

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

Факультет інформаційних технологій  
(факультет)

Кафедра системного аналізу та управління  
(повна назва)

**ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

Студента Тесленка Владислава Віталійовича

академічної групи 124-21-1  
спеціальності 124 Системний аналіз  
на тему: «Системний аналіз та оптимізація роботи транспортного підприємства»

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	Інституційною	
кваліфікаційної роботи	<i>к.т.н., доц Станіна О.Д.</i>			
розділів:				
Інформаційно- аналітичний	<i>к.т.н., доц Станіна О.Д.</i>			
Спеціальний розділ	<i>к.т.н., доц Станіна О.Д.</i>			
Рецензент	<i>д.т.н., проф. Алексєєв М.А.</i>			
Нормоконтролер	<i>к.ф.-м.н., доц. Хом'як Т.В.</i>			

Дніпро  
2025

ЗАТВЕРДЖЕНО:  
завідувач кафедри  
Системного аналізу та управління  
(повна назва)

\_\_\_\_\_ к.т.н., доц. Желдак Т.А.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеня бакалавра**

студенту Тесленко В.В академічної групи 124- 21-1  
спеціальності: 124 Системний аналіз  
на тему «Системний аналіз та оптимізація роботи транспортного підприємства»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка»  
від 05.05.2025 р. № 336 -с

Розділ	Зміст	Терміни виконання
1. Інформаційно-аналітичний розділ	<i>Провести аналіз сучасного стану галузі та навести характеристики та перспективи розвитку. Визначити область дослідження ,проблематику.</i>	10.03.2025 – 01.05.2025
2. Спеціальний розділ	<i>Навести опис та перспективні методи розв'язання поставленої задачі: визначити, обґрунтувати методи виконання вищезазначеної проблематики сучасним математичним апаратом. Розв'язати постановлену задачу сучасним методом вирішення. Дати рекомендації при використанні представлених методів.</i>	01.04.2025 – 10.06.2025

Завдання видано \_\_\_\_\_ к.т.н., доц. Станіна О.Д.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Дата видачі: 06.03.2025 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії: \_\_\_\_\_

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_ Тесленко В.В.  
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 139 с., 10 рис., 47 табл., 3 додатків, 19 джерел.

Аналіз та вдосконалення діяльності сучасного підприємства, в умовах ринкових відносин, за умовами вдосконалення управління запасами товарних груп, вдосконалення систем логістики на малих та великих підприємствах, використання сучасної маркетингової політики підприємства, використання простого та надійного математичного апарату для поліпшення розрахунків – є одним з вирішальних факторів підвищення продуктивності, поліпшення умов праці, збільшення економічних показників підприємства в цілому.

*Об'єктом дослідження* кваліфікаційної роботи є процеси логістичного напрямку сучасного підприємства роздрібної торгівлі в умовах конкуренції регіону.

*Предметом дослідження* є системи керування та оптимізаційні процеси доставки продукції в умовах сучасного підприємства роздрібної торгівлі.

*Мета кваліфікаційної роботи* – оптимізація логістичних послуг в системі матеріально-технічного постачання за умовами управління реалізації продукції на підприємстві за рахунок використання сучасних математичних моделей логістичного напрямку.

В *інформаційно-аналітичному* розділі проведений аналіз стану відповідної галузі в умовах сучасного ринку торгівлі та логістичних послуг. На базі проведеного аналізу наведені перспективи розвитку галузі та зміни поточного періоду. Наведені основні характеристики підприємства, складові робочих процесів та описана логістична складова регіону.

У *спеціальному* розділі проаналізовані методи сучасні розрахункові методи логістичних послуг для оптимізації. На базі проведеного аналізу описана та побудована сучасна математична модель процесу доставки готової продукції, як об'єкти роздрібної торгівлі підприємства. За допомогою сучасного методу проведені розрахунки та наведений приклад оптимізації роботи логістики.

*Практична значимість дослідження* полягає в тому, що отримані рекомендації, щодо вдосконалення методів розрахунку доставки продукції в умовах підприємства та зменшені витрати на логістику.

**РОЗДРІБНА ТОРГІВЛЯ, ЛОГІСТИЧНІ ПОСЛУГИ, ТРАНСПОРТНА ЗАДАЧА, МЕТОДИ РОЗРАХУНКІВ, ЗАДАЧА КОМІВОЯЖЕРА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, БАГАТОКРЕТЕРІАЛЬНА ЗАДАЧА.**

## ABSTRACT

Explanatory note: 139 p., 10 pictures, 47 table, 3 appendixes, 19 sources.

Analysis and improvement of the activities of a modern enterprise, in the conditions of market relations, under the conditions of improving the management of inventories of commodity groups, improving logistics systems at small and large enterprises, using a modern marketing policy of the enterprise, using a simple and reliable mathematical apparatus to improve calculations – is one of the decisive factors in increasing productivity, improving working conditions, increasing the economic indicators of the enterprise as a whole.

The object of the study of the qualification work is the processes of the logistics direction of a modern retail enterprise in the conditions of regional competition.

The subject of the study is control systems and optimization processes of product delivery in the conditions of a modern retail enterprise.

The purpose of the thesis is to optimize logistics services in the material and technical supply system under the conditions of managing the sale of products at the enterprise through the use of modern mathematical models of the logistics direction.

The information and analytical section 4analyses the state of the relevant industry in the conditions of the modern trade and logistics services market. Based on the analysis, the prospects for the development of the industry and changes in the current period are presented. The main characteristics of the enterprise, components of work processes and the logistics component of the region are described.

In a special section, modern calculation methods of logistics services for optimization are analyzed. Based on the analysis, a modern mathematical model of the process of delivering finished products as retail objects of the enterprise is described and built. Using a modern method, calculations are carried out and an example of optimizing logistics work is given.

The practical significance of the study is that recommendations are received to improve the methods of calculating product delivery in the conditions of the enterprise and reduce logistics costs.

RETAIL TRADE, LOGISTICS SERVICES, TRANSPORTATION PROBLEM, CALCULATION METHODS, TRAVELING SALESMAN PROBLEM CONTROL SYSTEM, MULTI-CRITERION PROBLEM,

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	9
ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ .....	10
1.1 Аналіз ринку логістичних послуг України .....	10
1.2 Актуальність питання доставки товарів в сучасних умовах ринкових відносин.....	12
1.3 Логістика України –перспективи розвитку та сучасний стан .....	14
1.4 . Сучасний аналіз ринку алкоголю України в умовах підприємств галузі 19	
1.5 Дослідження діяльності підприємства компанії та характеристика мережі магазинів "Вина Світу" .....	24
1.6 Структура підприємства "Вина Світу" .....	27
1.7 Аналіз комплексу маркетингової стратегії у мережі магазинів "Вина Світу" .....	29
1.8 . Оцінка конкурентоздатності ТОВ «Вина Світу» в регіоні.....	36
1.8.1 Теоретичні аспекти дослідження оцінки конкурентоздатності підприємства.....	36
1.8.2 Алгоритм проведення розрахунку інтегрального показника конкурентоспроможності підприємства на ринку транспортних послуг.....	39
1.9 Постановка задачі в умовах ТОВ «Вина Світу».....	56
Висновки по розділу .....	57
СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ .....	58
2.1. Опис сучасних математичних моделей та методів розрахунку розподільчих мереж.....	58
2.2. Моделі прогнозу та розрахунку завантаження транспортних мереж промислового підприємства .....	59
2.3. Задача комівояжера. Математична постановка задачі. ....	68
ВИСНОВОК.....	113
Список використаних джерел. ....	114
Додаток А .....	117

Додаток Б.....	118
Додаток В .....	120

## ВСТУП

Постійний розвиток науки, техніки та вдосконалення діяльності людства – призводить до підвищення якості, отримання більшого рівня комфорту за умовою використання сучасного рівня технологій. Підвищення рівня комфорту, полегшення роботи (за умовою використання сучасної техніки та розрахункових методів), зменшує витрату часу, при цьому забезпечує наданням транспортних або логістичних послуг з мінімізацією витрат. Саме використання в логістиці автомобільного транспорту максимально у всіх сферах діяльності людини в сучасних галузях.

Логістика, в загальній тенденції, розглядається як, використання відповідного транспорту – а це вже буде окрема галузь господарської діяльності та відокремлюється в окремі відділи, підрозділи тощо. Основним результатом роботи всього логістичного транспорту є переміщення відповідних вантажів. Вантажний транспорт відносимо до відповідної виробничої сфери діяльності підприємств. Окрема логістика то пасажирський транспорт, який здійснює перевезення людей, його віднесемо до обслуговуючої галузі.

Зазначимо, що без логістичного транспорту неможливий сам процес діяльності сучасного підприємства, для якого постійно є потреба в постачанні сировини, а далі транспортування продукції на склади та торгівельним підприємствам. Сучасний логістичний транспорт то є велика різноманітність всіх видів транспорту для переміщення вантажів, кожен з яких має свою специфіку та транспортні особливості при переміщенні – температурні умови, розмір тощо. Тому логістика то є сучасний комплекс взаємопов'язаних галузевих відношень. Цей підхід можна поділити на транспортування сухопутного, водного та повітряного характеру. Специфічною галуззю логістичних комплексів в сучасному світі є міський та міжміський пасажирський та вантажний транспорт окремо взятих підприємств або торгівельних мереж.

Відокремлений автомобільний транспорт можна охарактеризувати високою маневреністю, що робить вигідним його використання на невеликих проміжках та відстанях, особливо в межах сучасно навантаженого міста.

*Метою кваліфікаційної роботи є розробка заходів з удосконалення організації транспортного процесу доставки товарів в мережу компанії «Вина Світу» м. Дніпро за рахунок впровадження в транспортно-технологічну схему доставки вантажу розробку ефективної розробленої системи маршруту на базі математичного апарату.*

Одним із головних завдань кваліфікаційної роботи є розрахунок щодо удосконалення транспортного процесу та визначення економічного ефекту від запропонованих проектних рішень.

*Об'єктом дослідження* – є логістичний процес транспортування продукції в торгівельну мережу компанії «Вина Світу» м. Дніпро рухомим складом підприємства.

*Практичні результати* полягають в тому, що розроблена ефективна логістична стратегія в умовах підприємства «Вина Світу», що дозволяє ефективно використовувати транспортні засоби при перевезенні продукції для реалізації в торгівельну мережу підприємства в межах м. Дніпро. Надані методи та аналіз проведеного дослідження носять умовно універсальний характер, при цьому можуть бути використані в умовах сучасних підприємствах логістичного напрямку, які займаються перевезеннями продуктів в торгівельні мережі міст.

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АТ – автомобільний транспорт

ПЗ – програмне забезпечення

ММ – математичні методи

РО – розрахункові операції

ЛС – логістична система

ЛЛ- логістичний ланцюг

ЛСП - логістична система підприємства

СС – складська система

СМ – складська мережа

РЦ – розподільний центр

## ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Аналіз ринку логістичних послуг України

Не секрет що розвиток ринку транспортних перевезень дуже важливий для розвитку України, насамперед логістика сприяє формуванню умов експорту, як наслідок наповненню державного бюджету, а то є критично. Саме завдяки сучасним умовам логістиці товари національного виробництва виходять на міжнародні ринки та поліпшують економічне становище в Україні. Україна має свої географічні переваги, оптимальне розташування між Європою та Азією, вона розташована на перехресті основних транс'європейських шляхів, що формує налагодження зовнішньоекономічної діяльності. Логістика формує дуже велику частку ВВП в нашій державі, створює робочі місця, сприяє розвитку інфраструктури на шляхах між містами, самих міст та інших населених пунктів..

З проблемою пандемії, а зараз ще з веденням бойових дій на території України ринок транспортних послуг зазнав суттєвих змін. Воєнні дії сформували нові логістичні маршрути, створили нові виклики для компаній, що займаються логістичною діяльністю, значно змінилися обсяги перевезень та їх можливості. З початку війни авіаперевезення повністю зачинені в Україні, а діяльність морського флоту значно обмежена, відповідно велика кількість підприємств використовують залізничний та наземний- автомобільний транспорт. Це значно змінило традиційні маршрути, збільшився час доставки товарів та відбувається перенавантаження транспорту підприємств логістичної галузі.

Сучасна логістика постійно змінюється та зазнає цифрових трансформацій, зростає складність автоматизації логістичних послуг, збільшується попит на інформацію від транспортних компаній в реальному часі, дедалі важливішою стає гнучкість у ланцюжках поставок товару. Сьогодні логістика є однією з перших складових будь-якого сучасного бізнесу, який хоче залишатися

конкурентоспроможним на ринку своєї галузі. Не дивлячись на складну економічну складову в Україні, ринок транспортних послуг є досить висококонкурентним що створює нові можливості для нових гравців, при все ж таки великій конкуренції [1].

На території України міжнародні компанії займають незначну частку на ринку. Нові компанії, перед тим як вийти на логістичний ринок повинні вдосконалити свої логістичні рішення та технології, мати доступ до сучасного обладнання, складів, IT-інфраструктури та кадрових ресурсів та ін. Основними питанням розвитку для нових гравців є збільшення фінансових витрат на інвестиції в інфраструктуру та сучасні технології, складнощі з дотриманням вимог українського законодавства, українських митних процедур. Впровадження сучасних технологій до логістичної галузі, співпраця з міжнародними компаніями та участь у відновленні інфраструктури після війни будуть ключовими факторами досягнення успіху новими гравцями на ринку транспортних послуг. Сектори ринку транспорту та логістики в умовах післявоєнної України залишатиметься під значним впливом внутрішніх та зовнішніх факторів, зокрема всіма наслідками повномасштабної війни, умовами та євроінтеграційних процесів Українського суспільства та технологічної трансформації економіки. За умовами та в рамках адаптації до основних стандартів ЄС Україна активізує співпрацю з європейськими країнами – транскордонні інфраструктурні проекти. До 2030 року очікується значне розширення залізничних та автомобільних маршрутів до стран Євросоюзу. Важливою тенденцією в цьому є автоматизація логістичних процесів, розвиток IT-рішень моніторингу вантажів та сучасні методи оптимізації маршрутів при логістиці. Використання цифрових платформ на базі технологій ШІ (штучного інтелекту) дозволить підвищити ефективність операцій та знизити витрати на послуги підприємств.

Відповідно – сучасний ринок транспортних послуг та логістики України має збільшений потенціал зростання попри виклики, зумовлені війною. Розвиток галузі визначатиметься не лише адаптацією до нових реалій економічних

відносин України, а й активною інтеграцією в європейські транспортні системи. Інвестиційна привабливість відповідної галузі зростає за умов стабілізації безпекової ситуації в країні, активної підтримки міжнародних партнерів та подальшої інтеграції до європейського ринку логістичних послуг. Потенціал галузі оцінюється у десятки мільярдів доларів, особливо в сегментах перевезень та складської нерухомості для тимчасового зберігання вантажів.

## 1.2 Актуальність питання доставки товарів в сучасних умовах ринкових відносин

Розглядаючи умовну складову транспортної інфраструктури – яка є однією з найважливіших інфраструктури сучасної економіки України, яка в свою чергу забезпечує життя міст та регіонів. В останній час у багатьох містах вичерпані або близькі до вичерпання можливості екстенсивного розвитку транспортних мереж – недосконалість транспортної інфраструктури та розв'язки, обмежена наявність складської нерухомості. Тому особливої важливості набуває оптимальне планування мереж, поліпшення організації руху, оптимізація системи маршрутів вантажного та громадського транспорту у містах та регіонах. Рішення певних завдань не можливе без розробки та впровадження сучасного ММ (математичного моделювання) транспортних мереж. Головне завдання сучасних математичних моделей – визначення, прогноз основних параметрів функціонування ТМ (транспортної мережі), таких як інтенсивність руху транспорту на відповідних елементах мережі, обсяги перевезень в мережі за допомогою оптимального транспорту, середні швидкості руху, затримки і втрати часу і т.д.

Сучасні умови роботи транспортної інфраструктури є однією з найважливіших сфер діяльності підприємства, оскільки у процесі господарської діяльності кожне підприємство потребує переміщення матеріалів, сировини,

продукції виробництва, при цьому вони частково використовують власний автотранспорт або користуються послугами автотранспортних підприємств логістичної галузі [2].

Головним завданням розвитку сучасного транспортно-дорожнього комплексу в умовах ринкових відносин України є визначення оптимізації та пошук шляхів розв'язання проблем розвитку транспортної галузі, зростання попиту на послуги транспортування, активізації процесів при інтеграції транспортно-дорожнього комплексу підприємства для широкого комплексу Українського логістичного хабу, а також його впровадження до європейського та світових транспортних систем та мереж логістики. Для сучасного економічного стану багатьох підприємств сучасної України характерним є підвищення ролі транспортування вантажним транспортом, який, в свою чергу, забезпечує життєдіяльність всього населення, функціонування та розвиток економіки окремих підприємств та всієї держави при можливості досягнення зовнішньоекономічних цілей України в умовах сьогодення.

АТ (автомобільний транспорт) відіграє важливу роль в соціально-економічному розвитку суспільства сучасної України. На сьогодні більш як 150 тис. автомобілів надають послуги з перевезення в межах країни.

АТ у цілому задовольняє потреби національної економіки України та населення в об'ємах перевезеннях, однак структура перевезень за допомогою вантажного АТ є недосконалою та потребує поліпшення, більшість транспортних засобів за своєю конструкцією, тоннажністю, типами кузовів, класом вантажопідйомності та комфортності, видами та питомими витратами палива на транспортування, екологічними показниками не відповідають сучасним вимогам Євросоюзу та потребують модернізації в умовах економічної співпраці .

При цьому зазначимо, що оновлення парку рухомого складу всіх підприємств відбувається повільними темпами – майже 80% рухомого складу є технічно або морально застарілими, а 55% експлуатуються більш як 10 років та знаходяться в неналежному стані.

Перехід економіки України на ринкові умови господарювання та швидка приватизація підприємств істотним чином змінили систему процесу перевезень між промисловими підприємствами України. Сьогодні автотранспортні підприємства працюють в умовах часткової відсутності централізованих замовлень, що викликає визначену нестабільність формування обсягів їх послуг протягом запланованого періоду часу. Результатом є невпевненість підприємств в досягненні позитивних результатів робочого процесу від їх виробничо-господарської діяльності, зростає ризик стійкого функціонування на конкурентному ринку. Є невпевненість підприємств в досягненні позитивних результатів від їх виробничо-господарської діяльності. Все це потребує аналізу, вдосконалення систем управління, контролю та модернізації робочих процесів сучасних логістичних підприємств.

### 1.3 Логістика України –перспективи розвитку та сучасний стан

Загальна сукупність всіх логістичних процесів в країні формує мережу транспортно-логістичного комплексу. Відповідна логістична система формує економічну складову розвитку окремих підприємств та економіки країни в цілому. Логістичний комплекс за останній період часу надав близько 14% ВВП України, при цьому робочі місця в цьому зазначені на рівні 8% від загальної кількості працюючого населення [3].

Система управлінням сучасним підприємством ринку транспортних послуг є комплексною системою вирішення поставлених цілей, відповідними методами з постійним контролем результату. Управління в цьому випадку передбачає певну стратегію фірми в умовах невизначеності середовища внутрішньої та зовнішньої складової з метою отримання доходу [4].

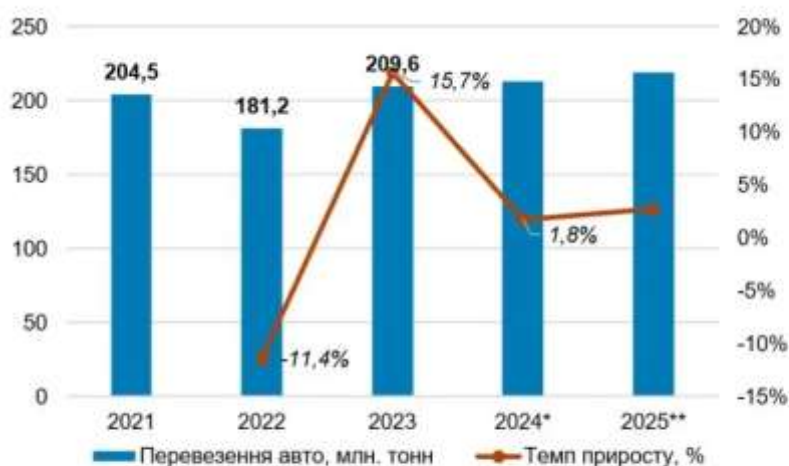
Сучасна логістика формується з окремих складових та компонентів: само транспортування товарів, складська логістика, експедиторські послуги, інформаційний супровід [5]. Як було вже зазначено – функціонування сучасного

ринку транспортних послуг є динамічно змінена структура, направленість доставки, попит на окремий вид товарів та послуг, технологічність транспортування, ступінь кваліфікації персоналу відповідного фаху, соціально-економічні відносини між суб'єктами на ринку [6].

Загальна характеристика всіх логістичних послуг по транспортуванню вантажів частково не задіяні (як було зазначено в попередніх розділах) – то є прямі морські перевезення та авіаперевезення у промислових цілях. Значна втрата економіки України збуту в межах міжнародного логістичного сегменту, є крок до змін та оновлених можливостях для окремих міжнародних компаній.

Аналітика від компанії Impulse Consulting [7] підтвердила основний стан вітчизняної галузі логістичних послуг, що є підставою для розробки подальших стратегій на найближчий період часу та післявоєнний стан. Відповідні показники від компанії Impulse Consulting підтверджують попит на автоперевезення перевезення, які частково замінюють морську та авіа логістичну форму.

Зазначимо, що все ж таки є перешкоди на шляху збільшення автоперевезень – значна завантаженість автоперевізників, недостатній автопарк та значна обмеженість комерційних вантажів на міжнародних пунктах пропуску що підтверджується на рисунку 1.1 [7].



\* очікувані показники за повний рік

\*\* прогнозовані показники

Джерело: за даними Державної служби статистики України, оцінка Impulse Consulting

Рисунок. 1.1 – Обсягів перевезення вантажів, млн. тон

Знову зробимо посилання на аналітику від компанії Impulse Consulting [7], яка дає змогу зробити висновок в тому, що: стимулювання держави дозволяє підвищувати частку комерційних вантажоперевезень, що дає змогу на підвищення та збільшення ВВП та ВНП нашої країни.

Прогноз галузі логістичних послуг є стабільність. Галузь розвивається та є прибутковою, але треба робити направленість до європейського вектору розвитку логістичних послуг при підтримці від державних органів влади, сучасного бізнесу та споживацького сектору логістичних послуг.

Відповідний прорив можна досягти через значну модернізацію та зміни процесів в економіці України, підвищення рівня конкурентоспроможності в логістичній галузі, зростання якісного послуг від провідних компаній галузі. Відповідні концептуальні процеси є взаємодії галузі, за критеріїв прийнятності представлені на рисунку 1.2. [8]



Рисунок. 1.2 – Процес взаємодії економічних послуг логістичної галузі

Згідно аналітичній складовій треба розуміти, що конкуренція між логістичними підприємствами в військовий стан не є відповідною часу. Але є важливим та потрібним врахувати критерій прийнятності для посилення

стійкості та підтримки вітчизняного ринку логістичних послуг в цей важкий для країни час.

Безпекова складова всіх транспортних передбачає загальну координацію, захист інформації про маршрут та мережу переміщення вантажів.

Екологічна та соціальна складова послуги перевезень також є залучанням кінцевого споживача відокремлених товарних груп та є кінцевим результатом перевезення готової продукції. Впровадження та використання інноваційних технологій та засобів управління вантажними перевезеннями –орієнтуються на вдосконалення технології транспортних засобів логістичного сполучення міжнародного рівня.

Оптимізація витрат – є основою логістичних підприємств та відокремлених відділів великих виробничих та торговельних компаній. Підвищення конкурентоспроможності передбачає зміну та вдосконалення управління для зменшення витратних чинників з метою підвищення прибутковості підприємств та відділів.

Також окрема складова фінансово-кредитного інструментарію стимулює розвиток ринку логістичних послуг та є основою фінансової стійкості відділів та фірм умовах складної економічної ситуації в країні. Відповідні критерії є важливими при досягненні чіткої взаємодії між основними суб'єктами ринку логістичних послуг України: держава, підприємствами логістичної галузі, споживачами ринку та міжнародними логістичними підприємствами які працюють на території України.

Дотримання якісних критеріїв дають змогу ефективно відпрацьовувати ланцюги постачання, споживання, енергоощадних технологій, економічно вигідних логістичних послуг галузі. Але, зазначимо що держава повинна створювати можливості для інтеграції сучасного, вітчизняного ринку логістичних послуг в новий європейський формат співпраці.

Не будемо також забувати про аутсорсинг в галузі. Ця актуальна послуга є особливою в питаннях кадрового потенціалу та використання складських приміщень. Процес аутсорсингу – основа оренди приміщень клієнтів або

відповідних замовників. Але Україна по аутсорсингу не є передовою в цьому напрямку на відміну від країн Європи. Це можна пояснити: недостатнім рівнем систем обслуговування складів; відсутність стратегії управління міжнародними логістичними процесами та послугами; відсутність досвіду управління та мінімізації витрат цього напрямку; відсутність мережевого центру керування та зручної логістичної мережі складських приміщень у великих містах України та на шляхах переміщення вантажів ( Київ, Одеса, Дніпро, Харків, Львів та ін) [9].

Зазначимо, що ринок розвитку галузі логістики динамічний та адаптований під впливи зовнішнього середовища. Це пояснюється тісним зв'язком логістичного ринку та збільшенням ринку електронної торгівлі з розвитком інтернет ресурсів. Але незрозуміло та немає чіткої координації діяльності через відсутність кваліфікованих кадрів в логістичному оперативному керуванні для підвищення високого рівня послуг [10].

Таким чином можна зазначити що сучасний ринок логістичних послуг це дуже складна система, вона є важливою економічною та політичною складовою України, при цьому має також соціальне значення у пере налаштуванні напрямку розвитку до міжнародної економічної системи та потребує суттєвих регулюючих зрушень з боку держави. Потрібно поліпшити логістичну інфраструктуру України яка в свою чергу шляхи, сполучення, складські хаби та забезпечує ефективні комерційні та транспортні перевезення.

Також дуже актуально є інтеграція маршрутів з України до міжнародних маршрутів країн Європейського Союзу за умовами підвищення безпеки, технологічності та оптимізації з метою формування спільної європейської міжнародної логістичної системи.

Також є важливим використання новітніх технологій цифрового доступу до сучасних логістичних процесів відповідає за координацію та сталість ланцюгів транспортування, контроль та трекінг всіх вантажних перевезень та інформатизованість галузі загалом.

Окрема складова є використання зелених логістичних рішень. Застосування сучасних екологічних стандартів та енергоощадних транспортних засобів є важливою частиною стратегії розвитку та модернізації галузі в Україні.

Відповідно діяльність логістичних підприємств дедалі потребує перегляду стратегії управління та розвитку базуючись на поєднанні та синтезу стратегічного та тактичного методів управління в межах довгострокового періоду під використанням сучасних методів математичного апарату розрахунків та оптимізації роботи галузі.

#### 1.4 . Сучасний аналіз ринку алкоголю України в умовах підприємств галузі

Аналіз ринку алкогольних напоїв на фруктовому спирті в Україні - алкоголь споживають 77,4% населення [11]

Станом на грудень 2023 року, 77,4% населення України споживає алкоголь, що свідчить про зростаючий попит на ринку. У листопаді 2024 року компанія Pro-Consulting [11] провела маркетингове дослідження ринку алкогольних напоїв на фруктовому спирті, охопивши такі аспекти:

- ключові фактори впливу, тенденції та проблеми розвитку;
- динаміка місткості ринку за 2021 – I півріччя 2024 рр.;
- сегментація продукції (бренді, коньяк, настоянки, лікери, кальвадос);
- аналіз основних гравців, їх часток і рівня конкуренції;
- виробництво, імпорт, експорт;
- ціноутворення та середній рівень цін;
- споживчі вподобання та ринкові тренди;
- інвестиційна привабливість із урахуванням ризиків;
- прогноз розвитку ринку до 2027 року.

Особливості ринку:

Продукція виготовляється шляхом дистиляції або настоювання спирту на фруктовій сировині, що забезпечує натуральний смак. Ринок має широку цінову варіативність — від 250 грн за бюджетний коньяк до 1000–1100 грн за преміальні напої, з суттєвим розривом між вітчизняною та імпоротною продукцією.

Основні виклики для виробників:

1. Зростання витрат:

- Спирт +27%, виноматеріали +32%, пакування +29–182%
- Електроенергія +113%, газ +184,9%, водовідведення +89,8%

2. Зростання зарплат:

- Мінімальна заробітна плата зросла на 60,6%

3. Акцизне навантаження:

- Акцизний податок збільшено на 5%, ціна акцизних марок — на 66,41%

Споживча поведінка:

- Частка споживачів зросла з 50,8% (2021) до 77,4% (2023)
- 39,24% ринку припадає на міцні напої, 36,71% — на слабоалкогольні
- Найбільша активність — серед молоді 18–29 років (86,3%)

Відповідний аналіз ринку алкогольних напоїв на основі очищеного фруктового спирту в Україні посідає важливе місце в алкогольній індустрії - аналіз якого представлений на рисунку 1.3. Відповідні напої отримують дистиляцією чи настоюванням спирту на основі фруктової сировині, що дає можливість зберегти вишуканий аромат при натуральних смакових якостях продукту. Категорія продукту відокремлює коньяки, бренді, лікери та кальвадос, настоянки. Всі ці напої унікальні своїми смаковими якостями та відповідними характеристиками.

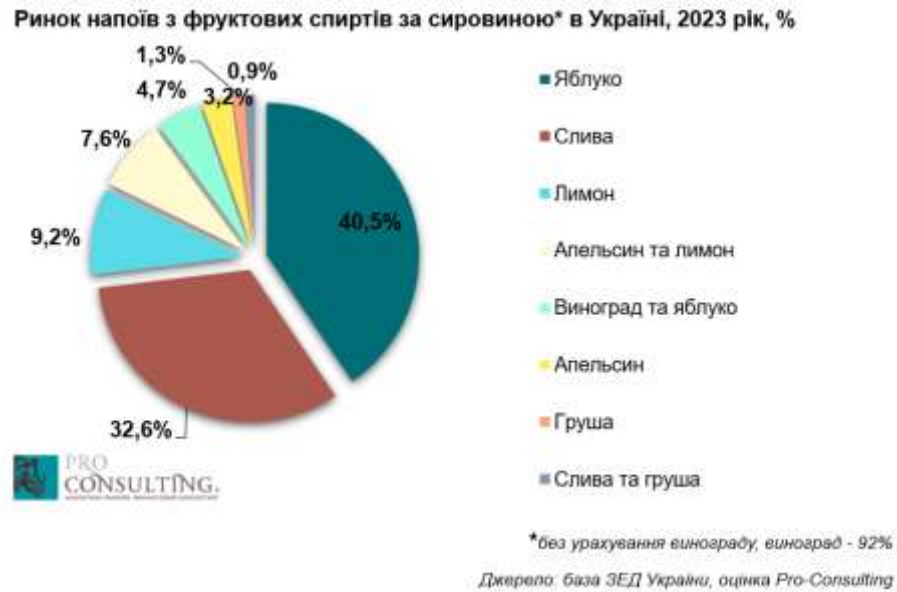


Рисунок 1.3– Ринок напоїв на основі фруктових спиртів.

Також можна представити графіки:

- Динаміки місткості ринку алкогольних напоїв на фруктовому спирті в Україні з 2021 по перше півріччя 2024 року – рисунок 1.4.
- Зростання витрат на ключові ресурси виробництва — упаковку, сировину, енергію рисунок 1.7.

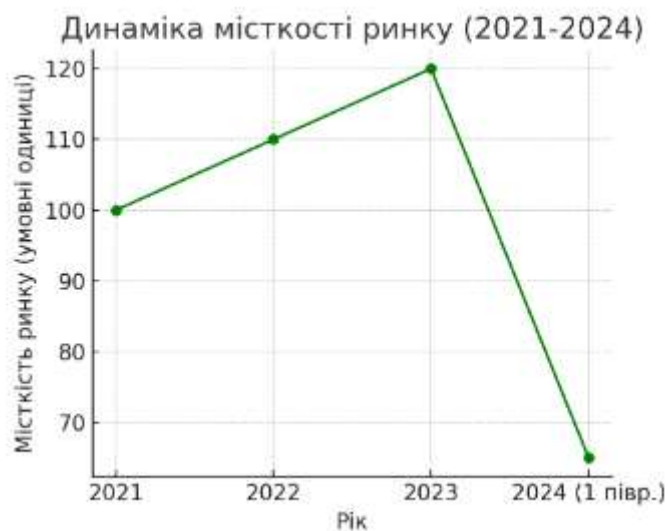


Рисунок 1.4 – Динаміки місткості ринку алкогольних напоїв на фруктовому спирті в Україні з 2021 по перше півріччя 2024 року

Так, частка споживачів алкогольної продукції в Україні зростає з 50,8% населення 2021 року до 77,4% у грудні 2023 року (рис 1.6). Особливо явно

збільшилося споживання міцного алкоголю - до 39,24%, а слабоалкогольні напої займають 36,71% алкогольного ринку. Молодіжна аудиторія (18-29 років) становить 86,3% від загальної кількості споживачів ринку алкогольних напоїв на основі фруктового спирту в Україні( рис 1.7) [12].



Рисунок 1.5 –Структура споживання алкоголю в Україні (2023)

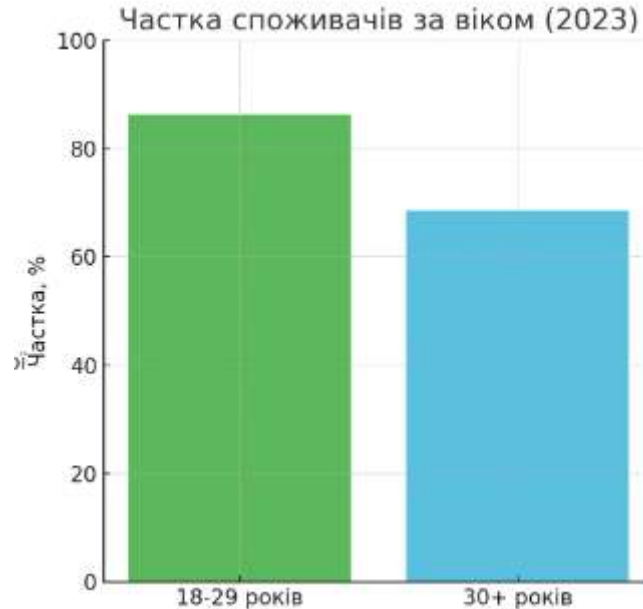


Рисунок 1.6 –Частка споживачів за віком

Аналіз ринку України також може показати основні витрати на виробництво та обслуговування галузі, безпосередньо впливає на кінцеву вартість роздрібної ціни продукту.

Основними чинниками збільшення вартості кінцевого продукту є:

1. Зростання цін на первину сировину та екологічну упаковку

Відповідний проміжок часу показники цін на сировинний спирт для сучасного виробництва збільшився на 30%, окремих видів виноматеріалів - на 34%, упаковка (загально вся) зросла майже в 6 разів з 30% до 190%. Підвищення цін на комунальні послуги – вартість електроенергії збільшилась на 120%, на використаний газ - на 186%, а самі комунальні послуги на 92%.

2. Збільшення витрат на оплату праці

Розмір ЗП (заробітної плати) збільшився на 62%, при цьому більш кваліфікованим працівникам підбавили ЗП до 100%

3. Акцизне оподаткування

Акцизні марки та їх вартість підвищилась на 68% порівняно з довоєнними показниками при цьому акцизний податок підвищився на 5%. Як стримуючий фактор держава унормовує мінімальні роздрібні ціни на ці продукти.

4. Супутні витрати – до яких відносяться витрати на логістичні послуги, оренду складських приміщень та окремих підрозділ фахівців з логістики.

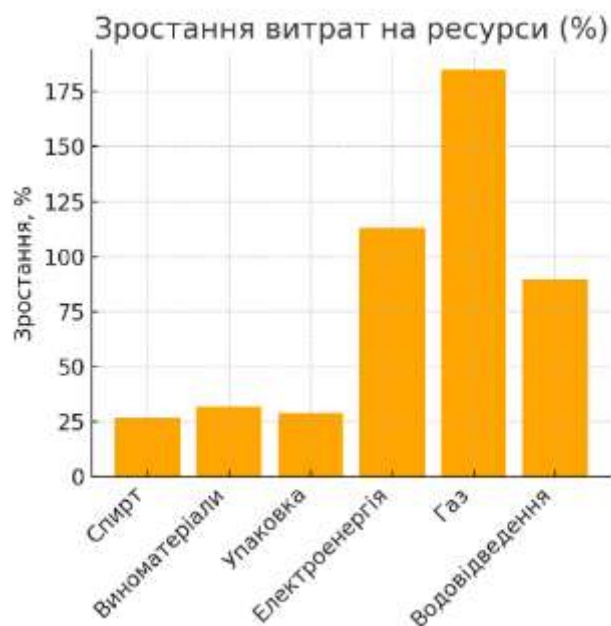


Рисунок 1.7 – Зростання витрат на ключові ресурси виробництва —  
упаковку, сировину, енергію

Таким чином, можна констатувати, що з розвитком ринку алкогольної продукції зростають вимоги покупців до якості та асортименту та відповідно ціновій політиці кожного гравця галузі. Але для зменшення роздрібною ціни потрібно мінімізувати і поточні витрати на логістичні послуги, які також враховуються. Основними напрямками підвищення показників збуту продукції, та підвищення якості обслуговування покупців є: розширення асортименту за рахунок позицій з нижчої цінової групи; більш гнучка цінова політика, а це відокремлені розрахунки - в які ми включаєм значну частку логістичних послуг та ін.

#### 1.5 Дослідження діяльності підприємства компанії та характеристика мережі магазинів "Вина Світу"

«Вина Світу» – всеукраїнська мережа фірмових магазинів. Займаються імпортуванням алкоголю та гастрономії з усього світу. Товар у магазинах сертифікований. Тому можете бути впевнені у його якості. Асортимент – це понад 5000 позицій. Продукція представлена як в інтернет-магазині «Вина Світу», так і в офлайн-магазинах Київської, Запорізької, Харківської, Дніпропетровської, Сумської, Полтавської, Рівненської, Івано-Франківської, Львівської, Одеської, Донецької області.

Історія підприємства:

ТОВ "ВИНА СВІТУ" (ЄДРПОУ 33192493) зареєстровано 27 жовтня 2004 року.

Основні етапи розвитку:

Реєстраційні дані

- Статутний капітал: 25 000 грн (остання зміна 03.07.2023).
- Керівники: Пащенко Юрій Ігорович та Пащенко Тетяна Борисівна.
- Юрадреса: Київ, вул. Китаївська (деталізовані дані частково приховані)

Мережа спеціалізується на ексклюзивному імпорті алкоголю з 15+ країн, включаючи Францію, Італію, Японію. Компанія має 1000+ контрактів з виробниками та представлена у 11 областях України.

Постачальники:

1. Алкогольні напої (вино, міцний алкоголь):

- Maison du Vin (Франція) – ексклюзивні вина з Бордо та Бургундії
- Cantina del Sole (Італія) – червоні та ігристі вина з Тоскани
- Bodegas Rivera (Іспанія) – вина з регіону Ріоха
- Cape Gold Wines (ПАР) – вина середнього та преміум сегменту
- Andes Select (Аргентина) – мальбек та шардоне з Мендоси
- VinSpirit GmbH (Німеччина) – лікери, аперитиви та настоянки
- Сири:
- Fromagerie Vallée (Франція) – камамбер, брі, рокфор
- Latteria di Milano (Італія) – пармезан, горгонзола, моцарела
- Сирна Лавка (Україна) – фермерські сири преміум якості
- Bergkäse Import (Швейцарія) – ементаль, грюйер

2. Безалкогольні напої:

- San Pellegrino (Італія) – мінеральна вода та натуральні газовані напої
- Fritz-Kola (Німеччина) – кола, лимонади та енергетики преміум класу
- NaturFrisk (Данія) – органічні соки та смузі
- Karpatska Dzherelna (Україна) – питна та мінеральна вода
- Солодощі:
- Dolce Vita Confectionery (Італія) – шоколад, амаретті, торроне
- Maison du Chocolat (Франція) – преміум-шоколад
- Солодка Спокуса (Україна) – натуральні цукерки ручної роботи
- Wiener Süß (Австрія) – штруделі, вафлі, марципан

3. Закуси:

- Taras & Co (Іспанія) – оливки, хамон, в'ялені помідори

- Gourmet Snacks (Велика Британія) – чипси, мікси з горіхів та сухофруктів
- Savory Line (Франція) – паштети, хумус, крекери
- Фермерські Продукти (Україна) – м'ясні делікатеси та овочеві антипасті.

Фінансові партнери підприємства:

Інвестиційні партнери:

TerraVino Capital (Франція–Україна)

Основний інвестор на стартовому етапі. Забезпечив первинне фінансування у розмірі 500 000 євро на запуск імпортно-логістичної платформи.

Vinum Growth Fund (Швейцарія)

Долучився у 2017 році для масштабування дистрибуційної мережі, інвестувавши близько 1 млн євро.

UkrStart Invest Group (Україна)

Локальний партнер, який підтримує компанію у вигляді фінансування маркетингових програм та розширення регіонального представництва.

Банківські партнери:

АТ "УкрСиббанк" (BNP Paribas Group)

Основний банк для розрахунково-касового обслуговування та валютних операцій.

Надання короткострокових кредитних ліній на поповнення обігових коштів.

АТ "Ощадбанк"

Партнер з програм підтримки малого та середнього бізнесу. Надання пільгового кредитування на розвиток складів та транспорту.

Raiffeisen Bank Україна

Надання гарантій для імпортних контрактів та підтримка міжнародних розрахунків.

Лізингові та страхові компанії:

OTP Leasing – лізинг вантажного автотранспорту

ARX Страхування – страхування товарів під час логістики

UNIQA Україна – медичне страхування працівників та страхування майна.

Логістичні партнери «Вина Світу»:

Доставка кур'єром "iPOST", Доставка "Нова Пошта"

По місту доставка відбувається власним транспортом, який і потребує обробки та математичного апарату для зменшення витрат на логістичні послуги

## 1.6 Структура підприємства "Вина Світу"

Управління підприємством "Вина Світу" здійснюється на базі сучасної організаційної структури. Ця структура та відокремлені підрозділи підприємства визначаються самостійно керівництвом. При цьому, відповідно до цієї структури управління є певні вимоги – необхідність забезпечення ефективного розподілу обов'язків. Відокремлюючи функцію управління за підрозділами та відділами. Важливо виконання наступних умов управління підрозділами : - рішення відповідальних питань не знаходиться у різних відділах; - функції управління лише керуючих відділами/підрозділами; - окремий відділ не вирішує питань, які ефективніше вирішується іншому відділі.

Структура управління підприємством була сформована та представлена на рисунку 1.8, але можуть проходити певні зміни в часі відповідно до динаміки розвитку, масштабування та змін функцій управління відділами.

"Вина Світу" очолює головний директор, який відповідає за роботу підприємства і несе повну відповідальність за його фінансовий стан та діяльність трудовим колективом та інвесторами. Директор представляє підприємство у всіх установах і організаціях держави, розпоряджається певним майном підприємства, укладає від імені підприємства договори, видає накази, відповідно до трудового законодавства приймає та звільняє працівників, застосовує заходи заохочення і накладає стягнення на працівників підприємства, відкриває в банках рахунки підприємства.



Рисунок 1.8 – Структура ТОВ "Вина Світу"

Виконавчий директор або заступник директора з економічних питань несе відповідальність за планові показники продажів, відповідає за планування роздрібною торгівлі та економічного стимулювання на роботі підприємства, підвищення продуктивності праці на підприємстві, виявленню та раціональному використанню резервів праці та оптимізацію заробітної плати та ін. Йому безпосередньо підпорядковуються: відділ бухгалтерії, відділ комерційного напрямку, відділ кадрів, відділ закупівлі, відділ логістики ( відділ доставки та всі працівники складу як окремого підрозділу).

Бухгалтерія – здійснює безпосередньо облік фінансової діяльності та коштів підприємства та всі господарські операції з матеріальними та грошовими ресурсами підприємства, контролює та підтримує результати фінансово-господарської діяльності підприємства, проводить всі фінансові розрахунки з замовниками та постачальниками. Також веде роботу з банками для отримання кредитів, своєчасного повернення суд. Бухгалтерія проводить аналіз результатів діяльності відповідного відділу та підприємства в цілому, пропонує на розгляд заходи щодо підвищення рентабельності підприємства, підрахунок заробітної плати та ін.

Відділ логістики відповідає за своєчасну доставку продукції покупцеві, координує роботу відділу доставки та складу.

Відділ кадрів розраховує та контролює штатний розклад кожного відділу, складає місячні, кварталні та річні плани на робочі процеси та здійснює контроль за їх виконанням, пропонує заходи щодо підвищення продуктивності праці співробітниками, пропонує технічно обґрунтовані норми виробітку та проводить аналіз їх виконання, організовує та бере участь у розробці інноваційних заходів в організації праці, сприяє руху за колективну гарантію трудової та громадської дисципліни та багато іншого.

Відділ продажів підприємства складає плани за обсягами продажів та кількості торгових точок акційного товарного продукту. Відстежує роботу торгових точок та магазинів та контролює своєчасну оплату клієнтів за відвантажений товар.

Відділ закупа робить вибір постачальників, розрахунок оптимального розміру партії товару, що купується.

Відділ доставки відповідає за своєчасну доставку товару покупцеві.

Працівники складу відповідають за дотримання норм і термінів зберігання продукції, приймання товару від постачальників і відвантаження товару покупцям у необхідній кількості та асортименті.

## 1.7 Аналіз комплексу маркетингової стратегії у мережі магазинів "Вина Світу"

Товарний асортимент мережі супермаркетів «Вина Світу»

Імпортні товари

Напої: мінеральна вода, газована, негазована, з ароматизаторами (імпортні бренди з Італії, Франції, Польщі).

Кондитерські вироби: імпортні шоколади, бельгійські трюфелі, печиво, мармелад.

Алкогільні напої: широкий вибір вин (французькі, італійські, чилійські, іспанські), шампанське, лікери, віскі, ром, текіла.

Сезонні пропозиції: новорічні кошики з делікатесами, великодні набори, осінні акції на вина до глінтвейну, літні прохолоджувальні напої та снеки.

Упаковка товарів:

Транспортна упаковка

Призначена для зберігання та перевезення великої кількості товарів. Захищає продукцію під час транспортування та вантажно-розвантажувальних робіт.

Застосовується для:

Вин та інших алкогольних напоїв (ящики з гофрокартону, палети з термоплівкою)

Води та безалкогольних напоїв (плівкова упаковка для пляшок, коробки)  
Кондитерські вироби (лотки з гофрокартону).

Торговельна упаковка

Призначена для представлення товару на полицях магазину, містить маркування, логотип, інформацію для споживача.

Застосовується для:

Вина (скляні пляшки з етикеткою, капсульною обгорткою)

Шоколаду та кондитерських виробів (обгортки, коробки з віконцем)

Води (PET-пляшки з етикеткою)

Конкуренти мережі магазинів «Вина Світу» в різних сегментах:

Сегмент алкогольних напоїв (вина, міцний алкоголь):

Супермаркети: «Сільпо», «Novus», «МегаМаркет»

Спеціалізовані магазини: «Good Wine», «АлкоМаркет», «Wine Time»

Сегмент імпорتنих продуктів (сири, делікатеси, солодощі, м'ясні вироби):

Супермаркети преміум-класу: «Le Silpo», «Novus», «Furshet Gourmet»

Спеціалізовані магазини: «Поляна», «Імпорт Фуд», «Шато де Вин»

Сегмент безалкогольних напоїв та води:

Мережеві супермаркети: «АТБ», «Varus», «Metro» (широкий асортимент і акції)

Дистриб'ютори онлайн: Rozetka, Epicentr, Zakaz.ua

Позиціонування супермаркету

«Вина Світу» — спеціалізований ритейлер, що пропонує широкий асортимент імпорتنих вин, алкогольних напоїв, делікатесів та подарункової продукції для споживачів середнього та преміального сегментів.

Цінова стратегія мережі магазинів "Вина Світу".

Мережа магазинів Вина Світу функціонує на ринку чистої конкуренції.

Це свідчить про значну кількість учасників ринку — як продавців, так і покупців — де товари є здебільшого однорідними або мають незначні відмінності, що спричиняє високий рівень конкуренції.

Мета ціноутворення:

Основна мета ціноутворення у «Вина Світу» полягає в забезпеченні конкурентних переваг на ринку, збереженні лояльності постійних покупців, залученні нових клієнтів і досягненні стабільного прибутку шляхом ефективного управління обсягами реалізації продукції.

Основна задача ціноутворення:

Основна задача ціноутворення для ТОВ «Вина Світу» — формування такої цінової політики, яка дозволяє успішно конкурувати на ринку, утримувати лояльних покупців, стимулювати попит та забезпечувати стабільне зростання доходів.

Для досягнення цієї мети компанія «Вина Світу» використовує динамічну цінову стратегію з гнучкими системами знижок та акцій:

«3 по ціні 2» – при покупці трьох пляшок вина, третя надається безкоштовно.

Знижка за відгук – клієнт отримує промокод або знижку 5% за залишений відгук на сайті або в соцмережах.

Програма «Приведи друга» – знижка 10% для обох, якщо новий клієнт прийшов за рекомендацією постійного покупця.

Комплектні пропозиції – знижка 20% при покупці набору: вино + сир або вино + солодощі.

Знижка на день народження – персональна знижка для клієнта 15% протягом тижня до та після дати народження.

Збутова політика мережі магазинів "Вина Світу".

Збутова політика ТОВ «Вина Світу» — це сукупність підходів і дій компанії щодо організації продажу своєї продукції з урахуванням особливостей цільової аудиторії, логістики, каналів розподілу та методів просування.

Канали розподілу (збуту):

ТОВ «Вина Світу» здійснює прямий розподіл продукції через власну мережу спеціалізованих магазинів, а також через офіційний інтернет-магазин.

Доставка здійснюється як власними силами, так і за допомогою кур'єрських та поштово-логістичних служб для забезпечення охоплення максимальної кількості клієнтів, включаючи віддалені регіони.

Посередники:

Компанія переважно працює без посередників, орієнтуючись на прямі продажі кінцевим споживачам. У деяких випадках для забезпечення логістики на великі відстані залучаються сторонні логістичні компанії, які виконують лише допоміжну функцію у ланцюгу поставок.

Ціноутворення:

ТОВ «Вина Світу» застосовує змішану стратегію ціноутворення з урахуванням витратного та конкурентного підходів. Базова ціна формується на основі закупівельної вартості продукції, витрат на транспортування, зберігання, сплату митних зборів та визначеної націнки залежно від позиціонування товару (середній або преміум-сегмент). Також використовується елемент психологічного ціноутворення (наприклад, 199 грн замість 200 грн), а для гуртових покупців діє система знижок.

Бізнес-модель (B2B, B2C):

B2C (Business to Consumer): Основна модель збуту — продаж вина та супутньої продукції безпосередньо кінцевим споживачам через фізичні магазини й онлайн-канали.

B2B (Business to Business): Компанія також співпрацює з корпоративними клієнтами — серед них: готелі, ресторани, кейтерингові компанії, великі офіси, які замовляють подарункові алкогольні набори, вина для проведення заходів, прийомів тощо.

Транспортування:

Товари транспортуються як власним автопарком, так і через спеціалізовані логістичні компанії, які забезпечують дотримання температурного режиму та інших вимог до перевезення алкогольної продукції (особливо делікатних вин).

Складський запас:

ТОВ «Вина Світу» підтримує стратегічні запаси продукції на спеціалізованих складах із дотриманням умов зберігання (вологості, температури, освітлення). Формування запасів базується на прогнозованому попиту з урахуванням сезонності та маркетингових активностей.

Розміщення товару в торговельній залі:

Товари у магазинах розміщуються відповідно до принципів візуального мерчандайзингу: найпопулярніші позиції — на рівні очей споживача, новинки — у виділених зонах з яскравими POS-матеріалами. Елітні вина розташовуються в окремих сегментах зі спеціальним освітленням і брендуванням. Також враховується логіка споживчого руху по торговій залі та тематична класифікація (по країні, сорту винограду, нагородах тощо).

Інтернет-продажі:

ТОВ «Вина Світу» активно розвиває онлайн-продажі через власний інтернет-магазин. Клієнти мають змогу ознайомитись з асортиментом, відфільтрувати продукцію за ціною, походженням або сортом, а також оформити замовлення з доставкою. Оплата можлива онлайн банківською картою, через платіжні сервіси або при отриманні (накладений платіж). Доставка здійснюється протягом 1–3 днів через кур'єрські служби або самовивозом з найближчого магазину.

Інші елементи збутової політики:

- Впроваджено CRM-систему для ведення обліку клієнтів, історії покупок та персоналізації маркетингових повідомлень.
- Діє програма лояльності (накопичувальні бонуси, подарунки на день народження, спеціальні пропозиції).
- Регулярно проводяться дегустації новинок, святкові акції та тематичні вечори.
- Для корпоративних клієнтів передбачені індивідуальні знижки та персоналізовані умови співпраці.

Комунікаційна політика мережі магазинів "Вина Світу".

## Реклама

Компанія веде активну рекламну діяльність, спрямовану виключно на популяризацію самої мережі магазинів, не акцентуючи увагу на окремих товарах. Рекламні матеріали підкреслюють атмосферу закладу, високу якість обслуговування, ексклюзивність пропозицій та фірмовий стиль. Для цього використовуються інструменти зовнішньої реклами (вивіски, сітілайти, брендування вітрин), цифрова реклама в соціальних мережах, реклама у міських довідниках та локальних онлайн-медіа. Окрема увага приділяється оформленню торговельних точок, що слугує частиною візуальної комунікації з покупцем.

## Виставки та презентаційні заходи

ТОВ «Вина Світу» регулярно бере участь у спеціалізованих заходах, що сприяють професійному нетворкінгу та зміцненню репутації компанії на ринку. Серед таких — виставка Wine & Spirits Ukraine, міжнародна гастрономічна виставка WorldFood Ukraine, винні фестивалі у Львові, Одесі та Києві. Компанія організовує також власні локальні презентації, дні відкритих дверей у нових магазинах та вечори знайомства з брендом, які проводяться у партнерстві з закладами гастрономічної сфери.

## Персональний продаж

Велика увага приділяється якісному персональному обслуговуванню в магазинах. Консультанти проходять спеціальну підготовку щодо технік комунікації, розуміння потреб покупців, а також опановують базові знання у сфері винної культури. У деяких торгових точках працюють професійні сомельє, які допомагають клієнтам з вибором, орієнтуючись не лише на смакові уподобання, а й на подію чи страву, з якою вино планується поєднувати. Такий підхід посилює персоналізацію обслуговування й підвищує рівень довіри клієнтів.

## Стимулювання збуту

Стимулювання продажів є важливим елементом комунікаційної політики і охоплює кілька цільових груп:

### Стимулювання кінцевих споживачів

Компанія використовує програми лояльності, які передбачають накопичення бонусів, надання персоналізованих пропозицій та участь у сезонних розіграшах. Для постійних клієнтів передбачені спеціальні знижки на визначені категорії продукції. Проводяться акції до святкових подій, презентації нових магазинів супроводжуються приємними подарунками та знижками. Також організовуються дегустації, які поєднують комерційний і просвітницький ефекти.

### Стимулювання партнерів

ТОВ «Вина Світу» співпрацює з дистриб'юторами, імпортерами, рекламними агентствами, логістичними компаніями та іншими бізнес-партнерами. Для стимулювання взаємодії компанія впроваджує систему бонусів, пропонує гнучкі умови співпраці, проводить спільні заходи та підтримує партнерські ініціативи. За виконання договірних зобов'язань у визначені терміни партнери можуть отримати додаткові бонуси або пріоритет при подальших поставках.

### Стимулювання працівників

Для співробітників мережі запроваджена система нематеріального та матеріального стимулювання. Це преміювання за виконання або перевищення планових показників, визнання найкращих працівників місяця з нагородженням, кар'єрне просування всередині компанії. Крім того, організовуються регулярні внутрішні навчання, корпоративні заходи та поїздки, що сприяють формуванню командного духу та підвищенню мотивації персоналу.

### Методи прямого продажу

Компанія активно розвиває як особисті продажі в магазинах, так і прямі онлайн-продажі через інтернет-магазин. У цифровому середовищі використовуються індивідуальні звернення через електронну пошту, прямі повідомлення у месенджерах, рекомендації на основі попередніх покупок. В

магазинах персонал надає консультації віч-на-віч, акцентуючи увагу на рекомендаціях, порадах щодо зберігання та поєднання вина.

#### Зв'язки з громадськістю (PR)

ТОВ «Вина Світу» приділяє значну увагу формуванню позитивного іміджу та довіри з боку споживачів і громадськості. PR-діяльність включає ведення офіційних сторінок у соціальних мережах, публікацію матеріалів про діяльність компанії в місцевих ЗМІ, а також налагодження зв'язків із галузевими експертами. Компанія регулярно бере участь у благодійних ініціативах: передає частину прибутку на підтримку соціальних проєктів, підтримує місцеві ініціативи та бере участь у волонтерських програмах, спрямованих на допомогу вразливим категоріям населення.

Зокрема, під час святкових періодів проводяться акції, де частина коштів від продажу спрямовується на підтримку благодійних орган.

### 1.8 . Оцінка конкурентоздатності ТОВ «Вина Світу» в регіоні

#### 1.8.1 Теоретичні аспекти дослідження оцінки конкурентоздатності підприємства

Пропозиція – результат виробничої діяльності у виді товарної маси, призначеної для продажу. Реальний рівень пропозиції залежить від кон'єктури ринку (співвідношення попиту, ціни). Верхня межа пропозиції – це сума поточного виробництва і запасів у виробника.

Розрахунок показників конкурентоздатності підприємства проводимо за методикою [13].

Конкурентоспроможність автотранспортного підприємства може бути досягнута безперервним цілеспрямованим впливом керуючої підсистеми підприємства з дотриманням вищезазначених принципів на бізнес процеси в

напрямі формування та управління конкурентних позицій. Метою управління конкурентоспроможністю автотранспортного підприємства є забезпечення конкурентоспроможності його послуг на ринку транспортних перевезень. Об'єктом управління в системі управління конкурентоспроможністю автотранспортного підприємства є конкурентні переваги, які стають ключовими факторами, компетенціями, що забезпечують підприємству більш вигідне становище, а також досягнення стратегічних і тактичних цілей при раціональному витраті всіх видів ресурсів.

Конкурентоздатність автотранспортного підприємства на ринку транспортних послуг визначається за формулою:

$$K = \lambda \times K_T + (1 - \lambda) \times K_{II}, \quad (1.1)$$

де  $K_T$  – інтегральний показник конкурентоспроможності послуги;  $K_{II}$  – інтегральний показник конкурентного потенціалу підприємства;  $\lambda$  – коефіцієнт переваги.

Інтегральний показник підприємства змінюється в межах від 0 до 1. Чим більше значення показника  $K$  до 1, тим вище конкурентоспроможність підприємства на ринку транспортних послуг. В трьохступеневої моделі управління підприємства, що розглядається в даному розділі, реалізовані теоретичні положення і принципи управління конкурентоздатністю підприємства. Триступенева модель передбачає послідовну порівняльну оцінку конкурентоспроможності послуги, конкурентний потенціал і конкурентоспроможність підприємства на ринку транспортних послуг. На рисунку 1.9 представлені елементи, які формують конкурентоздатність підприємства.

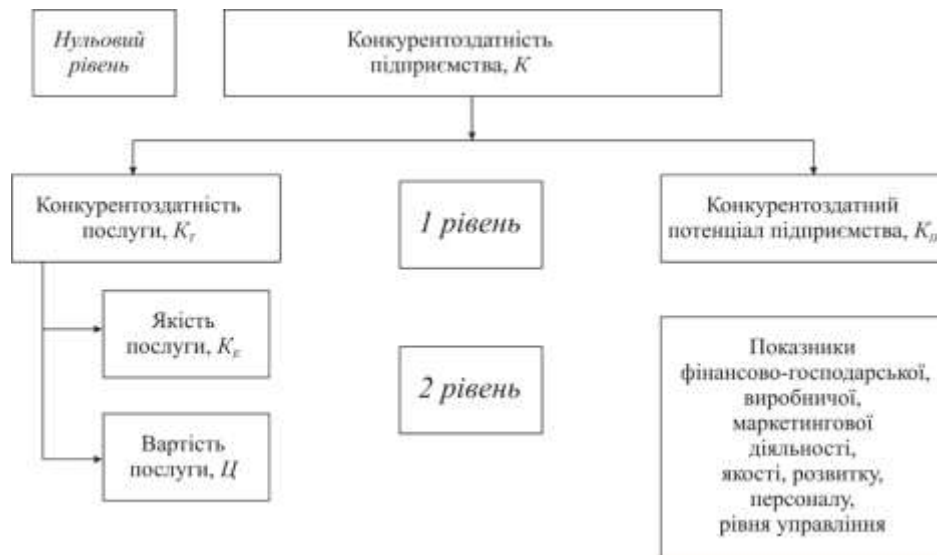


Рисунок 1.9 – Основні переваги конкурентоздатності сучасного підприємства

Після отримання результату оцінки вона порівнюється з оцінками конкурентів. Якщо результат у оцінюваного підприємства гірше, ніж у конкурентів, то на кожному етапі приймаються коригувальні заходи і цикл повторюється до тих пір, поки не буде досягнутий бажаний результат. Такий підхід дозволяє системно крок за кроком добиватися кращого конкурентної позиції підприємства на ринку транспортних послуг. За результатами третього етапу порівняння приймається рішення: або реалізувати намічену стратегію і тактику розвитку, або розробити комплекс заходів щодо підвищення конкурентоспроможності підприємства на ринку транспортних послуг, коригувати прийняті стратегічні і тактичні плани, реалізувати їх і повторити процедуру оцінки конкурентоспроможності. Дана процедура проводиться циклічно.

Модель дозволяє системно вирішувати питання управління по етапах, а також враховує зміну динаміки процесів у часі. Конкурентоспроможність підприємства оцінюється в порівнянні з конкурентами. Однак, підприємство можна оцінити і без конкурентів в аспекті порівняння його з самим собою. При наявності оцінок конкурентоспроможності підприємства на підставі аналізу рядків інтервалів часу можна простежити динаміку рівня

конкурентоспроможності, характер її зміни, виявити фактори, що впливають на її рівень, і дозволити керувати конкурентоспроможністю підприємства.

Для реалізації тріступеневої моделі управління конкурентоспроможністю підприємства необхідно в першу чергу визначити інтегральні показники конкурентоспроможності послуг та конкурентного потенціалу підприємства. Вибрані 33 найбільш важливі, з позиції споживача транспортних послуг, показники якості послуг були розділені на 4 групи: 1. своєчасність доставки (7 показників); 2. економічність (6); 3. збереження вантажу (9); 4. додаткові можливості (11). Групові показники якості визначалися за методом профілів без урахування коефіцієнтів вагомості.

#### 1.8.2 Алгоритм проведення розрахунку інтегрального показника конкурентоспроможності підприємства на ринку транспортних послуг

Відповідно до методу профілів алгоритм виконання розрахунку конкурентоспроможності підприємства, який характеризується складною ієрархічною класифікацією наступний:

- вибираються найбільш вагомні показники, що розглядаються;
- проводиться ієрархічна класифікація вибраних показників;
- методом профілів для кожної групи визначаються комплексні показники якості групи;
- методом аналізу ієрархій («MAI») визначаються коефіцієнти вагомості кожної групи показників;
- підсумовуванням добутку комплексних показників якості груп та їх коефіцієнтів вагомості розраховується інтегральний критерій якості, що розглядаються.

Комплексний показник якості всередині групи визначається за формулою [13]:

$$P_i = (Y_1 / 2 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_{n_i-1} + Y_{n_i} / 2) / (n_i - 1), \quad (1.2)$$

де  $P_i$  – комплексний показник якості  $i$ -ї групи показників;  $n_i$  – кількість показників в  $i$ -ї групи;  $Y_1, Y_2, \dots, Y_{n_i-1}, Y_{n_i}$  – розрахункові величини, які визначаються за наступними формулами:

$$Y_k = \frac{\ddot{I}_{\hat{e}} - \ddot{I}_{\hat{e}_{\min}}}{\ddot{I}_{\hat{e}_{\max}} - \ddot{I}_{\hat{e}_{\min}}}, \quad (1.3)$$

або за формулою:

$$Y_k = \frac{\ddot{I}_{\hat{e}_{\max}} - \ddot{I}_{\hat{e}}}{\ddot{I}_{\hat{e}_{\max}} - \ddot{I}_{\hat{e}_{\min}}}, \quad (1.4)$$

де  $\ddot{I}_{\hat{e}_{\max}}$  – максимальне значення  $k$ -го показника;  $\ddot{I}_{\hat{e}_{\min}}$  – мінімальне значення  $k$ -го показника.

За  $\ddot{I}_{\hat{e}_{\max}}$  рекомендується приймати максимальне значення  $i$ -го показника, а за  $\ddot{I}_{\hat{e}_{\min}}$  – мінімальне значення. Для спрощення розрахунків рекомендується прийняти значення  $\ddot{I}_{\hat{e}_{\min}} = 0$ .  $\ddot{I}_{\hat{e}}$  – значення  $i$ -го показника для оцінювання якості послуги. Рівняння (1.4) використовується для «прямих» показників, збільшення значень яких підвищує якість послуги. Для «зворотних» показників, підвищення яких знижує якість, застосовується формула (1.4).

Для визначення інтегрального показника якості необхідно розрахувати значення коефіцієнтів вагомості груп показників. На жаль, в даний час немає об'єктивної методики з оцінки значень цих коефіцієнтів. Відомі методи, такі, як методи параметричних регресійних залежностей, граничних і номінальних значень, еквівалентних співвідношень, експертного оцінювання, мають свої області застосування і суттєві недоліки. Для розрахунку коефіцієнтів вагомості доцільно використовувати мало поширений, досить об'єктивний, універсальний метод аналізу ієрархій розроблений в («МАІ») [14]. Він, на відміну від аналогічних існуючих методів, враховує багато критеріальність і

невизначеність завдання, дозволяє здійснювати вибір рішення і безлічі альтернатив різного типу на підставі критеріїв, що виражаються як кількісними, так і якісними характеристиками, що визначають ефективність послуги.

Метод полягає в ієрархічній декомпозиції системи на більш прості складові і подальшій обробці послідовності суджень особою, яка приймає рішення, за допомогою парного порівняння. При цьому критерії оцінки експертів формалізовані і не вимагають застосування додаткових обчислювальних процедур. Під ієрархією тут розуміється багаторівнева система, що складається з елементів і альтернатив, об'єднаних в зв'язані підгрупи. На самому верхньому рівні ієрархії розташовуються цільова функція, далі проміжні рівні - елементи ієрархії (показники). Комплексні групові показники нерівномірно впливають на рівень якості послуги. Для встановлення пріоритетів окремих факторів у методу аналізу ієрархій («МАІ») формують матрицю попарних порівнянь. Порядок матриці визначається числом груп показників. У таблиці 1.1  $A_1, A_2, \dots, A_n$  - групи показників якості виробу;  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$  - відповідно їх ваги.

Для перекладу якісної інформації в числа в методі аналізу ієрархій («МАІ») використовується вербально-числова шкала відносин (див. табл. 1.6), що містить чисельні значення з відповідним обґрунтуваннями даних градацій [14].

Шкала відносин дозволяє ставити у відповідність ступеням переваги одного показника, що розглядається над іншим - певні числа. Попарні порівняння показників якості ведуться в термінах домінування одного показника над іншим - який з них найбільш значущий з точки зору експерта. Порівнюючи дві групи показників за ступенем їх впливу на рівень якості, експерт відповідно до змісту таблиці 1.1 ставить цілі числа від 1 до 9 або зворотні значення цих чисел. В даному методі («МАІ») за угодою порівнюється відносна важливість лівих елементів матриці з елементами, які

розташовані наверху. Тому якщо елемент зліва важливіше, ніж елемент, який розташований наверху, то в клітку заноситься відповідне відношення типу, наприклад, 3/1, в іншому випадку - зворотне число (наприклад - 1/3).

Достовірність застосування шкали відносин підтверджується результатами порівняльного аналізу багатьох інших шкал. Ефективність застосування методу аналізу ієрархій («МАІ») доведено як теоретично, так і практично при вирішенні багатокритеріальних задач оцінки об'єктів у різних сферах наукової діяльності.

Таблиця 1.1

**Загальний вигляд матриці попарних порівнянь для розрахунку коефіцієнта ваги**

Група	$A_1$	$A_2$	$A_i$	$A_n$	Оцінка компонента власного вектора по рядку	Коефіцієнт ваги
$A_1$	1	$\frac{\omega_1}{\omega_2}$	$\frac{\omega_1}{\omega_i}$	$\frac{\omega_1}{\omega_n}$	$e_1 = \sqrt[n]{\frac{\omega_1}{\omega_1} \frac{\omega_1}{\omega_2} \dots \frac{\omega_1}{\omega_n}}$	$X_1 = \frac{e_1}{\sum_{i=1}^n e_i}$
$A_2$	$\frac{\omega_2}{\omega_1}$	1	$\frac{\omega_2}{\omega_i}$	$\frac{\omega_2}{\omega_n}$	$e_2 = \sqrt[n]{\frac{\omega_2}{\omega_1} \frac{\omega_2}{\omega_2} \dots \frac{\omega_2}{\omega_n}}$	$X_2 = \frac{e_2}{\sum_{i=1}^n e_i}$
$A_i$	$\frac{\omega_i}{\omega_1}$	$\frac{\omega_i}{\omega_2}$	1	$\frac{\omega_i}{\omega_n}$	$e_i = \sqrt[n]{\frac{\omega_i}{\omega_1} \frac{\omega_i}{\omega_2} \dots \frac{\omega_i}{\omega_n}}$	$X_i = \frac{e_i}{\sum_{i=1}^n e_i}$
$A_n$	$\frac{\omega_n}{\omega_1}$	$\frac{\omega_n}{\omega_2}$	$\frac{\omega_n}{\omega_i}$	1	$e_n = \sqrt[n]{\frac{\omega_n}{\omega_1} \frac{\omega_n}{\omega_2} \dots \frac{\omega_n}{\omega_n}}$	$X_n = \frac{e_n}{\sum_{i=1}^n e_i}$

## Шкала відносин «МАІ»

Ступінь значимості	Якісний критерій оцінювання	Коментарі
1-ша	Однакова значимість	Дві дії вносять однаковий внесок у досягнення мети
3-тя	Деяке переважання значимості однієї дії над іншою	Існують міркування на користь переваги однієї з дій, однак ці міркування недостатньо переконливі
5-та	Суттєва або сильна значимість	Є надійні дані або логічні судження для того, щоб показати перевагу
7-ма	Очевидна або дуже сильна значимість	Переконливе свідчення на користь однієї дії перед іншою
9-та	Абсолютна значимість	Свідчення на користь переваги однієї дії іншій найвищою мірою переконливості
2, 4, 6, 8-а	Проміжні значення між сусідніми судженнями	Ситуація, коли потрібно компромісне рішення
Зворотні величини чисел, які наведені вище	Якщо дії $i$ при порівнянні з дією $j$ ставиться у відповідність одне з наведених вище чисел, то зворотного дії порівняння приписується зворотна величина	Якщо узгодженість суджень була при отриманні $N$ числових значень для утворення матриці

Матриця парних порівнянь (табл.1.1) характеризується властивістю зворотної симетрії. Відмінною особливістю цієї матриці, та й системи оцінки в цілому, є стійкість і гнучкість. Малі зміни і додавання додаткових елементів не руйнують характеристик ієрархічного уявлення, тобто при видаленні або додаванні ієрархічних гілок пріоритети альтернатив не зазнають якісних змін. Малі зміни значень показників призводять до незначних змін кількісних показників пріоритетів альтернатив, що показує стійкість методу, що розглядається.

Оцінювання компоненту власного вектора  $e_i$  в матриці попарних порівнянь визначається за наступною формулою:

$$e_i = \sqrt[n]{\frac{\omega_i}{\omega_1} \frac{\omega_i}{\omega_2} \dots \frac{\omega_i}{\omega_n}}, \quad (1.5)$$

Коефіцієнт вагомості  $i$ -ї групи показників визначається за наступною формулою:

$$X_i = \frac{e_i}{\sum_{i=1}^n e_i}, \quad (1.6)$$

Інтегральний коефіцієнт якості  $K_k$  виробу (послуги) буде визначатися за наступним співвідношенням:

$$K_k = \sum_{i=1}^n P_i \cdot X_i, \quad (1.7)$$

де  $P_i$  – комплексний показник якості  $i$ -ї групи показників;  $X_i$  – коефіцієнт вагомості  $i$ -ї групи показників якості.

Коефіцієнт конкурентоздатності послуги визначається за формулою:

$$K(K) = KЦ \times ЦФ, \quad (1.8)$$

де КЦ – коефіцієнт якості послуги; ЦФ – тариф на перевезення, грн./км.

Розрахунок показників методом, що розглядається в кваліфікаційній роботі проведемо для трьох підприємств м Дніпро, які є основними гравцями ринку алкогольної продукції міста:

- ТОВ «Вина Світу»»;
- ОКWINE;
- ALCOMAG.

Результати розрахунку показників оцінювання якості послуги з перевезення вантажів наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

**Результати розрахунку показників оцінювання якості послуги з перевезення вантажів**

Показники якості	ТОВ «Вина Світу»	ОКWINE "	ALCOMAG.
1	2	3	4
1. Своєчасність доставки вантажу (Коефіцієнт вагомості групи – 0,193)			
1.1 Середня швидкість перевезення вантажу, км/год.	32	28	27
1.2 Середній час відхилення від встановленого терміну, год.	8	5	7
1.3 Число поставок з відхиленням, %	39	46	47
1.4 Інтервал поставок, год.	17	17	17
1.5 Число відхилень від встановленої регулярності, %	43	38	42
1.6 Необхідний час для заявки, год.	14	11	10
1.7 Ступінь зносу автомобілів, %	75	68	70
<b>Усього по групі</b>	<b>0,188</b>	<b>0,166</b>	<b>0,175</b>
Економічність (Коефіцієнт вагомості групи – 0,450)			
2.1 Максимальна величина знижок, %	8	6	5
2.2 Відстрочка платежу за послуги, дні	30	30	25

## Продовження таблиці 1.3.

1	2	3	4
2.3 Частка порожніх рейсів, %	28	33	33
2.4 Витрати на перевезення, грн./тонна	13,87	14,26	15,2
2.5 Витрати на НРР, грн./тонна	3,5	3,5	3,5
2.6 Частка накладних витрат в собівартості перевезень, грн./тонна	84	128	134
<b>Усього по групі</b>	<b>0,427</b>	<b>0,442</b>	<b>0,428</b>
2. Збереженість (Коефіцієнт вагомості групи – 0,250)			
3.1 Число поставок без втрат, %	98,8	99,1	98,4
3.2 Число поставок без пошкоджень, %	99,1	99,4	99,2
3.3 Число поставок без пропаж, %	99,985	99,99	99,983
3.4 Число поставок без забруднення вантажу, %	99,81	99,68	99,75
3.5 Число критих автомобілів, %	100	100	100
3.6 Питомі витрати вантажу, грн./рейс	57	54	53
3.7 Питомі витрати від пошкодження вантажу, %	0,008	0,007	0,009
3.8 Число відмов при отриманні вантажу, %	0,0012	0,001	0,0014
<b>Усього по групі</b>	<b>0,243</b>	<b>0,235</b>	<b>0,247</b>
3. Додаткові можливості (Коефіцієнт вагомості групи – 0,107)			
4.1 Можливість експедування (так - 1, ні - 0)	1	1	1
4.2 Надання брезенту	1	1	1
4.3 Надання охорони	0	1	0
4.4 Можливість зберігання вантажу по приїзду до місць зберігання	1	1	1
4.5 Оснащеність АТЗ засобами зв'язку	1	1	1
Продовження таблиці 1.4.			
4.6 Можливість заміни АТЗ у випадку поломки	1	1	1

## Продовження таблиці 1.3.

1	2	3	4
4.7 Наявність спеціалізованого рухомого складу	1	1	1
4.8 Можливість перевезення небезпечних вантажів	1	1	1
4.9 Можливість перевезення швидкокопсувних вантажів	1	0	0
4.10 Можливість роботи в вихідні та святкові дні	1	1	1
4.11 Можливість оформлення супровідних документів	1	1	1
4.12 Можливість мийки АТЗ	1	1	1
<b>Усього по групі</b>	0,0973	0,0973	0,0875
<b>Коефіцієнт якості з урахуванням «МАІ» за формулою (1.8)</b>	<b>0,9548</b>	<b>0,9408</b>	<b>0,9378</b>
<b>Коефіцієнт конкурентоспроможності транспортної послуги за формулою (1.9)</b>	<b>0,0562</b>	<b>0,0538</b>	<b>0,0507</b>
Тариф на перевезення, грн./ км	17	17,5	18,5

З проведеного розрахунку показників оцінювання якості послуги з перевезення вантажів, можна зробити наступний висновок, що підприємство ТОВ «Вина Світу» має кращі показники (коефіцієнт якості з урахуванням «МАІ» - 0,9548, коефіцієнт конкурентоспроможності – 0,0562), на другому місці підприємство ОКWINE (коефіцієнт якості з урахуванням «МАІ» - 0,9408, коефіцієнт конкурентоспроможності – 0,0538), на третьому місці підприємство ALCOMAG (коефіцієнт якості з урахуванням «МАІ» - 0,9378, коефіцієнт конкурентоспроможності – 0,0507). Проаналізовані показники, які розглянуті в розрахунку, пов'язані з високим рівнем зносу рухомого складу.

На другому етапі управління конкурентоспроможністю підприємства визначається конкурентний потенціал підприємства і конкурентів, які оцінюються в наступному розділі. Для оцінки конкурентного потенціалу були прийняті 50 індивідуальних показників, які були згруповані в шість основних груп: технічної експлуатації (15 показників), фінансово-господарської

діяльності (15), якості (5), розвитку (5), персоналу і соціальної сфери (5), рівня досконалості управління (5). Групові показники конкурентного потенціалу підприємства розраховувалися без врахування вагомості за формулами 1.3-1.5. Для розрахунку конкурентного потенціалу підприємств на ринку транспортних послуг з урахуванням ваги показників, що розглядаються, із застосуванням шкали відносин «МАІ» була складена матриця попарних порівнянь груп показників конкурентного потенціалу і розраховані коефіцієнти вагомості (таблицю 1.4). Потім групові показники потенціалу множилися і підсумовувалися.

Таблиця 1.4

**Результати розрахунку номенклатури показників конкурентного потенціалу підприємств**

Показник	Умовний норматив, $P_{max}$	Значення показників $P_i$			Значення показників $Y_i$		
		ТОВ «Вина Світу»	OKWINE	ALCOMAG	ТОВ «Вина Світу»	OKWINE	ALCOMAG
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>1. Виробничі (Коефіцієнт вагомості групи – 0,0458)</b>							
1.1 Коефіцієнт технічної готовності	1	0,85	0,82	0,8	1,0	0,965	0,941
1.2 Рівень механізації ТО і ремонту РС, %	50	24	23	23	1,0	0,958	0,958
1.3 Середній вік рухомого складу	18	9,7	9,6	8,8	1,0	0,990	0,907
1.4 Знос рухомого складу, %	90	82	75	65	1,0	0,915	0,793

## Продовження таблиці 1.4.

1	2	3	4	5	6	7	8
1.5 Знос технологічного обладнання ТО і ремонту, %	90	55	50	48	1,0	0,909	0,873
1.6 Питомі витрати на ТО і ремонт на одиницю РС, тис. грн./авт.	100	47	43	40	1,0	0,915	0,851
1.7 Частка витрат на ТО і ремонт в загальній собівартості перевезень, %	30	18	18	18	1,0	1,0	1,0
1.8 частка ремонтних робочих в загальній чисельності по підприємству, %	30	16	17	15	0,941	1,0	0,882
1.9 Продуктивність ремонтних робочих РС, авт./чол.	10	4,3	4,3	4,2	1,0	1,0	0,977
1.10 Вартість виробничо-технічної бази, млн. грн.	80000	46000	45000	42000	1,0	0,978	0,913
1.11 Фондовіддача	1	0,0043	0,0041	0,0043	1,0	0,953	1,0
1.12 Несвоєчасність проведення технічного обслуговування РС, %	10	2	3	3	0,667	1,0	1,0

## Продовження таблиці 1.4.

1	2	3	4	5	6	7	8
1.13 Число дорожньо-транспортних пригод на період, які пов'язанні з РС підприємства	50	5	4	7	0,714	0,571	1,0
1.14 Середній стаж водіїв, років	30	10	10	9	1,0	1,0	0,9
1.15 Середньорічний пробіг автомобілів, тис. км	250	98	110	108	0,891	1,0	0,982
<b>Усього по групі</b>					<b>0,044</b>	<b>0,043</b>	<b>0,042</b>
<b>2. Показники фінансово-господарчої діяльності (Коефіцієнт вагомості групи – 0,2987)</b>							
2.1 Обсяг перевезень вантажів, тис. тонн	5000	1465	1386	1300	1,0	0,946	0,887
2.2 Вантажообіг	300000	73250	69300	65000	1,0	0,946	0,887
2.3 Виручка від перевезень, тис. грн.	500000	182100	185000	172100	0,984	1,0	0,930
2.4 Виручка від ТО і ремонту РС інших підприємств, тис. грн.	1000	0	0	0	0	0	0
2.5 Виконання плану перевезень на договірній основі, %	100	98	94	92	1,0	0,959	0,939
2.6 Число постійно підприємств, що обслуговуються	200	55	40	43	1,0	0,727	0,782
2.7 Коефіцієнт випуску автомобілів на лінію	1	0,664	0,632	0,627	1,0	0,952	0,944

## Продовження таблиці 1.4.

1	2	3	4	5	6	7	8
2.8 Частка перевезень на договірній основі, тис. тонн	60	50	44	40	1,0	0,88	0,8
2.9 Чистий прибуток, тис. грн.	100000	35000	32000	30000	1,0	0,914	0,857
2.10 Рентабельність перевезень, %	15	3	4	4	0,750	1,0	1,0
2.11 Середній обсяг перевезень на один автомобіль, тис. тонн	30	4,96	4,19	4	1,0	0,845	0,806
2.12 Забезпеченість власними оборотними коштами	2	0,3	0,2	0,2	1,0	0,667	0,667
2.13 Доля міжнародних перевезень в загальному обсягу, %	50	7	5	4	1,0	0,714	0,571
2.14 Питомі витрати на перевезення, грн./ткм	5	1,6	1,4	1,2	1,0	0,875	0,750
2.15 Частка підприємства на ринку транспортних послуг, %	10	4	4	3	1,0	1,0	0,75
<b>Усього по групі</b>					<b>0,272</b>	<b>0,244</b>	<b>0,229</b>
<b>3. Показники якості (Коефіцієнт вагомості групи – 0,2289)</b>							

## Продовження таблиці 1.4.

1	2	3	4	5	6	7	8
3.1 Частка відмов на виконання заявок на перевезення вантажу в зв'язку з відсутністю РС, %	50	7	5	4	1,0	0,714	0,571
3.2 Комплексний коефіцієнт якості перевезень	1	0,559	0,55	0,5	1,0	0,984	0,894
3.3 Частка витрат на поліпшення якості перевезень, %	5	3	2	2	1,0	0,667	0,667
3.4 Рівень дотримання технічної дисципліни, %	15	5	6	4	0,833	1,0	0,667
3.5 Проведення атестації обладнання для ТО і ремонту, %	100	95	90	85	1,0	0,947	0,895
<b>Усього по групі</b>					<b>0,219</b>	<b>0,199</b>	<b>0,169</b>
<b>4. Показники розвитку (Коефіцієнт вагомості групи – 0,0928)</b>							
4.1 Приріст обсягів перевезень, %	50	10	8	7	1,0	0,8	0,7
4.2 Приріст прибутку, %	50	4	5	4	0,8	1,0	0,8
4.3 Темп оновлення РС, %	15	2	1,6	1,5	1,0	0,8	0,75
4.4 Приріст кількості підприємств, що постійно обслуговуються	100	9	7	7	1,0	0,778	0,778

## Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8
4.5 Впровадження нових технологій, обладнання	100	2	1	1	1,0	0,5	0,5
<b>Усього по групі</b>					<b>0,089</b>	<b>0,072</b>	<b>0,065</b>
<b>5. Показники персоналу і соціальної сфери (Коефіцієнт вагомості групи – 0,2643)</b>							
5.1 Чисельність апарату правління, чол.	10	4	4	5	1,0	1,0	0,8
5.2 Чисельність виробничого персоналу, чол.	50	15	17	18	1,0	0,882	0,833
5.3 Чисельність лінійних керівників, чол.	10	3	5	5	1,0	0,6	0,6
5.4 Чисельність функціональних керівників, чол.	10	4	5	6	1,0	0,8	0,667
5.5 Загальна сума витрат на управління, грн.	50000	27000	28500	31000	1,0	0,947	0,871
<b>Усього по групі</b>					<b>0,264</b>	<b>0,215</b>	<b>0,194</b>
<b>6. Показники рівня досконалості управління (Коефіцієнт вагомості групи – 0,0693)</b>							
6.1 По функції «загальне керівництво», чол.	-	4	5	5	1,0	0,8	0,8
6.2 По функції «техніко-економічне планування», чол.	-	6	8	10	1,0	0,75	0,6
6.3 По функції «експлуатаційна служба», чол.	-	12	10	12	0,833	1,0	0,833

## Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8
6.4 По функції «матеріально-технічного постачання», чол.	-	6	6	7	1,0	1,0	0,857
6.5 По функції «ТО і ремонту», чол.	-	18	24	25	1,0	0,75	0,72
<b>Коефіцієнт конкурентного потенціалу</b>					<b>0,954</b>	<b>0,834</b>	<b>0,754</b>

Таблиця 1.5

**Матриця попарних порівнянь груп показників конкурентного потенціалу**

Показники	Виробництво	Фінанси	Якість	Розвиток	Персонал	Управління	Коефіцієнт ваги
Виробництво	1	0,25	0,25	0,3	0,25	0,3	0,0458
Фінанси	4	1	0,333	5	5	4	0,2987
Якість	4	3	1	3	0,25	3	0,2289
Розвиток	3	0,2	0,333	1	0,2	3	0,0928
Персонал	4	0,2	4	5	1	4	0,2643
Управління	3	0,25	0,3	0,3	0,25	1	0,0693

За формулою 1.1 проведемо розрахунок інтегрального показника конкурентоспроможності підприємства на ринку транспортних послуг з перевезення продукції в торгівельну мережу м. Дніпро:

- для підприємства ТОВ «Вина Світу»»:

$$K = 0,6 \times 0,0562 + (1 - 0,6) \times 0,0561 = 0,05616;$$

- для підприємства OKWINE:

$$K = 0,6 \times 0,0538 + (1 - 0,6) \times 0,0477 = 0,05136;$$

- для підприємства ALCOMAG:

$$K = 0,6 \times 0,0507 + (1 - 0,6) \times 0,0407 = 0,0467.$$

Результати розрахунку представлені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6

**Розрахункові показники конкурентоздатності підприємств  
на ринку транспортних послуг**

Підприємство	Значення інтегрального показника конкурентоздатності, <i>K</i>	Ранг
ТОВ «Вина Світу»»	0,05616	1
ТОВ OKWINE	0,05136	2
ALCOMAG	0,0467	3

Таким чином аналіз діяльності логістичного відділу ТОВ «Вина Світу»» показав, що попит на автоперевезення продукції у власну мережу м. Дніпро з кожним роком збільшується. Існують коливання попиту по місяцях року і по днях тижня. Підприємство ТОВ «Вина Світу»» на ринку транспортних послуг має ряд конкурентів, але займає одне з лідируючі місц.

## 1.9 Постановка задачі в умовах ТОВ «Вина Світу»

Проведений аналіз роботи сучасного підприємства ТОВ «Вина Світу» показав, що в умовах конкуренції на ринку роздрібної торгівлі дуже високий, при цьому також є попит на власні та загальні послуги транспортно-логістичних напрямку, при цьому актуальним є планування та модернізації рухомого транспорту відділу, а транспортування продукції потребує розрахунку найбільш раціональних шляхів та маршрутів – це є актуальною задачею сьогодення.

На даний момент організація маршрутів перевезення вантажу відбувається без урахування сучасного математичного апарату та передових математичних методів та моделей (оптимізаційні моделі, прогнозні моделі, імітаційні моделі), які дозволяють знизити витрати на транспортування продукції в межах підприємства. Для цього необхідно оптимізувати роботи рухомого складу логістичного відділу підприємства при плануванні руху найбільш раціональними шляхами та маршрутами великих міст в межах роздрібних магазинів мережі.

Таким чином в кваліфікаційній роботі, для усунення недоліку передбачається вирішити певні задачі:

1. розробити математичну оптимізаційну модель транспортування вантажів в умовах рухомого складу ТОВ «Вина Світу» ;
2. перевірити економічну ефективність від застосування використаної математичної моделі задачі що вирішується.

## Висновки по розділу

При проведенні аналізу діяльності окремих галузей було отримано підтвердження попиту на горілчані вироби, а як наслідок збільшення та попит на логістичні послуги підприємства. Також є певні коливання попиту по сезонності – пори року, свята. За результатами аналізу логістики та конкурентів в м. Дніпро можна зробити висновок, що логістика має попит та є попит. Пропозиції логістичних підприємств та окремих відділів логістики, що працюють в сегменті ринку перевезень за результатами проведеного аналізу, перевищує попит на транспортні послуги та постійно зростає.

Таким чином основні етапи вирішення задачі оптимізації транспортної мережі ТОВ «Вина Світу» будуть наступні: формування даних для реалізації оптимізаційної моделі логістичних перевезень в межах міста; реалізація оптимізаційної моделі при доставці вантажу підприємства;

## СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Опис сучасних математичних моделей та методів розрахунку розподільчих мереж

Математичні моделі та методи, що застосовуються для аналізу транспортних мереж, вельми різноманітні за рахунок важливості справ, математичного апарату, використовуваним даними і ступеня деталізації опису руху. Тому не представляється можливим дати вичерпну класифікацію цих моделей та методів. Грунтуючись на функціональній ролі моделей, тобто на тих завданнях, для вирішення яких вони застосовуються, можна умовно виділити три основні класи:

1. • прогнозні моделі,
2. • імітаційні моделі,
3. • оптимізаційні моделі.

Прогнозні моделі призначені для вирішення наступного завдання. нехай відома геометрія і характеристики транспортної мережі, а також розміщення потокоутворюючих об'єктів в місті. Необхідно визначити, якими будуть транспортні потоки в цій мережі. Більш детально, прогноз завантаження транспортної мережі включає в себе розрахунок усереднених характеристик руху, таких як обсяги міжрайонних пересувань, інтенсивність потоку, розподіл автомобілів по шляхах руху та ін. За допомогою цих моделей можна прогнозувати наслідки змін у транспортній мережі або в розміщенні об'єктів.

Для динамічних моделей характерна велика деталізація опису руху. Застосування цих моделей дозволяє оцінити динаміку швидкості руху, затримки на перехрестях, довжини і динаміку швидкості руху, затримки на перехрестях або затори та інші характеристики руху. Основна область практичного застосування динамічних імітаційних моделей це поліпшення організації руху з оптимізацією циклів відвантаження продукції і ін. В даний

час актуальним завданням є розробка систем автоматизованого оперативного управління рухом, які працюють в режимі реального часу. Такі системи повинні використовувати інформацію з датчиків в поєднанні з динамічним імітаційним моделюванням на базі сучасних математичних методів. Однак крім практичних застосувань, розвиток динамічних моделей представляє великий науковий інтерес в зв'язку з вивченням транспортного потоку як фізичного явлення зі складними і нетривіальними властивостями. Серед таких властивостей – спонтанна втрата стійкості, явища самоорганізації і колективної поведінки та ін.

Моделі прогнозу потоків і імітаційні моделі ставлять собі за мету адекватне відтворення транспортних потоків. Існує, однак, велика кількість моделей, призначених для оптимізації функціонування транспортних мереж.

В цьому класі моделей вирішуються завдання оптимізації маршрутів вантажних перевезень, побудова оптимальної конфігурації мережі та ін. Основи цього класу задач викладено в [15].

## 2.2 Моделі прогнозу та розрахунку завантаження транспортних мереж промислового підприємства

Транспортні потоки складаються з окремих пересувань, що здійснюються учасниками руху, або користувачами транспортної мережі. Основними факторами, що визначають кількість скоєних пересувань і їх розподіл по транспортній мережі міста.

Для побудови математичних моделей необхідно формальний опис зазначених факторів опису графа. Основа такого опису - транспортний граф, вузли якого відповідають перехрест'ю і станціям транспорту, дуги сегментам вулиць і ліній транспорту. У число дуг також включаються дуги, що зображують пересадки з вуличного на інший вид транспорту. транспорт.

Окремою складовою транспортного графа є маршрутний граф громадського транспорту. Вузлами маршрутного графа є пункти зупинки, дугами - сегменти маршрутів між пунктами зупинок. - звичайними вузлами графа вузли зупинки з'єднані дугами-посадками і дугами-посадками.

### *Задача комівояжера*

Задача пошуку найкоротшого маршруту в мережі є одною з найпоширеніших задач, що використовуються на транспорті, і включає вирішення таких питань як визначення найкоротших відстаней на заданій мережі доріг, побудову найкоротшої мережі доріг, визначення максимального потоку в мережі, розрахунок пропускної здатності транспортної мережі та визначення "вузьких місць" в ній тощо. Такі задачі відносяться до задач лінійного програмування та можуть бути розв'язані за допомогою симплекс-методу, але через значну розмірність відповідних задач лінійного програмування ця можливість є лише принциповою. Тому використовуються спеціальні алгоритми їх розв'язання відповідно до структури задачі. Знання теоретичних основ та володіння алгоритмами дозволяє ефективно розв'язувати різноманітні практичні задачі.

У нашому випадку доцільно використовувати алгоритм ефективного розв'язання – задачу комівояжера. Основна ідея задачі комівояжера полягає у наступному: комівояжер повинен проїхати  $n$  міст. Для того, щоб зменшити витрати, він повинен побудувати маршрут таким чином, щоб побувати в кожному місті по одному разу і повернутися у початкове.

Математична постановка задачі комівояжера в загальному вигляді має наступний вигляд:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \longrightarrow \min \quad (2.1)$$

при певних обмеженнях: обмеження на одноразовий виїзд з міста призначення, обмеження на одноразовий в'їзд в місто призначення.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 (i = \overline{1, n}) \quad (2.2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad (i = \overline{1, n}) \quad (2.3)$$

де  $c_{ij}$  — матриця відстаней між усіма містами  $i, j = \overline{1, n}$ .

Якщо в моделі задачі обмежитися лише умовами (2.1) і (2.3), то вона буде еквівалентною задачі про призначення, план якої не обов'язково повинен бути циклічним. Тобто, маршрут комівояжера може розпастися на декілька незв'язних між собою циклів, тоді як насправді він повинен складатися з одного циклу. Щоб забезпечити цю вимогу введемо наступне обмеження:

$$u_i - u_j + nx_{ij} \leq n - 1; i, j = \overline{1, n}; i \neq j \quad (2.4)$$

Покажемо, що в довільному циклі, який починається в першому місті, можна знайти такі  $u_i$  та  $u_j$ , які задовольняють нерівність (2.4). Нехай на  $k$ -му кроці комівояжер переїжджає з міста  $i$  в місто  $j$ . І припустимо, що  $u_i = k$ . Далі, на  $k+1$ -му кроці комівояжер буде вирушати з  $j$ -го міста в наступному напрямку, тоді  $u_j = k + 1$ . Якщо підставити дані величини в (2.4), отримаємо:

$$u_i - u_j + nx_{ij} = k - (k + 1) + nx_{ij} = -1 + nx_{ij} \leq n - 1$$

Зауважимо, що дана нерівність виконується для будь-яких значень  $i$  та  $j$  при  $x_{ij} = 0$ . Якщо ж  $x_{ij} = 1$ , то нерівність (2.4) виконується як строга рівність:

$$u_i - u_j + nx_{ij} = k - (k + 1) + n = n - 1$$

Тобто, якщо комівояжер пересувається з  $i$ -го в  $j$ -те місто, то нерівність (2.4) фіксує порядкові номери цих міст.

Отже математична постановка задачі комівояжера полягає у мінімізації функції (2.1) при обмеженнях (2.2), (2.3) і (2.4)

#### *Задача міжнародних перевезень.*

Для опису розподілу об'єктів необхідно розділити місто на кілька умовних районів прибуття і відправлення (ПВ). Кожен район ПВ включається в граф як вузол, з'єднаний зі звичайними вузлами графа спеціальними дугами-зв'язками. Загальний обсяг пересувань з одного району ПВ в інший (незалежно

від конкретних шляхів пересування) називається *міжрайонної кореспонденцією*.

Основою для моделювання поведінки користувачів є математична формулювання критерію, на підставі якого користувач оцінює альтернативні шляхи і способи пересування. Цей критерій прийнято називати узагальненою ціною шляху. Збільшення узагальненої ціни знижує привабливість шляху. Узагальнена ціна шляху складається з узагальнених цін входять до нього дуг. Крім того, в ціну шляху може додаватися ціна переходів з дуги на дугу, наприклад ціна повороту при русі по вулично-дорожньої мережі (ВДМ) або ціна посадки при переході з дуги-пересадки на дугу, відповідну поїзді.

Узагальнена ціна визначається як зважена сума доданків, що виражають вплив факторів різної природи на оцінку шляху. У загальному випадку вона може включати в себе наступні складові:

1. час пересування, який обчислюється на основі заданої функції залежності швидкості руху від завантаження дуги. Використовуються різні функції швидкості для доріг з різними фізичними характеристиками і умовами регулювання руху;
2. додаткові затримки на різних елементах транспортної мережі (час паркування, час очікування та ін.);
3. грошові витрати (платні магістралі, плата за в'їзд в певні зони міста і ін.);
4. умовні штрафні добавки часу, використовувані для моделювання різних особливостей транспортної мережі та заходів з управління транспортом.

Як показують обстеження, час – основний фактор, що визначає ціну шляху. Інші фактори є коригуючими і кількісно виражаються в умовних хвилинах, що додаються до часу пересування. Тому шлях між двома точками мережі, що має мінімальну узагальнену ціну серед всіх можливих шляхів, часто для простоти називають *найкоротшим* шляхом.

У задачі моделювання транспортних потоків в мережі великого міста традиційно виділяють чотири основні етапи:

1. оцінка загальних обсягів прибуття і відправлення з кожного району міста (Тріпгенератіон);
2. розщеплення по способам пересувань, таким як піші пересування, пересування з використанням громадського транспорту, пересування на автомобілі та ін. (Modal split);
3. визначення матриць вантажу, що визначають обсяг пересувань між кожною парою розрахункових районів міста (Trip distribution);
4. розподіл вантажу по транспортній мережі, тобто визначення всіх шляхів, які обирають учасниками руху, і визначення кількості пересувань по кожній колії (Trip assignment).

*Гравітаційна модель.*

Історично однією з перших математичних моделей, запропонованих для оцінки міжрайонних (між складів) перевезень, була гравітаційна модель [16-21]. Розглянемо систему, що складається з певної кількості  $R$  районів прибуття-відправлення, з'єднаних між собою шляхами по транспортній мережі. Вихідними даними до розрахунку матриці кореспонденцій є:

$Q_i$  – обсяг відправлення з району  $i \in R$ .  $D_j$  – обсяг прибуття в район  $j \in R$ .

Залежно від типу вантажу обсяги можуть вимірюватися в автомобілях, пасажирів або інших зручних одиницях. Передбачається виконанням умова балансу загального прибуття і відправлення.

$$\sum_{i \in R} Q_i = \sum_{j \in R} D_j \quad (2.5)$$

Гравітаційна модель заснована на наступному простому становищі: вантаж з району  $i$  в район  $j$  пропорційно загальному обсягу відправлення з центру  $i$ , загальним обсягом прибуття в центр  $j$  та деякої функції  $C(t_{ij})$ , що залежить від транспортного відстані  $t_{ij}$  між центрами  $i$  та  $j$ . З інтуїтивної

точки зору транспортна відстань відображає ступінь близькості районів з урахуванням швидкості та зручності пересування, що надаються транспортною мережею. Спосіб визначення цієї величини може відрізнятися в різних варіантах моделі.

При розрахунку однорідної матриці вантажу, тобто вантажів, складених з пересувань одного типу і користувачів одного класу, числовим виразом транспортної відстані є узагальнена ціна (в окремому випадку час проїзду) оптимального (найкоротшого) шляху, що з'єднує два склади. Якщо оцінюються змішані вантажі, необхідно обчислити оптимальну ціну пересувань на різних видах транспорту  $t_{ij}^k$ , де  $k$  - типи пересувань. В якості транспортної відстані приймаємо середньозважене цих цін з урахуванням коефіцієнтів розщеплення вантажів за типами пересувань:

$$\sum_k c^k(t^1, \dots, t^k), \quad t_{sj} = \sum_k c^k(t_{ij}^1, \dots, t_{ij}^k) t_{ij}^k, \quad (2.6)$$

де  $c^k$  – коефіцієнти розщеплення вантажів на типи транспорту, або функції набору оптимального часу доставки.

Для різних типів; ці коефіцієнти задовольняють умові

$$\sum_k c^k = 1 \quad (2.7)$$

Позначимо  $F_{ij}$  через  $F_{ij}$  кореспонденцію з району  $i$  в район  $j$ . Тоді гравітаційна модель може бути сформульована у вигляді :

$$F_{ij} = A_i O_s B_j D_j C(t_{ij}), i, j \in R \quad (2.8)$$

Де коефіцієнти визначаються з умов:

$$\begin{aligned}
\sum_{i \in R} F_{ij} &= D_j, j \in R \\
\sum_{j \in R} F_{ij} &= O_i, i \in R \\
F_{ij} &\geq 0, i, j \in R
\end{aligned}
\tag{2.9}$$

Розділ вантажів за типами пересувань може бути вироблено двома способами. По-перше, можна спочатку оцінити обсяги  $O_{ik}$  та  $D_{jk}$  окремо для кожного типу пересувань  $k$ , ґрунтуючись на соціально-демографічних показниках. Далі для кожного типу розраховується окрема матриця кореспонденцій методом балансування. Альтернативний шлях полягає в балансуванні матриці сумарних вантажів відповідно до загальних обсягів та подальшому по елементному розщепленні на типи пересувань. Коефіцієнти розділу при цьому визначаються індивідуально для кожної пари районів (складів, тощо) в залежності від співвідношення цін міжрайонних пересувань або транспортування різних типів. Даний спосіб дозволяє враховувати вплив на вибір способу пересувань факторів різної природи: соціально-економічних характеристик населення, особливостей розташування районів, розподілу пристрої транспортної мережі, складів.

Одним з недоліків класичної *гравітаційної моделі* є те, що обсяг вантажів зв'язується з характеристиками пари складів або підприємств (включаючи транспорт та відстань між ними), взятих окремо від інших районів доставки. Як відзначається багатьма дослідниками, привабливість складу для відвідування (або час прибуття в цей район) може залежати також від розташування конкретного складу або підприємства серед інших районів доставки вантажу. Ця ідея реалізована в моделях сімейства конкуруючих центрів (*competing destinations*). Моделі конкуруючих центрів можна розглядати як узагальнення гравітаційної моделі, де в вираз (2.3) додаються додаткові чинники, наприклад, індекс відвідуваності району прибуття, який визначається формулою:

$$I_{ij} = \sum_{k \in R, k \neq i, j} \frac{D_k}{t_{kj}} \quad (2.10)$$

Індекс відвідуваності тим більше, чим більше і ближче до району відвідування розташовані альтернативні райони відправлення. Введення цього фактора в модель дозволяє моделювати агломераційні ефекти в структурі доставки вантажів.

Подальші модифікації моделі пов'язані зі спробою обліку структури даної системи районів. Наприклад, розглянемо деякий регіон, де маються великі підприємства, оточені системою прилеглих центрів розподілу меншого рангу, кожен з яких оточений прилеглими дрібними районами. У такій системі структурний ефект може проявлятися в тому, що центр великого підприємства має надлишкову привабливість для оточуючих центрів в ієрархії. Цей ефект моделюється ранжируванням районів в'їзду-виїзду за статусом в ієрархії і введенням відповідних поправок в індекси відвідуваності районів [16].

Інший важливий клас моделей представляють різні модифікації моделі проміжних можливостей (intervening opportunities) *Стауффер* [15]. Модель Стауффер виходить з припущення, що обсяг вантажу між двома центрами визначається не стільки відстанню між ними, скільки кількістю та ємністю альтернативних центрів прибуття на шляху, що з'єднує центри, тобто кількістю альтернативних можливостей відвідування. Розглянемо спочатку просту систему з одним центром відправлення і поруч центрів прибуття, розташованих уздовж однієї лінії. Нехай  $O$  – обсяг відправлення,  $X_n$  – кореспонденція,  $\lambda_n$  ймовірність того, що учасник руху зупиниться в центрі  $n$  за умови, що центр  $n$  досягнутий в ході поїздки. Тоді:

$$X_n = O \lambda_n \prod_{j=1}^{n-1} (1 - \lambda_j) \quad (2.11)$$

Обсяг вантажу в центрі  $n$  пропорційний добутку ймовірності зупинки в цьому центрі на ймовірність того, що транспорт не зупинився раніше. Для узагальнень представляє інтерес безперервний аналог моделі, коли місця призначення безперервно розподілені уздовж деякого променя транспортного руху. В безперервній моделі замість кореспонденцій ми будемо говорити про щільність кореспонденцій  $x(r)$ , де  $r$  – відстань від центру відправлення. Позначимо також:  $y(r)$  – кількість учасників руху, що добралися до точки  $r$ ,  $\lambda(r)$  – значення щільності розподілу ймовірності зупинки в  $r$  за умови, що дана точка досягнута. Тоді:

$$y(r) = O - \int_0^r x(p) dp \quad x(r) = y(r)\lambda(r), \quad (2.12)$$

Таким чином з 2.8 отримаємо:

$$x(r) = O\lambda(r) \exp\left(-\int_0^r \lambda(p) dp\right). \quad (2.13)$$

Різні варіанти моделі конкуруючих можливостей можуть бути отримані з рівняння (2.9) шляхом прийняття різних гіпотез про вид функції умовної щільності ймовірності  $\lambda(r)$  [15]. У застосуванні до розрахунку кореспонденцій в транспортній мережі умовну ймовірність зупинки в центрі зазвичай пов'язують з ємністю центру по прибуттю, тобто кількістю місць доставки, обслуговування та ін.

Проведений аналіз вітчизняних і зарубіжних наукових робіт та моделей які використовуються при розрахунках транспортних мереж дозволили зробити висновок:

1. традиційно використовуються при укрупненому моделюванні процесів перевезення вантажів так звані транспортні завдання (До яких відносяться класична транспортна задача, транспортна задача з проміжними пунктами, завдання комівояжера і т.д.) не враховують велику кількість особливостей процесу розподілу готової продукції (наявність кільцевих

маршрутів, обмеженою місткістю транспортних засобів (ТЗ), обмежень по тривалості перебування ТЗ у вбранні та т. п.) і тому не можуть бути використані в рамках організаційного проектування транспортних розподільних мереж;

2. оптимізаційні моделі, що застосовуються з метою обґрунтування характеристик транспортних мереж промислових підприємств, нечисленні і, як правило, мають обмежену сферу застосування, яка визначається, зокрема, видом використовуваного транспорту, технологією процесів складування і транспортування і т.д. Таким чином доцільність використання оптимізаційної моделі, що забезпечує обґрунтування характеристик функціонування розподільної мережі промислових підприємств (в частини маршрутів перевезення вантажів і обсягів відповідних транспортних партій) на етапі її організаційного проектування є доцільним та важливим.

### 2.3 Задача комівояжера. Математична постановка задачі.

Задача пошуку найкоротшого маршруту в мережі є одною з найпоширеніших задач, що використовуються на транспорті, і включає вирішення таких питань як визначення найкоротших відстаней на заданій мережі доріг, побудову найкоротшої мережі доріг, визначення максимального потоку в мережі, розрахунок пропускної здатності транспортної мережі та визначення "вузьких місць" в ній тощо. Такі задачі відносяться до задач лінійного програмування та можуть бути розв'язані за допомогою симплекс-методу, але через значну розмірність відповідних задач лінійного програмування ця можливість є лише принциповою. Тому використовуються спеціальні алгоритми їх розв'язання відповідно до структури задачі. Знання теоретичних основ та володіння алгоритмами дозволяє ефективно розв'язувати різноманітні практичні задачі.

У нашому випадку доцільно використовувати алгоритм ефективного розв'язання – задачу комівояжера. Основна ідея задачі комівояжера полягає у

наступному: комівояжер повинен проїхати  $n$  міст. Для того, щоб зменшити витрати, він повинен побудувати маршрут таким чином, щоб побувати в кожному місті по одному разу і повернутися у початкове.

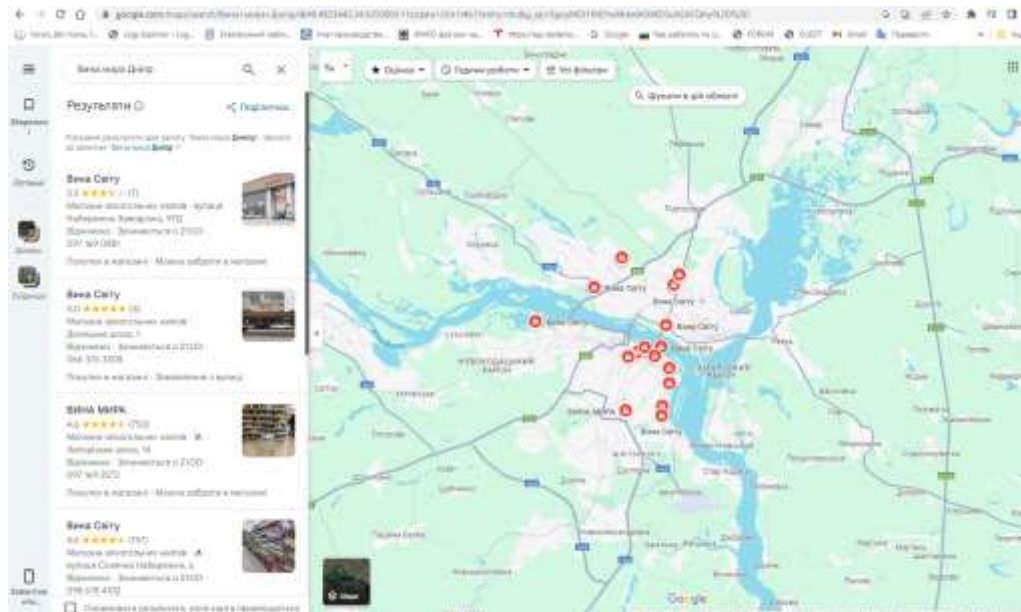


Рисунок .2.1 – Схема розташування роздрібних магазинів «Вина Світу».

Математична постановка задачі комівояжера в загальному вигляді має наступний вигляд:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \longrightarrow \min \quad (2.14)$$

при обмеженнях: обмеження на одноразовий виїзд з міста призначення, обмеження на одноразовий в'їзд в місто призначення.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 (i = \overline{1, n}) \quad (2.15)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 (i = \overline{1, n}) \quad (2.16)$$

де  $c_{i,j}$  — матриця відстаней між усіма містами  $i, j = \overline{1, n}$ .

Якщо в моделі задачі обмежитися лише умовами (2.15) і (2.16), то вона буде еквівалентною задачі про призначення, план якої не обов'язково повинен бути циклічним. Тобто, маршрут комівояжера може розпастися на декілька незв'язних між собою циклів, тоді як насправді він повинен складатися з одного циклу. Щоб забезпечити цю вимогу введемо наступне обмеження:

$$u_i - u_j + nx_{ij} \leq n - 1; i, j = \overline{1, n}; i \neq j \quad (2.17)$$

Покажемо, що в довільному циклі, який починається в першому місті, можна знайти такі  $u_i$  та  $u_j$ , які задовільняють нерівність (2.17). Нехай на  $k$ -му кроці комівояжер переїздить з міста  $i$  в місто  $j$ . І припустимо, що  $u_i = k$ . Далі, на  $k+1$ -му кроці комівояжер буде вирушати з  $j$ -го міста в наступному напрямку, тоді  $u_j = k + 1$ . Якщо підставити дані величини в (2.17), отримаємо:

$$u_i - u_j + nx_{ij} = k - (k + 1) + nx_{ij} = -1 + nx_{ij} \leq n - 1$$

Зауважимо, що дана нерівність виконується для будь-яких значень  $i$  та  $j$  при  $x_{ij} = 0$ . Якщо ж  $x_{ij} = 1$ , то нерівність (4) виконується як строга рівність:

$$u_i - u_j + nx_{ij} = k - (k + 1) + n = n - 1$$

Тобто, якщо комівояжер пересувається з  $i$ -го в  $j$ -те місто, то нерівність (2.17) фіксує порядкові номери цих міст.

Отже математична постановка задачі комівояжера полягає у мінімізації функції (2.14) при обмеженнях (2.15), (2.16) і (2.17).

Розрахунок оптимального плану перевезення за зміну транспортним засобом який обслуговує роздрібні магазини ПП «Вина Світу».

Виходячи з математичної постановки задачі, запишемо нашу цільову функцію та обмеження згідно таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

## Матриця віддалення

	Назва та місце розташування ТТ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	вулиця Набережна Заводська, 97Д, Дніпро, Дніпропетровська область, 49000	м	16,8	20	6,6	18,1	11,7	14,6	11,6	17	13,6	10,8	9,9	11,2	32,6
2	Запорізьке шосе, 14, Дніпро, Дніпропетровська область, 49000	16,8	м	9,6	17,8	5,6	6,5	13	6	4,9	12,3	16,9	7,7	7,4	33,8
3	вулиця Сонячна Набережна, 6, Дніпро, Дніпропетровська область, 49000	20	9,6	м	9,8	10,7	4,2	4,7	6	9,8	4	8,6	7	3,8	25,5
4	Донецьке шосе, 1, Дніпро, Дніпропетровська область, 49000	6,6	17,8	9,8	м	18,6	12,2	8,8	12	17,6	7,8	5	14,9	11,7	26,8
5	проспект Героїв, 13, Дніпро, Дніпропетровська область, 49000	18,1	5,6	10,7	18,6	м	7,9	13,5	10,6	1,1	12,8	17,3	9,1	7,1	34,2
6	проспект Дмитра Яворницького, 41, Дніпро, Дніпропетровська область, 49000	11,7	6,5	4,2	12,2	7,9	м	7,4	3,4	5,2	6,9	11,4	3	1,5	28,3
7	проспект Слобожанський, 90, Дніпро, Дніпропетровська область, 49000	14,6	13	4,7	8,8	13,5	7,4	м	9,3	13	1,3	5,5	8,4	7,1	21
8	проспект Олександра Поля, 22, Дніпро, Дніпропетровська область, 49000	11,6	6	6	12	10,6	3,4	9,3	м	7,3	8,1	11,5	2,1	3,4	29,6
9	вулиця Набережна Перемоги, 110, Дніпро, Дніпропетровська область, 49000	17	4,9	9,8	17,6	1,1	5,2	13	7,3	м	12,4	16,9	8,7	6,6	33,8
10	вулиця Артеківська, 18, Дніпро, Дніпропетровська область, 49000	13,6	12,3	4	7,8	12,8	6,9	1,3	8,1	12,4	м	6,5	7,5	6,3	22
11	пров. Вільний, 2а, Дніпро, Дніпропетровська область, 49000	10,8	16,9	8,6	5	17,3	11,4	5,5	11,5	16,9	6,5	м	14,3	11,9	24,7
12	проспект Дмитра Яворницького, 3, Дніпро, Дніпропетровська область, 49000	9,9	7,7	7	14,9	9,1	3	8,4	2,1	8,7	7,5	14,3	м	2,3	28,5
13	вулиця Січеславська Набережна, 39, Дніпро, Дніпропетровська область, 49000	11,2	7,4	3,8	11,7	7,1	1,5	7,1	3,4	6,6	6,3	11,9	2,3	м	28
14	вулиця Гетьманська, 38, Самар, Дніпропетровська область, 51200	32,6	33,8	25,5	26,8	34,2	28,3	21	29,6	33,8	22	24,7	28,5	28	м

$$\begin{aligned}
 F = & 16,8X_{12} + 9,6X_{23} + 9,8X_{34} + 18,6X_{45} + 7,9X_{56} + 7,4X_{67} + 9,3X_{78} \\
 & + 7,3X_{89} + 12,4X_{910} + 6,5X_{10,11} + 14,3X_{11,12} + \\
 & + 2,3X_{12,13} + 28X_{13,14} + \rightarrow \min
 \end{aligned}$$

Обмеження на одноразовий в'їзд до клієнта:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{1,10} + X_{1,11} + X_{1,12} + X_{1,13} + X_{1,14} = 1 \\
 X_{21} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} + X_{28} + X_{29} + X_{2,10} + X_{2,11} + X_{2,12} + X_{2,13} + X_{2,14} = 1 \\
 X_{31} + X_{32} + X_{34} + X_{35} + X_{36} + X_{37} + X_{38} + X_{39} + X_{3,10} + X_{3,11} + X_{3,12} + X_{3,13} + X_{3,14} = 1 \\
 X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{45} + X_{46} + X_{47} + X_{48} + X_{49} + X_{4,10} + X_{4,11} + X_{4,12} + X_{4,13} + X_{4,14} = 1 \\
 X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{56} + X_{57} + X_{58} + X_{59} + X_{5,10} + X_{5,11} + X_{5,12} + X_{5,13} + X_{5,14} = 1 \\
 X_{61} + X_{62} + X_{63} + X_{64} + X_{65} + X_{67} + X_{68} + X_{69} + X_{6,10} + X_{6,11} + X_{6,12} + X_{6,13} + X_{6,14} = 1 \\
 X_{71} + X_{72} + X_{73} + X_{74} + X_{75} + X_{76} + X_{78} + X_{79} + X_{7,10} + X_{7,11} + X_{7,12} + X_{7,13} + X_{7,14} = 1 \\
 X_{81} + X_{82} + X_{83} + X_{84} + X_{85} + X_{86} + X_{87} + X_{89} + X_{8,10} + X_{8,11} + X_{8,12} + X_{8,13} + X_{8,14} = 1 \\
 X_{91} + X_{92} + X_{93} + X_{94} + X_{95} + X_{96} + X_{97} + X_{98} + X_{9,10} + X_{9,11} + X_{9,12} + X_{9,13} + X_{9,14} = 1 \\
 X_{10,1} + X_{10,2} + X_{10,3} + X_{10,4} + X_{10,5} + X_{10,6} + X_{10,7} + X_{10,8} + X_{10,9} + X_{10,11} + X_{10,12} + X_{10,13} + X_{10,14} = 1 \\
 X_{11,1} + X_{11,2} + X_{11,3} + X_{11,4} + X_{11,5} + X_{11,6} + X_{11,7} + X_{11,8} + X_{11,9} + X_{11,10} + X_{11,12} + X_{11,13} + X_{11,14} = 1 \\
 X_{12,1} + X_{12,2} + X_{12,3} + X_{12,4} + X_{12,5} + X_{12,6} + X_{12,7} + X_{12,8} + X_{12,9} + X_{12,10} + X_{12,11} + X_{12,13} + X_{12,14} = 1 \\
 X_{13,1} + X_{13,2} + X_{13,3} + X_{13,4} + X_{13,5} + X_{13,6} + X_{13,7} + X_{13,8} + X_{13,9} + X_{13,10} + X_{13,11} + X_{13,12} + X_{13,14} = 1 \\
 X_{14,1} + X_{14,2} + X_{14,3} + X_{14,4} + X_{14,5} + X_{14,6} + X_{14,7} + X_{14,8} + X_{14,9} + X_{14,10} + X_{14,11} + X_{14,12} + X_{14,13} = 1
 \end{array} \right.$$

Проведемо розрахунок згідно математичній постановці задачі.

Візьмемо в якості маршруту:

$$X_0 =$$

$$(1,2);(2,3);(3,4);(4,5);(5,6);(6,7);(7,8);(8,9);(9,10);(10,11);(11,12);(12,13);(1), (3);$$

$$\text{Тоді } F(X_0) = 16,8 + 9,6 + 9,8 + 18,6 + 7,9 + 7,4 + 9,3 + 7,3 + 12,4 + 6,5 + 14,3 + 2,3 + 25 + 32,6 = \mathbf{179,8}.$$

Для визначення нижньої межі проведемо операцію редукції або приведення матриці по рядках, для чого необхідно в кожному рядку матриці D знайти мінімальний елемент.

$$d_i = \min (j) d_{ij}$$

Таблиця 2.2

## Визначення мінімального транспортного путі

ij	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	$d_i$
1	M	16.8	20	6.6	18.1	11.7	14.6	11.6	17	13.6	10.8	9.9	11.2	32.6	6.6
2	16.8	M	9.6	17.8	5.6	6.5	13	6	4.9	12.3	16.9	7.7	7.4	33.8	4.9
3	20	9.6	M	9.8	10.7	4.2	4.7	6	9.8	4	8.6	7	3.8	25.5	3.8
4	6.6	17.8	9.8	M	18.6	12.2	8.8	12	17.6	7.8	5	14.9	11.7	26.8	5
5	18.1	5.6	10.7	18.6	M	7.9	13.5	10.6	1.1	12.8	17.3	9.1	7.1	34.2	1.1
6	11.7	6.5	4.2	12.2	7.9	M	7.4	3.4	5.2	6.9	11.4	3	1.5	28.3	1.5
7	14.6	13	4.7	8.8	13.5	7.4	M	9.3	13	1.3	5.5	8.4	7.1	21	1.3
8	11.6	6	6	12	10.6	3.4	9.3	M	7.3	8.1	11.5	2.1	3.4	29.6	2.1
9	17	4.9	9.8	17.6	1.1	5.2	13	7.3	M	12.4	16.9	8.7	6.6	33.8	1.1
10	13.6	12.3	4	7.8	12.8	6.9	1.3	8.1	12.4	M	6.5	7.5	6.3	22	1.3
11	10.8	16.9	8.6	5	17.3	11.4	5.5	11.5	16.9	6.5	M	14.3	11.9	24.7	5
12	9.9	7.7	7	14.9	9.1	3	8.4	2.1	8.7	7.5	14.3	M	2.3	28.5	2.1
13	11.2	7.4	3.8	11.7	7.1	1.5	7.1	3.4	6.6	6.3	11.9	2.3	M	25	1.5
14	32.6	33.8	25.5	26.8	34.2	28.3	21	29.6	33.8	22	24.7	28.5	28	M	21

Потім віднімаємо  $d_i$  з елементів рядка, що розглядається.

У зв'язку з цим у новоствореній матриці в кожному рядку буде як мінімум один нуль.

Таблиця 2.3

**Розрахункова матриця**

ij	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	M	10.2	13.4	0	11.5	5.1	8	5	10.4	7	4.2	3.3	4.6	26
2	11.9	M	4.7	12.9	0.7	1.6	8.1	1.1	0	7.4	12	2.8	2.5	28.9
3	16.2	5.8	M	6	6.9	0.4	0.9	2.2	6	0.2	4.8	3.2	0	21.7
4	1.6	12.8	4.8	M	13.6	7.2	3.8	7	12.6	2.8	0	9.9	6.7	21.8
5	17	4.5	9.6	17.5	M	6.8	12.4	9.5	0	11.7	16.2	8	6	33.1
6	10.2	5	2.7	10.7	6.4	M	5.9	1.9	3.7	5.4	9.9	1.5	0	26.8
7	13.3	11.7	3.4	7.5	12.2	6.1	M	8	11.7	0	4.2	7.1	5.8	19.7
8	9.5	3.9	3.9	9.9	8.5	1.3	7.2	M	5.2	6	9.4	0	1.3	27.5
9	15.9	3.8	8.7	16.5	0	4.1	11.9	6.2	M	11.3	15.8	7.6	5.5	32.7
10	12.3	11	2.7	6.5	11.5	5.6	0	6.8	11.1	M	5.2	6.2	5	20.7
11	5.8	11.9	3.6	0	12.3	6.4	0.5	6.5	11.9	1.5	M	9.3	6.9	19.7
12	7.8	5.6	4.9	12.8	7	0.9	6.3	0	6.6	5.4	12.2	M	0.2	26.4
13	9.7	5.9	2.3	10.2	5.6	0	5.6	1.9	5.1	4.8	10.4	0.8	M	23.5
14	11.6	12.8	4.5	5.8	13.2	7.3	0	8.6	12.8	1	3.7	7.5	7	M

Таку ж операцію редукції проводимо по стовпцях, для чого в кожному стовпці знаходимо мінімальний елемент:

$$d_j = \min(i) d_{ij}$$

Таблиця 2.4

**Розрахункова матриця з нулями**

ij	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	M	10.2	13.4	0	11.5	5.1	8	5	10.4	7	4.2	3.3	4.6	26
2	11.9	M	4.7	12.9	0.7	1.6	8.1	1.1	0	7.4	12	2.8	2.5	28.9
3	16.2	5.8	M	6	6.9	0.4	0.9	2.2	6	0.2	4.8	3.2	0	21.7
4	1.6	12.8	4.8	M	13.6	7.2	3.8	7	12.6	2.8	0	9.9	6.7	21.8
5	17	4.5	9.6	17.5	M	6.8	12.4	9.5	0	11.7	16.2	8	6	33.1
6	10.2	5	2.7	10.7	6.4	M	5.9	1.9	3.7	5.4	9.9	1.5	0	26.8
7	13.3	11.7	3.4	7.5	12.2	6.1	M	8	11.7	0	4.2	7.1	5.8	19.7
8	9.5	3.9	3.9	9.9	8.5	1.3	7.2	M	5.2	6	9.4	0	1.3	27.5
9	15.9	3.8	8.7	16.5	0	4.1	11.9	6.2	M	11.3	15.8	7.6	5.5	32.7
10	12.3	11	2.7	6.5	11.5	5.6	0	6.8	11.1	M	5.2	6.2	5	20.7
11	5.8	11.9	3.6	0	12.3	6.4	0.5	6.5	11.9	1.5	M	9.3	6.9	19.7
12	7.8	5.6	4.9	12.8	7	0.9	6.3	0	6.6	5.4	12.2	M	0.2	26.4
13	9.7	5.9	2.3	10.2	5.6	0	5.6	1.9	5.1	4.8	10.4	0.8	M	23.5
14	11.6	12.8	4.5	5.8	13.2	7.3	0	8.6	12.8	1	3.7	7.5	7	M
$d_j$	1.6	3.8	2.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19.7

Після віднімання мінімальних елементів отримуємо повністю редуковану матрицю, де величини  $d_i$  та  $d_j$  називаються **константами приведення** .



Елементи  $j$ . Оскільки в матриці  $n$  міст, то  $D$  є матрицею  $n \times n$  з невід'ємними елементами  $d_{ij} \geq 0$ . Кожен допустимий маршрут є циклом, за яким комівояжер відвідує місто тільки один раз і повертається у вихідне місто. Довжина маршруту визначається виразом:  $F(M_k) = \sum d_{ij}$ . Причому кожен рядок і стовпець входять до маршруту лише один раз з елементом  $d_{ij}$ .

**Крок №1 . Визначаємо ребро розгалуження і розіб'ємо всі множини маршрутів щодо цього ребра на два підмножини  $(i,j)$  і  $(i^*,j^*)$ .** З цією метою для всіх клітин матриці з нульовими елементами замінюємо по черзі нулі на  $M$ (нескінченність) і визначаємо для них суму констант приведення, що утворилися, вони наведені в дужках.

Таблиця 2.6

## Приведена матриця

ij	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	$d_i$
1	M	6.4	11.1	0(3.3)	11.5	5.1	8	5	10.4	7	4.2	3.3	4.6	6.3	3.3
2	10.3	M	2.4	12.9	0.7	1.6	8.1	1.1	0(0.7)	7.4	12	2.8	2.5	9.2	0.7
3	14.6	2	M	6	6.9	0.4	0.9	2.2	6	0.2	4.8	3.2	0(0.2)	2	0.2
4	0(4.2)	9	2.5	M	13.6	7.2	3.8	7	12.6	2.8	0(3.7)	9.9	6.7	2.1	0
5	15.4	0.7	7.3	17.5	M	6.8	12.4	9.5	0(0.7)	11.7	16.2	8	6	13.4	0.7
6	8.6	1.2	0.4	10.7	6.4	M	5.9	1.9	3.7	5.4	9.9	1.5	0(0.4)	7.1	0.4
7	11.7	7.9	1.1	7.5	12.2	6.1	M	8	11.7	0(0.2)	4.2	7.1	5.8	0(0)	0
8	7.9	0.1	1.6	9.9	8.5	1.3	7.2	M	5.2	6	9.4	0(0.9)	1.3	7.8	0.1

9	14.3	0(0.1)	6.4	16.5	0(0.7)	4.1	11.9	6.2	M	11.3	15.8	7.6	5.5	13	0
10	10.7	7.2	0.4	6.5	11.5	5.6	0(0.4)	6.8	11.1	M	5.2	6.2	5	1	0.4
11	4.2	8.1	1.3	0(0)	12.3	6.4	0.5	6.5	11.9	1.5	M	9.3	6.9	0(0)	0
12	6.2	1.8	2.6	12.8	7	0.9	6.3	0(1.3)	6.6	5.4	12.2	M	0.2	6.7	0.2
13	8.1	2.1	0(0.4)	10.2	5.6	0(0.4)	5.6	1.9	5.1	4.8	10.4	0.8	M	3.8	0
14	10	9	2.2	5.8	13.2	7.3	0(1)	8.6	12.8	1	3.7	7.5	7	M	1
d <sub>j</sub>	4.2	0.1	0.4	0	0.7	0.4	0	1.1	0	0.2	3.7	0.8	0	0	0

$d(1,4) = 3.3 + 0 = 3.3$ ;  $d(2,9) = 0.7 + 0 = 0.7$ ;  $d(3,13) = 0.2 + 0 = 0.2$ ;  $d(4,1) = 0 + 4.2 = 4.2$ ;  $d(4,11) = 0 + 3.7 = 3.7$ ;  $d(5,9) = 0.7 + 0 = 0.7$ ;  $d(6,13) = 0.4 + 0 = 0.4$ ;  $d(7,10) = 0 + 0.2 = 0.2$ ;  $d(7,14) = 0 + 0 = 0$ ;  $d(8,12) = 0.1 + 0.8 = 0.9$ ;  $d(9,2) = 0 + 0.1 = 0.1$ ;  $d(9,5) = 0 + 0.7 = 0.7$ ;  $d(10,7) = 0.4 + 0 = 0.4$ ;  $d(11,4) = 0 + 0 = 0$ ;  $d(11,14) = 0 + 0 = 0$ ;  $d(12,8) = 0.2 + 1.1 = 1.3$ ;  $d(13,3) = 0 + 0.4 = 0.4$ ;  $d(13,6) = 0 + 0.4 = 0.4$ ;  $d(14,7) = 1 + 0 = 1$ ;

Найбільша сума констант приведення дорівнює  $(0 + 4.2) = 4.2$  для ребра  $(4,1)$ , отже, безліч розбивається на два підмножини  $(4,1)$  та  $(4^*,1^*)$ .

**Виняток ребра  $(4,1)$**  проводимо шляхом заміни елемента  $d_{41} = 0$  на  $M$ , після чого здійснюємо чергове приведення матриці відстаней для підмножини  $(4^*,1^*)$ , що утворилося, в результаті отримаємо редуковану матрицю.

Таблиця 2.7

## Скорочена матриця

ij	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	$d_i$
1	M	6.4	11.1	0	11.5	5.1	8	5	10.4	7	4.2	3.3	4.6	6.3	0
2	10.3	M	2.4	12.9	0.7	1.6	8.1	1.1	0	7.4	12	2.8	2.5	9.2	0
3	14.6	2	M	6	6.9	0.4	0.9	2.2	6	0.2	4.8	3.2	0	2	0
4	M	9	2.5	M	13.6	7.2	3.8	7	12.6	2.8	0	9.9	6.7	2.1	0
5	15.4	0.7	7.3	17.5	M	6.8	12.4	9.5	0	11.7	16.2	8	6	13.4	0
6	8.6	1.2	0.4	10.7	6.4	M	5.9	1.9	3.7	5.4	9.9	1.5	0	7.1	0
7	11.7	7.9	1.1	7.5	12.2	6.1	M	8	11.7	0	4.2	7.1	5.8	0	0
8	7.9	0.1	1.6	9.9	8.5	1.3	7.2	M	5.2	6	9.4	0	1.3	7.8	0
9	14.3	0	6.4	16.5	0	4.1	11.9	6.2	M	11.3	15.8	7.6	5.5	13	0
10	10.7	7.2	0.4	6.5	11.5	5.6	0	6.8	11.1	M	5.2	6.2	5	1	0
11	4.2	8.1	1.3	0	12.3	6.4	0.5	6.5	11.9	1.5	M	9.3	6.9	0	0
12	6.2	1.8	2.6	12.8	7	0.9	6.3	0	6.6	5.4	12.2	M	0.2	6.7	0
13	8.1	2.1	0	10.2	5.6	0	5.6	1.9	5.1	4.8	10.4	0.8	M	3.8	0
14	10	9	2.2	5.8	13.2	7.3	0	8.6	12.8	1	3.7	7.5	7	M	0
$d_j$	4.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.2

Нижня межа гамільтонових циклів цього підмножини:

$$H(4^*, 1^*) = 85.7 + 4.2 = 89.9$$

**Включення ребра (4,1)** проводиться шляхом виключення всіх елементів 4-го рядка і 1-го стовпця, в якій елемент  $d_{14}$  замінюємо на M, для виключення утворення негамільто.

В результаті отримаємо іншу скорочену матрицю (13 x 13), яка підлягає операції приведення.

Після операції приведення скорочена матриця матиме вигляд:

Таблиця 2.8

### Скорочена матриця розрахунків

ij	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	$d_i$
1	6.4	11.1	M	11.5	5.1	8	5	10.4	7	4.2	3.3	4.6	6.3	3.3
2	M	2.4	12.9	0.7	1.6	8.1	1.1	0	7.4	12	2.8	2.5	9.2	0
3	2	M	6	6.9	0.4	0.9	2.2	6	0.2	4.8	3.2	0	2	0
5	0.7	7.3	17.5	M	6.8	12.4	9.5	0	11.7	16.2	8	6	13.4	0
6	1.2	0.4	10.7	6.4	M	5.9	1.9	3.7	5.4	9.9	1.5	0	7.1	0
7	7.9	1.1	7.5	12.2	6.1	M	8	11.7	0	4.2	7.1	5.8	0	0
8	0.1	1.6	9.9	8.5	1.3	7.2	M	5.2	6	9.4	0	1.3	7.8	0
9	0	6.4	16.5	0	4.1	11.9	6.2	M	11.3	15.8	7.6	5.5	13	0
10	7.2	0.4	6.5	11.5	5.6	0	6.8	11.1	M	5.2	6.2	5	1	0
11	8.1	1.3	0	12.3	6.4	0.5	6.5	11.9	1.5	M	9.3	6.9	0	0
12	1.8	2.6	12.8	7	0.9	6.3	0	6.6	5.4	12.2	M	0.2	6.7	0
13	2.1	0	10.2	5.6	0	5.6	1.9	5.1	4.8	10.4	0.8	M	3.8	0
14	9	2.2	5.8	13.2	7.3	0	8.6	12.8	1	3.7	7.5	7	M	0
$d_j$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.7	0	0	0	7

Сума констант приведення скороченої матриці:  $\sum d_i + \sum d_j = 7$

Нижня межа підмножини (4,1) дорівнює:  $H(4,1) = 85.7 + 7 = 92.7 > 89.9$

Оскільки нижня межа цього підмножини (4,1) більша, ніж підмножина у маршрут.

**Крок №2 . Визначаємо ребро розгалуження .**

Таблиця 2.9

## Матриця розрахунків нескінченності

ij	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	d <sub>i</sub>
1	M	6.4	11.1	0(3.3)	11.5	5.1	8	5	10.4	7	4.2	3.3	4.6	6.3	3.3
2	10.3	M	2.4	12.9	0.7	1.6	8.1	1.1	0(0.7)	7.4	12	2.8	2.5	9.2	0.7
3	14.6	2	M	6	6.9	0.4	0.9	2.2	6	0.2	4.8	3.2	0(0.2)	2	0.2
4	M	9	2.5	M	13.6	7.2	3.8	7	12.6	2.8	0(3.7)	9.9	6.7	2.1	0
5	15.4	0.7	7.3	17.5	M	6.8	12.4	9.5	0(0.7)	11.7	16.2	8	6	13.4	0.7
6	8.6	1.2	0.4	10.7	6.4	M	5.9	1.9	3.7	5.4	9.9	1.5	0(0.4)	7.1	0.4
7	11.7	7.9	1.1	7.5	12.2	6.1	M	8	11.7	0(0.2)	4.2	7.1	5.8	0(0)	0
8	7.9	0.1	1.6	9.9	8.5	1.3	7.2	M	5.2	6	9.4	0(0.9)	1.3	7.8	0.1
9	14.3	0(0.1)	6.4	16.5	0(0.7)	4.1	11.9	6.2	M	11.3	15.8	7.6	5.5	13	0
10	10.7	7.2	0.4	6.5	11.5	5.6	0(0.4)	6.8	11.1	M	5.2	6.2	5	1	0.4
11	4.2	8.1	1.3	0(0)	12.3	6.4	0.5	6.5	11.9	1.5	M	9.3	6.9	0(0)	0
12	6.2	1.8	2.6	12.8	7	0.9	6.3	0(1.3)	6.6	5.4	12.2	M	0.2	6.7	0.2
13	8.1	2.1	0(0.4)	10.2	5.6	0(0.4)	5.6	1.9	5.1	4.8	10.4	0.8	M	3.8	0
14	10	9	2.2	5.8	13.2	7.3	0(1)	8.6	12.8	1	3.7	7.5	7	M	1
d <sub>j</sub>	4.2	0.1	0.4	0	0.7	0.4	0	1.1	0	0.2	3.7	0.8	0	0	0

$d(1,4) = 3.3 + 0 = 3.3$ ;  $d(2,9) = 0.7 + 0 = 0.7$ ;  $d(3,13) = 0.2 + 0 = 0.2$ ;  $d(4,11) = 0 + 3.7 = 3.7$ ;  $d(5,9) = 0.7 + 0 = 0.7$ ;  $d(6,13) = 0.4 + 0 = 0.4$ ;  $d(7,10) = 0 + 0.2 = 0.2$ ;  $d(7,14) = 0 + 0 = 0$ ;  $d(8,12) = 0.1 + 0.8 = 0.9$ ;  $d(9,2) = 0 + 0.1 = 0.1$ ;  $d(9,5) = 0 + 0.7 = 0.7$ ;  $d(10,7) = 0.4 + 0 = 0.4$ ;  $d(11,4) = 0 + 0 = 0$ ;  $d(11,14) = 0 + 0 = 0$ ;  $d(12,8) = 0.2 + 1.1 = 1.3$ ;  $d(13,3) = 0 + 0.4 = 0.4$ ;  $d(13,6) = 0 + 0.4 = 0.4$ ;  $d(14,7) = 1 + 0 = 1$ ;

max:  $d(4,11) = 3.7$ .

**Виняток ребра (4,11):  $d_{411} = M$ .**

Таблиця 2.10

**Скорочена матриця розрахунків**

ij	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	$d_i$
1	M	6.4	11.1	0	11.5	5.1	8	5	10.4	7	4.2	3.3	4.6	6.3	0
2	10.3	M	2.4	12.9	0.7	1.6	8.1	1.1	0	7.4	12	2.8	2.5	9.2	0
3	14.6	2	M	6	6.9	0.4	0.9	2.2	6	0.2	4.8	3.2	0	2	0
4	M	9	2.5	M	13.6	7.2	3.8	7	12.6	2.8	M	9.9	6.7	2.1	2.1
5	15.4	0.7	7.3	17.5	M	6.8	12.4	9.5	0	11.7	16.2	8	6	13.4	0
6	8.6	1.2	0.4	10.7	6.4	M	5.9	1.9	3.7	5.4	9.9	1.5	0	7.1	0
7	11.7	7.9	1.1	7.5	12.2	6.1	M	8	11.7	0	4.2	7.1	5.8	0	0
8	7.9	0.1	1.6	9.9	8.5	1.3	7.2	M	5.2	6	9.4	0	1.3	7.8	0
9	14.3	0	6.4	16.5	0	4.1	11.9	6.2	M	11.3	15.8	7.6	5.5	13	0
10	10.7	7.2	0.4	6.5	11.5	5.6	0	6.8	11.1	M	5.2	6.2	5	1	0
11	4.2	8.1	1.3	0	12.3	6.4	0.5	6.5	11.9	1.5	M	9.3	6.9	0	0
12	6.2	1.8	2.6	12.8	7	0.9	6.3	0	6.6	5.4	12.2	M	0.2	6.7	0
13	8.1	2.1	0	10.2	5.6	0	5.6	1.9	5.1	4.8	10.4	0.8	M	3.8	0
14	10	9	2.2	5.8	13.2	7.3	0	8.6	12.8	1	3.7	7.5	7	M	0
$d_j$	4.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.7	0	0	0	10

$$H(4^*, 11^*) = 85.7 + 10 = 95.7$$

**Включення ребра (4,11):**  $d_{114} = M$ .

Таблиця 2.11

## Приведена матриця розрахунків

ij	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	$d_i$
1	M	6.4	11.1	0	11.5	5.1	8	5	10.4	7	3.3	4.6	6.3	0
2	10.3	M	2.4	12.9	0.7	1.6	8.1	1.1	0	7.4	2.8	2.5	9.2	0
3	14.6	2	M	6	6.9	0.4	0.9	2.2	6	0.2	3.2	0	2	0
5	15.4	0.7	7.3	17.5	M	6.8	12.4	9.5	0	11.7	8	6	13.4	0
6	8.6	1.2	0.4	10.7	6.4	M	5.9	1.9	3.7	5.4	1.5	0	7.1	0
7	11.7	7.9	1.1	7.5	12.2	6.1	M	8	11.7	0	7.1	5.8	0	0
8	7.9	0.1	1.6	9.9	8.5	1.3	7.2	M	5.2	6	0	1.3	7.8	0
9	14.3	0	6.4	16.5	0	4.1	11.9	6.2	M	11.3	7.6	5.5	13	0
10	10.7	7.2	0.4	6.5	11.5	5.6	0	6.8	11.1	M	6.2	5	1	0
11	4.2	8.1	1.3	M	12.3	6.4	0.5	6.5	11.9	1.5	9.3	6.9	0	0
12	6.2	1.8	2.6	12.8	7	0.9	6.3	0	6.6	5.4	M	0.2	6.7	0
13	8.1	2.1	0	10.2	5.6	0	5.6	1.9	5.1	4.8	0.8	M	3.8	0
14	10	9	2.2	5.8	13.2	7.3	0	8.6	12.8	1	7.5	7	M	0
$d_j$	4.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.2

$$\sum d_i + \sum d_j = 4.2$$

$$H(4, 11) = 85.7 + 4.2 = 89.9 \leq 95.7$$

Ребро (4,11) включаємо до маршруту з новим кордоном  $H=89.9$ .

**Крок №3 .**

**Визначаємо ребро розгалуження .**

Таблиця 2.12

## Приведена матриця розрахунків

ij	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	d <sub>i</sub>
1	M	6.4	11.1	0(9.1)	11.5	5.1	8	5	10.4	7	3.3	4.6	6.3	3.3
2	6.1	M	2.4	12.9	0.7	1.6	8.1	1.1	0(0.7)	7.4	2.8	2.5	9.2	0.7
3	10.4	2	M	6	6.9	0.4	0.9	2.2	6	0.2	3.2	0(0.2)	2	0.2
5	11.2	0.7	7.3	17.5	M	6.8	12.4	9.5	0(0.7)	11.7	8	6	13.4	0.7
6	4.4	1.2	0.4	10.7	6.4	M	5.9	1.9	3.7	5.4	1.5	0(0.4)	7.1	0.4
7	7.5	7.9	1.1	7.5	12.2	6.1	M	8	11.7	0(0.2)	7.1	5.8	0(0)	0
8	3.7	0.1	1.6	9.9	8.5	1.3	7.2	M	5.2	6	0(0.9)	1.3	7.8	0.1
9	10.1	0(0.1)	6.4	16.5	0(0.7)	4.1	11.9	6.2	M	11.3	7.6	5.5	13	0
10	6.5	7.2	0.4	6.5	11.5	5.6	0(0.4)	6.8	11.1	M	6.2	5	1	0.4
11	0(2)	8.1	1.3	M	12.3	6.4	0.5	6.5	11.9	1.5	9.3	6.9	0(0)	0
12	2	1.8	2.6	12.8	7	0.9	6.3	0(1.3)	6.6	5.4	M	0.2	6.7	0.2
13	3.9	2.1	0(0.4)	10.2	5.6	0(0.4)	5.6	1.9	5.1	4.8	0.8	M	3.8	0
14	5.8	9	2.2	5.8	13.2	7.3	0(1)	8.6	12.8	1	7.5	7	M	1
d <sub>j</sub>	2	0.1	0.4	5.8	0.7	0.4	0	1.1	0	0.2	0.8	0	0	0

$d(1,4) = 3.3 + 5.8 = 9.1$ ;  $d(2,9) = 0.7 + 0 = 0.7$ ;  $d(3,13) = 0.2 + 0 = 0.2$ ;  $d(5,9) = 0.7 + 0 = 0.7$ ;  $d(6,13) = 0.4 + 0 = 0.4$ ;  $d(7,10) = 0 + 0.2 = 0.2$ ;  $d(7,14) = 0 + 0 = 0$ ;  $d(8,12) = 0.1 + 0.8 = 0.9$ ;  $d(9,2) = 0 + 0.1 = 0.1$ ;  $d(9,5) = 0 + 0.7 = 0.7$ ;  $d(10,7) = 0.4 + 0 = 0.4$ ;  $d(11,1) = 0 + 2 = 2$ ;  $d(11,14) = 0 + 0 = 0$ ;  $d(12,8) = 0.2 + 1.1 = 1.3$ ;  $d(13,3) = 0 + 0.4 = 0.4$ ;  $d(13,6) = 0 + 0.4 = 0.4$ ;  $d(14,7) = 1 + 0 = 1$ ;  
 $\max: d(1,4)=9.1$ .

**Вилучення ребра (1,4):  $d_{14} = M$ .**

Таблиця 2.13

## Приведена матриця розрахунків елемента

ij	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	$d_i$
1	M	6.4	11.1	M	11.5	5.1	8	5	10.4	7	3.3	4.6	6.3	3.3
2	6.1	M	2.4	12.9	0.7	1.6	8.1	1.1	0	7.4	2.8	2.5	9.2	0
3	10.4	2	M	6	6.9	0.4	0.9	2.2	6	0.2	3.2	0	2	0
5	11.2	0.7	7.3	17.5	M	6.8	12.4	9.5	0	11.7	8	6	13.4	0
6	4.4	1.2	0.4	10.7	6.4	M	5.9	1.9	3.7	5.4	1.5	0	7.1	0
7	7.5	7.9	1.1	7.5	12.2	6.1	M	8	11.7	0	7.1	5.8	0	0
8	3.7	0.1	1.6	9.9	8.5	1.3	7.2	M	5.2	6	0	1.3	7.8	0
9	10.1	0	6.4	16.5	0	4.1	11.9	6.2	M	11.3	7.6	5.5	13	0
10	6.5	7.2	0.4	6.5	11.5	5.6	0	6.8	11.1	M	6.2	5	1	0
11	0	8.1	1.3	M	12.3	6.4	0.5	6.5	11.9	1.5	9.3	6.9	0	0
12	2	1.8	2.6	12.8	7	0.9	6.3	0	6.6	5.4	M	0.2	6.7	0
13	3.9	2.1	0	10.2	5.6	0	5.6	1.9	5.1	4.8	0.8	M	3.8	0
14	5.8	9	2.2	5.8	13.2	7.3	0	8.6	12.8	1	7.5	7	M	0
$d_j$	0	0	0	5.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.1

$H(1^*,4^*) = 89.9 + 9.1 = 99$

**Включення ребра (1,4):  $d_{41} = M$ .**

Таблиця 2.14

## Приведена матриця розрахунків елемента

ij	1	2	3	5	6	7	8	9	10	12	13	14	d <sub>i</sub>
2	6.1	M	2.4	0.7	1.6	8.1	1.1	0	7.4	2.8	2.5	9.2	0
3	10.4	2	M	6.9	0.4	0.9	2.2	6	0.2	3.2	0	2	0
5	11.2	0.7	7.3	M	6.8	12.4	9.5	0	11.7	8	6	13.4	0
6	4.4	1.2	0.4	6.4	M	5.9	1.9	3.7	5.4	1.5	0	7.1	0
7	7.5	7.9	1.1	12.2	6.1	M	8	11.7	0	7.1	5.8	0	0
8	3.7	0.1	1.6	8.5	1.3	7.2	M	5.2	6	0	1.3	7.8	0
9	10.1	0	6.4	0	4.1	11.9	6.2	M	11.3	7.6	5.5	13	0
10	6.5	7.2	0.4	11.5	5.6	0	6.8	11.1	M	6.2	5	1	0
11	0	8.1	1.3	12.3	6.4	0.5	6.5	11.9	1.5	9.3	6.9	0	0
12	2	1.8	2.6	7	0.9	6.3	0	6.6	5.4	M	0.2	6.7	0
13	3.9	2.1	0	5.6	0	5.6	1.9	5.1	4.8	0.8	M	3.8	0
14	5.8	9	2.2	13.2	7.3	0	8.6	12.8	1	7.5	7	M	0
d <sub>j</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

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

$$H(1,4) = 89.9 + 0 = 89.9 \leq 99$$

Забороняємо переходи: (11,1),

Ребро (1,4) включаємо до маршруту з новим кордоном  $H=89.9$ .

## Крок №4 .

Визначаємо ребро розгалуження .

Таблиця 2.15

## Приведена матриця розрахунків

ij	1	2	3	5	6	7	8	9	10	12	13	14	d <sub>i</sub>
2	6.1	M	2.4	0.7	1.6	8.1	1.1	0(0.7)	7.4	2.8	2.5	9.2	0.7
3	10.4	2	M	6.9	0.4	0.9	2.2	6	0.2	3.2	0(0.2)	2	0.2
5	11.2	0.7	7.3	M	6.8	12.4	9.5	0(0.7)	11.7	8	6	13.4	0.7
6	4.4	1.2	0.4	6.4	M	5.9	1.9	3.7	5.4	1.5	0(0.4)	7.1	0.4
7	7.5	7.9	1.1	12.2	6.1	M	8	11.7	0(0.2)	7.1	5.8	0(0)	0
8	3.7	0.1	1.6	8.5	1.3	7.2	M	5.2	6	0(0.9)	1.3	7.8	0.1
9	10.1	0(0.1)	6.4	0(0.7)	4.1	11.9	6.2	M	11.3	7.6	5.5	13	0
10	6.5	7.2	0.4	11.5	5.6	0(0.4)	6.8	11.1	M	6.2	5	1	0.4
11	M	8.1	1.3	12.3	6.4	0.5	6.5	11.9	1.5	9.3	6.9	0(0.5)	0.5
12	2	1.8	2.6	7	0.9	6.3	0(1.3)	6.6	5.4	M	0.2	6.7	0.2
13	3.9	2.1	0(0.4)	5.6	0(0.4)	5.6	1.9	5.1	4.8	0.8	M	3.8	0
14	5.8	9	2.2	13.2	7.3	0(1)	8.6	12.8	1	7.5	7	M	1
d <sub>j</sub>	0	0.1	0.4	0.7	0.4	0	1.1	0	0.2	0.8	0	0	0

$d(2,9) = 0.7 + 0 = 0.7$ ;  $d(3,13) = 0.2 + 0 = 0.2$ ;  $d(5,9) = 0.7 + 0 = 0.7$ ;  $d(6,13) = 0.4 + 0 = 0.4$ ;  $d(7,10) = 0 + 0.2 = 0.2$ ;  $d(7,14) = 0 + 0 = 0$ ;  $d(8,12) = 0.1 + 0.8 = 0.9$ ;  $d(9,2) = 0 + 0.1 = 0.1$ ;  $d(9,5) = 0 + 0.7 = 0.7$ ;  $d(10,7) = 0.4 + 0 = 0.4$ ;  $d(11,14) = 0.5 + 0 = 0.5$ ;  $d(12,8) = 0.2 + 1.1 = 1.3$ ;  $d(13,3) = 0 + 0.4 = 0.4$ ;  $d(13,6) = 0 + 0.4 = 0.4$ ;  $d(14,7) = 1 + 0 = 1$ ;

max:  $d(12,8)=1.3$ .

**Вияток ребра (12,8):**  $d_{128} = M$ .

Таблиця 2.16

## Приведена матриця розрахунків

ij	1	2	3	5	6	7	8	9	10	12	13	14	$d_i$
2	6.1	M	2.4	0.7	1.6	8.1	1.1	0	7.4	2.8	2.5	9.2	0
3	10.4	2	M	6.9	0.4	0.9	2.2	6	0.2	3.2	0	2	0
5	11.2	0.7	7.3	M	6.8	12.4	9.5	0	11.7	8	6	13.4	0
6	4.4	1.2	0.4	6.4	M	5.9	1.9	3.7	5.4	1.5	0	7.1	0
7	7.5	7.9	1.1	12.2	6.1	M	8	11.7	0	7.1	5.8	0	0
8	3.7	0.1	1.6	8.5	1.3	7.2	M	5.2	6	0	1.3	7.8	0
9	10.1	0	6.4	0	4.1	11.9	6.2	M	11.3	7.6	5.5	13	0
10	6.5	7.2	0.4	11.5	5.6	0	6.8	11.1	M	6.2	5	1	0
11	M	8.1	1.3	12.3	6.4	0.5	6.5	11.9	1.5	9.3	6.9	0	0
12	2	1.8	2.6	7	0.9	6.3	M	6.6	5.4	M	0.2	6.7	0.2
13	3.9	2.1	0	5.6	0	5.6	1.9	5.1	4.8	0.8	M	3.8	0
14	5.8	9	2.2	13.2	7.3	0	8.6	12.8	1	7.5	7	M	0
$d_j$	2	0	0	0	0	0	1.1	0	0	0	0	0	3.3

$H(12^*, 8^*) = 89.9 + 3.3 = 93.2$

**Включення ребра (12,8):**  $d_{812} = M$ .

Таблиця 2.17

## Приведена матриця розрахунків

ij	1	2	3	5	6	7	9	10	12	13	14	$d_i$
2	6.1	M	2.4	0.7	1.6	8.1	0	7.4	2.8	2.5	9.2	0
3	10.4	2	M	6.9	0.4	0.9	6	0.2	3.2	0	2	0
5	11.2	0.7	7.3	M	6.8	12.4	0	11.7	8	6	13.4	0
6	4.4	1.2	0.4	6.4	M	5.9	3.7	5.4	1.5	0	7.1	0
7	7.5	7.9	1.1	12.2	6.1	M	11.7	0	7.1	5.8	0	0
8	3.7	0.1	1.6	8.5	1.3	7.2	5.2	6	M	1.3	7.8	0.1
9	10.1	0	6.4	0	4.1	11.9	M	11.3	7.6	5.5	13	0
10	6.5	7.2	0.4	11.5	5.6	0	11.1	M	6.2	5	1	0
11	M	8.1	1.3	12.3	6.4	0.5	11.9	1.5	9.3	6.9	0	0
13	3.9	2.1	0	5.6	0	5.6	5.1	4.8	0.8	M	3.8	0
14	5.8	9	2.2	13.2	7.3	0	12.8	1	7.5	7	M	0
$d_j$	3.7	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	4.6

$$\sum d_i + \sum d_j = 4.6$$

$$H(12,8) = 89.9 + 4.6 = 94.5 > 93.2$$

Оскільки нижня межа цього підмножини (12,8) більша, ніж підмножини (12\*,8\*), то ребро (12,8) не включено в маршрут.

**Крок №5 .**  
**Визначаємо ребро розгалуження .**

Таблиця 2.18

## Приведена матриця розрахунків

ij	1	2	3	5	6	7	8	9	10	12	13	14	d <sub>i</sub>
2	4.1	M	2.4	0.7	1.6	8.1	1.1	0(0.7)	7.4	2.8	2.5	9.2	0.7
3	8.4	2	M	6.9	0.4	0.9	2.2	6	0.2	3.2	0(0.2)	2	0.2
5	9.2	0.7	7.3	M	6.8	12.4	9.5	0(0.7)	11.7	8	6	13.4	0.7
6	2.4	1.2	0.4	6.4	M	5.9	1.9	3.7	5.4	1.5	0(0.4)	7.1	0.4
7	5.5	7.9	1.1	12.2	6.1	M	8	11.7	0(0.2)	7.1	5.8	0(0)	0
8	1.7	0.1	1.6	8.5	1.3	7.2	M	5.2	6	0(0.9)	1.3	7.8	0.1
9	8.1	0(0.1)	6.4	0(0.7)	4.1	11.9	6.2	M	11.3	7.6	5.5	13	0
10	4.5	7.2	0.4	11.5	5.6	0(0.4)	6.8	11.1	M	6.2	5	1	0.4
11	M	8.1	1.3	12.3	6.4	0.5	6.5	11.9	1.5	9.3	6.9	0(0.5)	0.5
12	0(1.7)	1.8	2.6	7	0.9	6.3	M	6.6	5.4	M	0.2	6.7	0
13	1.9	2.1	0(0.4)	5.6	0(0.4)	5.6	1.9	5.1	4.8	0.8	M	3.8	0
14	3.8	9	2.2	13.2	7.3	0(1)	8.6	12.8	1	7.5	7	M	1
d <sub>j</sub>	1.7	0.1	0.4	0.7	0.4	0	1.1	0	0.2	0.8	0	0	0

$d(2,9) = 0.7 + 0 = 0.7$ ;  $d(3,13) = 0.2 + 0 = 0.2$ ;  $d(5,9) = 0.7 + 0 = 0.7$ ;  $d(6,13) = 0.4 + 0 = 0.4$ ;  $d(7,10) = 0 + 0.2 = 0.2$ ;  $d(7,14) = 0 + 0 = 0$ ;  $d(8,12) = 0.1 + 0.8 = 0.9$ ;  $d(9,2) = 0 + 0.1 = 0.1$ ;  $d(9,5) = 0 + 0.7 = 0.7$ ;  $d(10,7) = 0.4 + 0 = 0.4$ ;  $d(11,14) = 0.5 + 0 = 0.5$ ;  $d(12,1) = 0 + 1.7 = 1.7$ ;  $d(13,3) = 0 + 0.4 = 0.4$ ;  $d(13,6) = 0 + 0.4 = 0.4$ ;  $d(14,7) = 1 + 0 = 1$ ;  
 max:  $d(12,1)=1.7$ .

**Виняток ребра (12,1):  $d_{121} = M$ .**

Таблиця 2.19

**Приведена матриця розрахунків елемента**

ij	1	2	3	5	6	7	8	9	10	12	13	14	$d_i$
2	4.1	M	2.4	0.7	1.6	8.1	1.1	0	7.4	2.8	2.5	9.2	0
3	8.4	2	M	6.9	0.4	0.9	2.2	6	0.2	3.2	0	2	0
5	9.2	0.7	7.3	M	6.8	12.4	9.5	0	11.7	8	6	13.4	0
6	2.4	1.2	0.4	6.4	M	5.9	1.9	3.7	5.4	1.5	0	7.1	0
7	5.5	7.9	1.1	12.2	6.1	M	8	11.7	0	7.1	5.8	0	0
8	1.7	0.1	1.6	8.5	1.3	7.2	M	5.2	6	0	1.3	7.8	0
9	8.1	0	6.4	0	4.1	11.9	6.2	M	11.3	7.6	5.5	13	0
10	4.5	7.2	0.4	11.5	5.6	0	6.8	11.1	M	6.2	5	1	0
11	M	8.1	1.3	12.3	6.4	0.5	6.5	11.9	1.5	9.3	6.9	0	0
12	M	1.8	2.6	7	0.9	6.3	M	6.6	5.4	M	0.2	6.7	0.2
13	1.9	2.1	0	5.6	0	5.6	1.9	5.1	4.8	0.8	M	3.8	0
14	3.8	9	2.2	13.2	7.3	0	8.6	12.8	1	7.5	7	M	0
$d_j$	1.7	0	0	0	0	0	1.1	0	0	0	0	0	3

$H(12^*, 1^*) = 89.9 + 3 = 92.9$

**Включення ребра (12,1):  $d_{112} = M$ .**

Таблиця 2.20

## Приведена матриця розрахунків елемента

ij	2	3	5	6	7	8	9	10	12	13	14	$d_i$
2	M	2.4	0.7	1.6	8.1	1.1	0	7.4	2.8	2.5	9.2	0
3	2	M	6.9	0.4	0.9	2.2	6	0.2	3.2	0	2	0
5	0.7	7.3	M	6.8	12.4	9.5	0	11.7	8	6	13.4	0
6	1.2	0.4	6.4	M	5.9	1.9	3.7	5.4	1.5	0	7.1	0
7	7.9	1.1	12.2	6.1	M	8	11.7	0	7.1	5.8	0	0
8	0.1	1.6	8.5	1.3	7.2	M	5.2	6	0	1.3	7.8	0
9	0	6.4	0	4.1	11.9	6.2	M	11.3	7.6	5.5	13	0
10	7.2	0.4	11.5	5.6	0	6.8	11.1	M	6.2	5	1	0
11	8.1	1.3	12.3	6.4	0.5	6.5	11.9	1.5	9.3	6.9	0	0
13	2.1	0	5.6	0	5.6	1.9	5.1	4.8	0.8	M	3.8	0
14	9	2.2	13.2	7.3	0	8.6	12.8	1	7.5	7	M	0
$d_j$	0	0	0	0	0	1.1	0	0	0	0	0	1.1

$$\sum d_i + \sum d_j = 1.1$$

$$H(12,1) = 89.9 + 1.1 = 91 \leq 92.9$$

Забороняємо переходи: (11,1), (11,12),

Ребро (12,1) включаємо до маршруту з новим кордоном  $H=91$ .

**Крок №6 .**  
**Визначаємо ребро розгалуження .**

Таблиця 2.21

**Матриця розрахунків**

ij	2	3	5	6	7	8	9	10	12	13	14	d <sub>i</sub>
2	M	2.4	0.7	1.6	8.1	0(0.8)	0(0)	7.4	2.8	2.5	9.2	0
3	2	M	6.9	0.4	0.9	1.1	6	0.2	3.2	0(0.2)	2	0.2
5	0.7	7.3	M	6.8	12.4	8.4	0(0.7)	11.7	8	6	13.4	0.7
6	1.2	0.4	6.4	M	5.9	0.8	3.7	5.4	1.5	0(0.4)	7.1	0.4
7	7.9	1.1	12.2	6.1	M	6.9	11.7	0(0.2)	7.1	5.8	0(0)	0
8	0.1	1.6	8.5	1.3	7.2	M	5.2	6	0(0.9)	1.3	7.8	0.1
9	0(0.1)	6.4	0(0.7)	4.1	11.9	5.1	M	11.3	7.6	5.5	13	0
10	7.2	0.4	11.5	5.6	0(0.4)	5.7	11.1	M	6.2	5	1	0.4
11	8.1	1.3	12.3	6.4	0.5	5.4	11.9	1.5	M	6.9	0(0.5)	0.5
13	2.1	0(0.4)	5.6	0(0.4)	5.6	0.8	5.1	4.8	0.8	M	3.8	0
14	9	2.2	13.2	7.3	<b>0(1)</b>	7.5	12.8	1	7.5	7	M	1
d <sub>j</sub>	0.1	0.4	0.7	0.4	0	0.8	0	0.2	0.8	0	0	0

$d(2,8) = 0 + 0.8 = 0.8$ ;  $d(2,9) = 0 + 0 = 0$ ;  $d(3,13) = 0.2 + 0 = 0.2$ ;  $d(5,9) = 0.7 + 0 = 0.7$ ;  $d(6,13) = 0.4 + 0 = 0.4$ ;  $d(7,10) = 0 + 0.2 = 0.2$ ;  $d(7,14) = 0 + 0 = 0$ ;  $d(8,12) = 0.1 + 0.8 = 0.9$ ;  $d(9,2) = 0 + 0.1 = 0.1$ ;  $d(9,5) = 0 + 0.7 = 0.7$ ;  $d(10,7) = 0.4 + 0 = 0.4$ ;  $d(11,14) = 0.5 + 0 = 0.5$ ;  $d(13,3) = 0 + 0.4 = 0.4$ ;  $d(13,6) = 0 + 0.4 = 0.4$ ;  $d(14,7) = 1 + 0 = 1$ ;  
 max:  $d(14,7)=1$ .

**Виняток ребра (14,7):  $d_{147} = M$ .**

Таблиця 2.22

## Приведена матриця розрахунків елемента

ij	2	3	5	6	7	8	9	10	12	13	14	$d_i$
2	M	2.4	0.7	1.6	8.1	0	0	7.4	2.8	2.5	9.2	0
3	2	M	6.9	0.4	0.9	1.1	6	0.2	3.2	0	2	0
5	0.7	7.3	M	6.8	12.4	8.4	0	11.7	8	6	13.4	0
6	1.2	0.4	6.4	M	5.9	0.8	3.7	5.4	1.5	0	7.1	0
7	7.9	1.1	12.2	6.1	M	6.9	11.7	0	7.1	5.8	0	0
8	0.1	1.6	8.5	1.3	7.2	M	5.2	6	0	1.3	7.8	0
9	0	6.4	0	4.1	11.9	5.1	M	11.3	7.6	5.5	13	0
10	7.2	0.4	11.5	5.6	0	5.7	11.1	M	6.2	5	1	0
11	8.1	1.3	12.3	6.4	0.5	5.4	11.9	1.5	M	6.9	0	0
13	2.1	0	5.6	0	5.6	0.8	5.1	4.8	0.8	M	3.8	0
14	9	2.2	13.2	7.3	M	7.5	12.8	1	7.5	7	M	1
$d_j$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

$$H(14^*, 7^*) = 91 + 1 = 92$$

**Включення ребра (14,7):**  $d_{714} = M$ .

Таблиця 2.23

## Матриця розрахунків

ij	2	3	5	6	8	9	10	12	13	14	$d_i$
2	M	2.4	0.7	1.6	0	0	7.4	2.8	2.5	9.2	0
3	2	M	6.9	0.4	1.1	6	0.2	3.2	0	2	0
5	0.7	7.3	M	6.8	8.4	0	11.7	8	6	13.4	0
6	1.2	0.4	6.4	M	0.8	3.7	5.4	1.5	0	7.1	0
7	7.9	1.1	12.2	6.1	6.9	11.7	0	7.1	5.8	M	0
8	0.1	1.6	8.5	1.3	M	5.2	6	0	1.3	7.8	0
9	0	6.4	0	4.1	5.1	M	11.3	7.6	5.5	13	0
10	7.2	0.4	11.5	5.6	5.7	11.1	M	6.2	5	1	0.4
11	8.1	1.3	12.3	6.4	5.4	11.9	1.5	M	6.9	0	0
13	2.1	0	5.6	0	0.8	5.1	4.8	0.8	M	3.8	0
$d_j$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4

$$\sum d_i + \sum d_j = 0.4$$

$$H(14,7) = 91 + 0.4 = 91.4 \leq 92$$

Забороняємо переходи: (11,1), (11,12),

Ребро (14,7) включаємо до маршруту з новим кордоном  $H=91.4$ .

**Крок №7 .****Визначаємо ребро розгалуження .**

Таблиця 2.24

**Приведена матриця розрахунків елемента**

ij	2	3	5	6	8	9	10	12	13	14	$d_i$
2	M	2.4	0.7	1.6	0(0.8)	0(0)	7.4	2.8	2.5	9.2	0
3	2	M	6.9	0.4	1.1	6	0.2	3.2	0(0.2)	2	0.2
5	0.7	7.3	M	6.8	8.4	0(0.7)	11.7	8	6	13.4	0.7
6	1.2	0.4	6.4	M	0.8	3.7	5.4	1.5	0(0.4)	7.1	0.4
7	7.9	1.1	12.2	6.1	6.9	11.7	0(1.3)	7.1	5.8	M	1.1
8	0.1	1.6	8.5	1.3	M	5.2	6	0(0.9)	1.3	7.8	0.1
9	0(0.1)	6.4	0(0.7)	4.1	5.1	M	11.3	7.6	5.5	13	0
10	6.8	0(0.6)	11.1	5.2	5.3	10.7	M	5.8	4.6	0.6	0.6
11	8.1	1.3	12.3	6.4	5.4	11.9	1.5	M	6.9	<b>0(1.9)</b>	1.3
13	2.1	0(0)	5.6	0(0.4)	0.8	5.1	4.8	0.8	M	3.8	0
$d_j$	0.1	0	0.7	0.4	0.8	0	0.2	0.8	0	0.6	0

$d(2,8) = 0 + 0.8 = 0.8$ ;  $d(2,9) = 0 + 0 = 0$ ;  $d(3,13) = 0.2 + 0 = 0.2$ ;  $d(5,9) = 0.7 + 0 = 0.7$ ;  $d(6,13) = 0.4 + 0 = 0.4$ ;  $d(7,10) = 1.1 + 0.2 = 1.3$ ;  $d(8,12) = 0.1 + 0.8 = 0.9$ ;  $d(9,2) = 0 + 0.1 = 0.1$ ;  $d(9,5) = 0 + 0.7 = 0.7$ ;  $d(10,3) = 0.6 + 0 = 0.6$ ;  $d(11,14) = 1.3 + 0.6 = 1.9$ ;  $d(13,3) = 0 + 0 = 0$ ;  $d(13,6) = 0 + 0.4 = 0.4$ ;

max:  $d(11,14)=1.9$ .

**Виняток ребра (11,14):  $d_{1114} = M$ .**

Таблиця 2.25

**Матриця розрахунків**

ij	2	3	5	6	8	9	10	12	13	14	d <sub>i</sub>
2	M	2.4	0.7	1.6	0	0	7.4	2.8	2.5	9.2	0
3	2	M	6.9	0.4	1.1	6	0.2	3.2	0	2	0
5	0.7	7.3	M	6.8	8.4	0	11.7	8	6	13.4	0
6	1.2	0.4	6.4	M	0.8	3.7	5.4	1.5	0	7.1	0
7	7.9	1.1	12.2	6.1	6.9	11.7	0	7.1	5.8	M	0
8	0.1	1.6	8.5	1.3	M	5.2	6	0	1.3	7.8	0
9	0	6.4	0	4.1	5.1	M	11.3	7.6	5.5	13	0
10	6.8	0	11.1	5.2	5.3	10.7	M	5.8	4.6	0.6	0
11	8.1	1.3	12.3	6.4	5.4	11.9	1.5	M	6.9	M	1.3
13	2.1	0	5.6	0	0.8	5.1	4.8	0.8	M	3.8	0
d <sub>j</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	1.9

$$H(11^*,14^*) = 91.4 + 1.9 = 93.3$$

**Включення ребра (11,14):**  $d_{1411} = M$ .

Таблиця 2.26

**Матриця розрахунків**

ij	2	3	5	6	8	9	10	12	13	d <sub>i</sub>
2	M	2.4	0.7	1.6	0	0	7.4	2.8	2.5	0
3	2	M	6.9	0.4	1.1	6	0.2	3.2	0	0
5	0.7	7.3	M	6.8	8.4	0	11.7	8	6	0
6	1.2	0.4	6.4	M	0.8	3.7	5.4	1.5	0	0
7	7.9	1.1	12.2	6.1	6.9	11.7	0	7.1	5.8	0
8	0.1	1.6	8.5	1.3	M	5.2	6	0	1.3	0
9	0	6.4	0	4.1	5.1	M	11.3	7.6	5.5	0
10	6.8	0	11.1	5.2	5.3	10.7	M	5.8	4.6	0
13	2.1	0	5.6	0	0.8	5.1	4.8	0.8	M	0
d <sub>j</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

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

$$H(11,14) = 91.4 + 0 = 91.4 \leq 93.3$$

Забороняємо переходи: (7,4), (7,1), (7,12), (7,11), Ребро (11,14) включаємо у маршрут розгалуження .

Таблиця 2.27

**Матриця розгалуження**

ij	2	3	5	6	8	9	10	12	13	$d_i$
2	M	2.4	0.7	1.6	0(0.8)	0(0)	7.4	2.8	2.5	0
3	2	M	6.9	0.4	1.1	6	0.2	3.2	0(0.2)	0.2
5	0.7	7.3	M	6.8	8.4	0(0.7)	11.7	8	6	0.7
6	1.2	0.4	6.4	M	0.8	3.7	5.4	1.5	0(0.4)	0.4
7	7.9	1.1	12.2	6.1	6.9	11.7	0(1.3)	M	5.8	1.1
8	0.1	1.6	8.5	1.3	M	5.2	6	0(0.9)	1.3	0.1
9	0(0.1)	6.4	0(0.7)	4.1	5.1	M	11.3	7.6	5.5	0
10	6.8	<b>0(4.6)</b>	11.1	5.2	5.3	10.7	M	5.8	4.6	4.6
13	2.1	0(0)	5.6	0(0.4)	0.8	5.1	4.8	0.8	M	0
$d_j$	0.1	0	0.7	0.4	0.8	0	0.2	0.8	0	0

$d(2,8) = 0 + 0.8 = 0.8$ ;  $d(2,9) = 0 + 0 = 0$ ;  $d(3,13) = 0.2 + 0 = 0.2$ ;  $d(5,9) = 0.7 + 0 = 0.7$ ;  $d(6,13) = 0.4 + 0 = 0.4$ ;  $d(7,10) = 1.1 + 0.2 = 1.3$ ;  $d(8,12) = 0.1 + 0.8 = 0.9$ ;  $d(9,2) = 0 + 0.1 = 0.1$ ;  $d(9,5) = 0 + 0.7 = 0.7$ ;  $d(10,3) = 4.6 + 0 = 4.6$ ;  $d(13,3) = 0 + 0 = 0$ ;  $d(13,6) = 0 + 0.4 = 0.4$ ;

max:  $d(10,3)=4.6$ .

**Вияток ребра (10,3):  $d_{103} = M$ .**

Таблиця 2.28

**Матриця розрахунків**

<b>ij</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>d<sub>i</sub></b>
<b>2</b>	M	2.4	0.7	1.6	0	0	7.4	2.8	2.5	0
<b>3</b>	2	M	6.9	0.4	1.1	6	0.2	3.2	0	0
<b>5</b>	0.7	7.3	M	6.8	8.4	0	11.7	8	6	0
<b>6</b>	1.2	0.4	6.4	M	0.8	3.7	5.4	1.5	0	0
<b>7</b>	7.9	1.1	12.2	6.1	6.9	11.7	0	M	5.8	0
<b>8</b>	0.1	1.6	8.5	1.3	M	5.2	6	0	1.3	0
<b>9</b>	0	6.4	0	4.1	5.1	M	11.3	7.6	5.5	0
<b>10</b>	6.8	M	11.1	5.2	5.3	10.7	M	5.8	4.6	4.6
<b>13</b>	2.1	0	5.6	0	0.8	5.1	4.8	0.8	M	0
<b>d<sub>j</sub></b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.6

$$H(10^*, 3^*) = 91.4 + 4.6 = 96$$

**Включення ребра (10,3):**  $d_{310} = M$ .

Таблиця 2.29

**Матриця розрахунків**

ij	2	5	6	8	9	10	12	13	d <sub>i</sub>
2	M	0.7	1.6	0	0	7.4	2.8	2.5	0
3	2	6.9	0.4	1.1	6	M	3.2	0	0
5	0.7	M	6.8	8.4	0	11.7	8	6	0
6	1.2	6.4	M	0.8	3.7	5.4	1.5	0	0
7	7.9	12.2	6.1	6.9	11.7	0	M	5.8	0
8	0.1	8.5	1.3	M	5.2	6	0	1.3	0
9	0	0	4.1	5.1	M	11.3	7.6	5.5	0
13	2.1	5.6	0	0.8	5.1	4.8	0.8	M	0
d <sub>j</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0

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

$$H(10,3) = 91.4 + 0 = 91.4 \leq 96$$

Забороняємо переходи: (7,4), (7,1), (7,12), (7,11),

Ребро (10,3) включаємо в маршрут з новим кордоном  $H=9$ .

**Крок №9 .**  
**Визначаємо ребро розгалуження .**

Таблиця 2.30

**Матриця розгалуження**

ij	2	5	6	8	9	10	12	13	$d_i$
2	M	0.7	1.6	0(0.8)	0(0)	7.4	2.8	2.5	0
3	2	6.9	0.4	1.1	6	M	3.2	0(0.4)	0.4
5	0.7	M	6.8	8.4	0(0.7)	11.7	8	6	0.7
6	1.2	6.4	M	0.8	3.7	5.4	1.5	0(0.8)	0.8
7	7.9	12.2	6.1	6.9	11.7	<b>0(10.6)</b>	M	5.8	5.8
8	0.1	8.5	1.3	M	5.2	6	0(0.9)	1.3	0.1
9	0(0.1)	0(0.7)	4.1	5.1	M	11.3	7.6	5.5	0
13	2.1	5.6	0(1.2)	0.8	5.1	4.8	0.8	M	0.8
$d_j$	0.1	0.7	0.4	0.8	0	4.8	0.8	0	0

$d(2,8) = 0 + 0.8 = 0.8 + 0$ ;  $10.6$ ;  $d(8,12) = 0.1 + 0.9 = 0$   
; (7,10):  $d_{710} = M$ .



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

$$H(7,10) = 91.4 + 0 = 91.4 \leq 102$$

Забороняємо переходи: (3,4), (3,1), (3,12), (3,14), (3,11), (3,7), ребро (7,1).

**Крок №10 .**

**Визначаємо ребро розгалуження .**

Таблиця 2.33

Матриця розгалуження

ij	2	5	6	8	9	12	13	$d_i$
2	M	0.7	1.6	0(0.8)	0(0)	2.8	2.5	0
3	2	6.9	0.4	1.1	6	M	0(0.4)	0.4
5	0.7	M	6.8	8.4	0(0.7)	8	6	0.7
6	1.2	6.4	M	0.8	3.7	1.5	0(0.8)	0.8
8	0.1	8.5	1.3	M	5.2	0(0.9)	1.3	0.1
9	0(0.1)	0(0.7)	4.1	5.1	M	7.6	5.5	0
13	2.1	5.6	0(1.2)	0.8	5.1	0.8	M	0.8
$d_j$	0.1	0.7	0.4	0.8	0	0.8	0	0

$$d(2,8) = 0 + 0.8 = 0.8; d(2,9) = 0 + 0 = 0; d(3,13) = 0.4 + 0 = 0.4; d(5,9) = 0.7 + 0$$

$$= 0.7; d(6,13) = 0.8 + 0 = 0.8; d(8,12) = 0.1 + 0.8 = 0.9; d(9,2) = 0 + 0.1 = 0.1;$$

$$d(9,5) = 0 + 0.7 = 0.7; d(13,6) = 0.8 + 0.4 = 1.2;$$

$$\max: d(13,6)=1.2.$$

**Виняток ребра (13,6):  $d_{136} = M$ .**

Таблиця 2.34

**Матриця розрахунків**

ij	2	5	6	8	9	12	13	d <sub>i</sub>
2	M	0.7	1.6	0	0	2.8	2.5	0
3	2	6.9	0.4	1.1	6	M	0	0
5	0.7	M	6.8	8.4	0	8	6	0
6	1.2	6.4	M	0.8	3.7	1.5	0	0
8	0.1	8.5	1.3	M	5.2	0	1.3	0
9	0	0	4.1	5.1	M	7.6	5.5	0
13	2.1	5.6	M	0.8	5.1	0.8	M	0.8
d <sub>j</sub>	0	0	0.4	0	0	0	0	1.2

$$H(13^*, 6^*) = 91.4 + 1.2 = 92.6$$

**Включення ребра (13,6):**  $d_{613} = M$ .

Таблиця 2.35

**Матриця розрахунків**

ij	2	5	8	9	12	13	d <sub>i</sub>
2	M	0.7	0	0	2.8	2.5	0
3	2	6.9	1.1	6	M	0	0
5	0.7	M	8.4	0	8	6	0
6	1.2	6.4	0.8	3.7	1.5	M	0.8
8	0.1	8.5	M	5.2	0	1.3	0
9	0	0	5.1	M	7.6	5.5	0
d <sub>j</sub>	0	0	0	0	0	0	0.8

$$\sum d_i + \sum d_j = 0.8$$

$$H(13,6) = 91.4 + 0.8 = 92.2 \leq 92.6$$

Забороняємо переходи: (3,4), (3,1), (3,12), (3,14), (3,11), (3,7),  $H = 92.2$ .

**Крок №11 .**

**Визначаємо ребро розгалуження .**

Таблиця 2.36

**Матриця розгалуження**

ij	2	5	8	9	12	13	$d_i$
2	M	0.7	0(0)	0(0)	2.8	2.5	0
3	2	6.9	1.1	6	M	<b>0(2.4)</b>	1.1
5	0.7	M	8.4	0(0.7)	8	6	0.7
6	0.4	5.6	0(0.4)	2.9	0.7	M	0.4
8	0.1	8.5	M	5.2	0(0.8)	1.3	0.1
9	0(0.1)	0(0.7)	5.1	M	7.6	5.5	0
$d_j$	0.1	0.7	0	0	0.7	1.3	0

$d(2,8) = 0 + 0 = 0$ ;  $d(2,9) = 0 + 0 = 0$ ;  $d(3,13) = 1.1 + 1.3 = 2.4$ ;  $d(5,9) = 0.7 + 0 = 0.7$ ;  $d(6,8) = 0.4 + 0 = 0.4$ ;  $d(8,12) = 0.1 + 0.7 = 0.8$ ;  $d(9,2) = 0 + 0.1 = 0.1$ ;  $d(9,5) = 0 + 0.7 = 0.7$ ;

max:  $d(3,13) = 2.4$ .

**Вияток ребра (3,13):  $d_{313} = M$ .**

Таблиця 2.37

**Матриця розрахунків**

ij	2	5	8	9	12	13	$d_i$
2	M	0.7	0	0	2.8	2.5	0
3	2	6.9	1.1	6	M	M	1.1
5	0.7	M	8.4	0	8	6	0
6	0.4	5.6	0	2.9	0.7	M	0
8	0.1	8.5	M	5.2	0	1.3	0
9	0	0	5.1	M	7.6	5.5	0
$d_j$	0	0	0	0	0	1.3	2.4

$$H(3^*, 13^*) = 92.2 + 2.4 = 94.6$$

Включення ребра (3,13):  $d_{133} = M$ .

Таблиця 2.38

**Матриця розрахунків**

ij	2	5	8	9	12	$d_i$
2	M	0.7	0	0	2.8	0
5	0.7	M	8.4	0	8	0
6	0.4	5.6	0	2.9	0.7	0
8	0.1	8.5	M	5.2	0	0
9	0	0	5.1	M	7.6	0
$d_j$	0	0	0	0	0	0

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

$$H(3, 13) = 92.2 + 0 = 92.2 \leq 94.6$$

Забороняємо переходи: (6,4), (6,1), (6,12), (6,14), (6,11), (6,10), (6,7) з новим кордоном  $H=92.2$ .

**Крок №12 .**

**Визначаємо ребро розгалуження .**

Таблиця 2.39

Матриця розгалуження

ij	2	5	8	9	12	$d_i$
2	M	0.7	0(0)	0(0)	2.8	0
5	0.7	M	8.4	0(0.7)	8	0.7
6	0.4	5.6	0(0.4)	2.9	M	0.4
8	0.1	8.5	M	5.2	<b>0(2.9)</b>	0.1
9	0(0.1)	0(0.7)	5.1	M	7.6	0
$d_j$	0.1	0.7	0	0	2.8	0

$d(2,8) = 0 + 0 = 0$ ;  $d(2,9) = 0 + 0 = 0$ ;  $d(5,9) = 0.7 + 0 = 0.7$ ;  $d(6,8) = 0.4 + 0 = 0.4$ ;  
 $d(8,12) = 0.1 + 2.8 = 2.9$ ;  $d(9,2) = 0 + 0.1 = 0.1$ ;  $d(9,5) = 0 + 0.7 = 0.7$ ;  
 max:  $d(8,12) = 2.9$ .

**Виняток ребра (8,12):**  $d_{812} = M$ .

Таблиця 2.40

Матриця розрахунків

ij	2	5	8	9	12	$d_i$
2	M	0.7	0	0	2.8	0
5	0.7	M	8.4	0	8	0
6	0.4	5.6	0	2.9	M	0
8	0.1	8.5	M	5.2	M	0.1
9	0	0	5.1	M	7.6	0
$d_j$	0	0	0	0	2.8	2.9

$$H(8^*, 12^*) = 92.2 + 2.9 = 95.1$$

**Включення ребра (8,12):**  $d_{128} = M$ .

Таблиця 2.41

**Матриця розрахунків**

ij	2	5	8	9	$d_i$
2	M	0.7	0	0	0
5	0.7	M	8.4	0	0
6	0.4	5.6	0	2.9	0
9	0	0	5.1	M	0
$d_j$	0	0	0	0	0

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

$$H(8, 12) = 92.2 + 0 = 92.2 \leq 95.1$$

Забороняємо переходи: (6,4), (6,1), (6,12), (6,14), (6,11), (6,10), (6,7)  
) (8,12) включаємо маршрут з новим кордоном  $H=92.2$ .

**Крок №13 .**

**Визначаємо ребро розгалуження .**

Таблиця 2.42

**Матриця розгалуження в**

ij	2	5	8	9	$d_i$
2	M	0.7	<b>0(5.1)</b>	0(0)	0
5	0.7	M	8.4	0(0.7)	0.7
6	0.4	5.6	M	2.9	0
9	0(0.4)	0(0.7)	5.1	M	0
$d_j$	0.4	0.7	5.1	0	0

$$d(2,8) = 0 + 5.1 = 5.1; d(2,9) = 0 + 0 = 0; d(5,9) = 0.7 + 0 = 0.7; d(9,2) = 0 + 0.4 = 0.4; d(9,5) = 0 + 0.7 = 0.7;$$

max:  $d(2,8)=5.1$ .

**Виняток ребра (2,8):**  $d_{28} = M$ .

Таблиця 2.43

**Матриця розрахунків**

ij	2	5	8	9	$d_i$
2	M	0.7	M	0	0
5	0.7	M	8.4	0	0
6	0.4	5.6	M	2.9	0.4
9	0	0	5.1	M	0
$d_j$	0	0	5.1	0	5.5

$$H(2^*, 8^*) = 92.2 + 5.5 = 97.7$$

**Включення ребра (2,8):**  $d_{82} = M$ .

Таблиця 2.44

**Матриця розрахунків**

ij	2	5	9	$d_i$
5	0.7	M	0	0
6	0.4	5.6	2.9	0.4
9	0	0	M	0
$d_j$	0	0	0	0.4

$$\sum d_i + \sum d_j = 0.4$$

$$H(2,8) = 92.2 + 0.4 = 92.6 \leq 97.7$$

Забороняємо переходи: (6,4), (6,1), (6,12), (6,14), (6,11), (6,10), 6 (6,2),

Ребро (2,8) включаємо маршрут з новим кордоном  $H=92.6$ .

**Крок №14 .**

**Визначаємо ребро розгалуження .**

Таблиця 2.45

**Матриця розрахунків**

ij	2	5	9	$d_i$
5	0.7	M	0(3.2)	0.7
6	M	5.2	2.5	0.4
9	0(0.7)	<b>0(5.2)</b>	M	0
$d_j$	0.7	5.2	2.5	0

$$d(5,9) = 0.7 + 2.5 = 3.2; d(9,2) = 0 + 0.7 = 0.7; d(9,5) = 0 + 5.2 = 5.2;$$

$$\max: d(9,5)=5.2.$$

**Вилучення ребра (9,5):  $d_{95} = M$ .**

Таблиця 2.46

**Матриця розрахунків**

ij	2	5	9	$d_i$
5	0.7	M	0	0
6	M	5.2	2.5	2.5
9	0	M	M	0
$d_j$	0	5.2	0	7.7

$$H(9^*, 5^*) = 92.6 + 7.7 = 100.3$$

**Включення ребра (9,5):  $d_{59} = M$ .**

Таблиця 2.41

**Матриця розрахунків**

ij	2	9	$d_i$
5	0.7	M	0.7
6	M	2.5	2.5
$d_j$	0.7	2.5	6.4

$$\sum d_i + \sum d_j = 6.4$$

$$H(9,5) = 92.6 + 6.4 = 99 \leq 100.3$$

Ребро (9,5) включаємо до маршруту з новим кордоном  $H=99$ .

Відповідно до цієї матриці включаємо в Гамільтонів маршрут ребра (5,2) та (6,9).

В результаті по дереву розгалужень Гамільтонів цикл утворюють ребра: (4,11), (11,14), (14,7), (7,10), (10,3), (3,13), (13,6), (6,9), (9,5), (5,2), (2,8), маршруту дорівнює  $F(M_k) = 97.8$

Проведений аналіз діяльності логістичного відділу компанії «Вина Світу» м. Дніпро та використання сучасних ММ розрахунку мінімізації витрат на транспортування дозволять провести модернізацію та економити підприємству значну частину коштів на паливо, час на транспортування вантажів до кінцевого споживача. При цьому аналіз техніко-експлуатаційні показників компанії «Вина Світу» м. Дніпро показав, що в реальних умовах роботи по доставці продукції мають місце понаднормативні простой транспортних засобів під час проведення завантажувальна/розвантажувальних операцій через неузгодженість роботи відділів підприємства.

Результати аналізу показників можна зробити висновок, що при моделюванні технологічного процесу доставки вантажів та прийнятті управлінських рішень можна використовувати більш продуктивні транспортні шляхи доставки, які значно скоротять час на доставку продукції

## ВИСНОВОК

При ході опрацювання кваліфікаційної роботи були опрацьовані ряд питань пов'язані з актуальними питаннями ринкових відносин в умовах економіки України.

При цьому проаналізована сфера діяльності підприємства ТОВ «Вина Світу» в галузі горілчаних виробів, сформовані та розраховані данні по конкурентах регіону та проведені розробка та розрахунок оптимізації транспортування та доставки продукції до власної мережі роздрібної торгівлі.

Зазначимо, що в ході проведення роботи проаналізована діяльність підприємства, конкуренція та транспортування.

Проаналізовано функціонування транспортної мережі міста при доставці товару в роздрібну мережу, розвиток і вдосконалення транспортування в системі зовнішньо економічних зв'язків України при поєднання в мережу Євросоюзу.

Отримані та проаналізовані данні по споживанню горілчаних виробів в Україні. Проведено дослідження діяльності підприємства компанії ТОВ «Вина Світу». Проаналізована та розроблена система комплексних заходів для удосконалення організації логістичного процесу перевезень за рахунок впровадження в транспортно-технологічну схему доставки вантажу перспективного ефективного перевезення вантажів з використанням сучасних математичних методів розрахунку.

Результати досліджень показали, що розробка оптимізаційної моделі транспортування готової продукції є комплексною задачею, яка поділяється на низку етапів. Однак, завдяки попередньому плануванню, в особливості, вибору оптимальних параметрів та розрахунків можливо зменшення витрат на логістику підприємства.

## Список використаних джерел

1. Залозна Ю., Трушкіна Н. В. Транспортно-логістична система України: проблеми та перспективи розвитку. Економічний вісник Донбасу. 2018. № 3 (53). С. 113–119.
2. Кобилуох О. Я., Гірна О. Б., Гаєва Л. І. Ключові аспекти транспортної логістики в умовах пандемії COVID-19. Вчені записки ТНУ ім. В. І. Вернадського. Серія: Економіка і управління. 2020. Том 31 (70). № 4. С. 117–122. DOI: <https://doi.org/10.32838/2523-4803/70-4-21>
3. Федорук Є.І. Державне регулювання логістичної сфери в агропромисловому комплексі України. Актуальні проблеми державного управління. 2017. № 1(51). <https://www.europub.co.uk/articles/derzavnereguliuivannia-logisticnoyi-sferi-v-agropromislovomu-kompleksi-ukrayini-A322237>
4. Шевців Л.Ю., Петецький І. Логістичні витрати підприємства : формування та оцінювання : монографія. Львів : Видавництво Львівської політехніки. 2011. 244 с. <https://tinyurl.com/3xdpyub4>
5. Кривовязюк І.В., Кулик Ю. М., Волинчук Ю. В., Перспективи розвитку ринку логістичних послуг в умовах пандемії. Ефективна економіка. № 9. URL: [http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/9\\_2021/89.pdf](http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/9_2021/89.pdf)
6. Гринчак Н. А. Визначення сутності та структури ланцюга поставок логістичних послуг як об'єкта статистичного дослідження. Бізнес Інформ. 2020. № 8. С. 96-102. doi: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-8-96-102>.
7. Інтернет ресурс: <https://www.impulse-consulting.com.ua/analiz-rynku-logistyky-v-ukrayini-u-2024-roci/>
8. Наконечна Т., Гринів Н., Данилович Т. Особливості розвитку ринку логістичних послуг в Україні. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство. 2019. Вип. 24, ч. 2. С. 139-144. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/25462>

9. Авраменко О.В. Напрямки розвитку логістичного менеджменту в Україні. Бізнес Інформ. 2017. № 9. С. 262–267. URL: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/18185>
10. Павлов К, В., Павлова О. М., Сосовська О. С., Макарук О. В. Особливості розмитнення легкових транспортних засобів в Україні: тенденції та перспективи. Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". Серія: "Економічні науки". 2021. № 6. doi: <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2021-6-7364>
11. Інтернет ресурс: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-alkogolnyh-napitkov-na-osnove-fruktovego-spirta-v-ukraine-2021-i-pol-2024-gg>
12. Інтернет ресурс: <https://pro-consulting.ua/ua>
13. Фасхiev X., Крахмалева А., Шигапова З. Логистика маркетинга конкурентоспособности автотранспортного предприятия // Прикладная логистика. - 2008 – №11/2008. – С. 4-14;
14. Математичні моделі і методи прийняття рішень для сталого розвитку / О.В. Трифонова, Л.В.Тимошенко, С.А. Ус. – М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2023. – 240 с. <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/165392>
15. Дискретна математика: навч. посібник / В.В. Слесарев, І.В. Новицький, С.А. Ус. – М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2023. – 183 с. <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/164331>
16. Novytskyi, I. V., & Shevchenko, Y. O. (2024). JUSTIFICATION OF THE CRITERION FOR OPTIMAL CONTROL OF THE SELF-GRINDING PROCESS OF ORES IN DRUM MILLS. Doi: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-4/061>
17. Коряшкіна Л.С. Практикум за курсом «Методи оптимізації та дослідження операцій». Частина I. Дослідження операцій: навч. посіб. / Л.С. Коряшкіна, С.А. Ус / М-во освіти і науки України; Нац. техн. ун-т «Дніпровська

політехніка». – Д.: НТУ «ДП», 2020. – 182 с.  
<https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/166157>

18. Кваліфікаційна робота бакалавра [Електронний ресурс] : методичні рекомендації для здобувачів ступеня бакалавра освітньо-професійної програми «Системний аналіз» зі спеціальності 124 Системний аналіз / уклад.: Т. А. Желдак, Т. В. Хом'як, А. В. Малієнко ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2025. – 32 с. url: <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/170863>

19. Молоканова В. М., Малієнко А. В., Одновол М. М., Владико О. Б. Системний аналіз в управлінні розвитком складних систем: навч. посіб. / В.М. Молоканова, А.В. Малієнко, М.М. Одновол, О.Б. Владико. – Дніпро: Видавець Лізунов Є. В., 2024. – 94 с

20. Хом'як Т.В., Коханчик Н.С., Малієнко А.В. Вирішення задачі маршрутизації транспорту на підприємстві // Збірник наукових праць НГУ. – 2020. - №63, с. 145-155.



ВІДГУК  
на кваліфікаційну роботу бакалавра  
на тему: « Системний аналіз та оптимізація роботи транспортного  
підприємства»

Студента Тесленка Владислава Віталійовича академічної групи 124-21-1

Обсяг кваліфікаційної роботи 139 стор.

Мета кваліфікаційної роботи: вдосконалення систем оптимізації логістичних послуг в системі матеріально-технічного постачання за умовами управління реалізації продукції на підприємстві за рахунок використання сучасних математичних моделей логістичного напрямку.

Актуальність теми обумовлена значенням застосування управління в стратегій розвитку та вдосконалення доставки товарів в сучасних умовах економіки України. При цьому використання сучасного математичного апарату на основі математичних методів вирішення транспортних задач які зменшує час на прийняття рішень та підвищує рентабельність впроваджень на підприємствах логістичного напрямку.

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з об'єктом діяльності бакалавра спеціальності 124 Системний аналіз, оскільки в роботі проведений аналіз логістичної та горілчаної галузі, на основі якого запроваджена та використана математична модель процесу вдосконалення та оптимізації розрахунку шляхів доставки товарів. На основі представленої моделі виконані розрахунки МАІ з отриманням числових даних та наведеними рекомендаціями відповідній компанії, а також при використанні вирішення задачі комівояжера сформована методика мінімізації витрат на доставку в умовах підприємства ТОВ «Вина Світу»

Виконані в кваліфікаційній роботі завдання відповідають вимогам ступеня бакалавра.

Практична цінність отриманих у роботі результатів полягає у в тому, що отримані рекомендації, щодо вдосконалення методів розрахунку транспортних задач для зменшення витрат на доставку продукції підприємства.

Висновки підтверджують можливість використання результатів роботи в умовах сучасного підприємства.

Оформлення пояснювальної записки та демонстраційного матеріалу до неї виконано згідно з вимогами але мають зауваження.

Роботу виконано самостійно, відповідно до завдання та у повному обсязі

У роботі відзначено такі недоліки:

- 1.
- 2.

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінки: задовільно (64 бали) при відповідному захисті.

З урахуванням висловлених зауважень автор заслуговує присвоєння освітньої кваліфікації «бакалавр з системного аналізу».

Науковий керівник

К.т.н. доц. кафедри СА і У

Станіна О.Д.

## Рецензія

на кваліфікаційну роботу бакалавра

на тему: « Системний аналіз та оптимізація роботи транспортного підприємства»

Студента Тесленка Владислава Віталійовича академічної групи 124-21-1

Тема кваліфікаційної роботи: Системний аналіз та оптимізація роботи транспортного підприємстваОбсяг кваліфікаційної роботи: 139 *стор.*

Висновок про відповідність кваліфікаційної роботи завданню та освітньо-професійній програмі спеціальності кваліфікаційна робота відповідає перевірці знань та рівня підготовки виконавця за фахом спеціальності 124 Системний аналіз

Загальна характеристика кваліфікаційної роботи, ступінь використання нормативно-методичної літератури та передового досвіду студентом проаналізований теоретичний матеріал та сучасні посилання на інтернет ресурси обраного напрямлення теми кваліфікаційної роботи. Проведені дослідження галузі горілчаних виробів та окрема транспортним питанням на сучасних підприємствах в умовах економіки України. Зазначені перспективи розвитку галузі, наведені приклади та графічний матеріал.

Зміст роботи повністю відповідає виданому завданню.

Матеріал у роботі викладені з дотриманням тематики дослідження та внутрішньої логіки, між розділами існує певний логічний взаємозв'язок. висновки в кінці розділів відповідають аналізу теми та розрахунковим даним з використанням описаних методів аналізу та математично моделювання.

Позитивні сторони кваліфікаційної роботи: простежується ретельний аналіз матеріалу по кожному розділу кваліфікаційної роботи. В роботі в певній мірі розкрита тема, досягнута мета, вирішені завдання. Також для розрахунку використані реальні данні на основі яких зроблені висновки та обґрунтовані, рекомендації на основі результатів мають практичну значимість для розглянутого підприємства.

Основні недоліки кваліфікаційної роботи:

1. В кваліфікаційній роботі не повністю зрозуміло, які методи ще можливо використати для розрахунку поставленої задачі. Не наведений використаний програмний матеріал на сучасних мовах програмування

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінки: задовільно -64 балів.

З урахуванням висловлених зауважень автор заслуговує присвоєння освітньої кваліфікації «бакалавр з системного аналізу».

Рецензент,