праці за бальною шкалою, та вносимо їх значення до стовпчика 7, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для оцінки впливу мікроклімату, виходимо з того що він відповідає 3 класу, 3 ступеню умов праці, а час його дії уже врахований, тому – $X_{\text{см}} = X_i = 3$;

- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 9 годин, тому коректування не потрібно – $X_{\text{см}} = X_i = 1$;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 2 ступеню умов праці та діє протягом 6 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою В.4 [8]:

$$X_i = X_{\text{см}} \cdot \frac{T}{8} \quad (\text{В.4})$$

$$X_i = 1 \cdot \frac{2 \cdot 5}{8} = 1,25.$$

- для оцінки впливу важкості та напруженості праці, виходимо з того що вони відповідають 3 класу, 3 ступеню умов праці, а час їх дії уже врахований, тому – $X_{cm} = X_i = 3$;

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , за формулою В.5 [8]:

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i \quad (B.5)$$

$$X_{факт} = 3 + 1 + 1,25 + 3 = 8,25.$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{факт} = 8,25$, на підставі Типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці 7.4 [8]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 20 %.

На підставі результатів загальної гігієнічної оцінки умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, а також дослідження фактичного стану умов праці робимо висновки та пропозиції:

1. Умови, важкості та напруженості праці на робочому місці дослідника лабораторії, згідно результатів досліджень, належать до 3 класу, 3 ступеню (особливо важкі та особливо шкідливі умови праці), що не відповідає вимогам Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» до даного робочого місця;

2. Відповідно до класифікації умови, важкість та напруженість праці на робочому місці дослідника належать до категорії 1а, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії 1а, а саме [10]:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - 21,0-23,4°C;

- освітленість приміщення для роботи з дисплеями відповідає розряду зорових робіт Б-1, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 300 \text{ лк}$;

- рівень шуму в робочій зоні дослідника – 80 дБА;

- загальні енергозатрати організму, до 140 Вт;

- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 20000;

- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 50%;

- тривалість робочого дня 6 або 7 год.

3. Для приведення умов, важкості та напруженості праці до вищезазначених показників необхідно передбачити комплекс заходів які забезпечать нормалізацію умов праці, наприклад:

- для приведення мікрокліматичних умов до відповідності, необхідно забезпечити припливно-витяжну механічну вентиляцію та кондиціювання приміщення;

- для забезпечення нормованої освітленості приміщення яка відповідає розряду зорових робіт необхідно провести додаткові розрахунки та визначитися з потужністю ламп, типом ламп та світильників та їх раціональним розміщенням;

- для зниження рівня шуму в робочій зоні дослідника необхідно замість матричних принтерів застосувати лазерні; з метою зниження зовнішнього шуму замінити вікна на пластикові з трикамерним склопакетом;

- для зменшення загальних енергозатрат організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня до 6 або 7 год

- для зменшення напруженості праці від стереотипних рухів за зміну при локальному навантаженні кистей рук та пальців необхідно передбачити перерви, не менш 15 хвилин, кожні 1-2 години;

- для зменшення тривалості зосередження уваги, необхідно скоротити тривалість робочого дня, передбачити додаткові перерви.

4. Якщо, з об'єктивних причин, вищезазначені заходи неможливо виконати, необхідно забезпечити доплати до тарифної ставки (окладу) за особливо шкідливі та особливо важкі умови праці, відповідно до таблиці 7.4 [8], у розмірі 20%