

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

Факультет інформаційних технологій
(факультет)

Кафедра системного аналізу та управління
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

Студента _____ Кірнос Валерії Денисівни
академічної групи _____ 124-20з-1
спеціальності _____ 124 Системний аналіз
на тему: «Оптимізація логістичних процесів з урахуванням інструментів
бережливого виробництва в умовах ТОВ “Логістик Груп”»

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	<i>доц. Одновол М.М.</i>			
розділів:	<i>доц. Одновол М.М.</i>			
Інформаційно-аналітичний	<i>доц. Одновол М.М.</i>			
Спеціальний	<i>доц. Одновол М.М.</i>			
Рецензент	<i>д.т.н., проф. Алексеев М.О.</i>			
Нормоконтроль	<i>к.ф.-м.н., доц. Хом'як Т.В</i>			

Дніпро
2024

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 Кірнос В.Д. академічної групи 124- 20з-1
спеціальності: 124 Системний аналіз

на тему «Оптимізація логістичних процесів з урахуванням інструментів
бережливого виробництва в умовах ТОВ “Логістик Груп”»
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка»
від 23.05.2024 р. №470-с

Розділ	Зміст	Терміни виконання
1. Інформаційно-аналітичний розділ	Системний аналіз предметної області. Постановка задачі	13.05.2024 – 29.05.2024
2. Спеціальний розділ	Підвищення ефективності роботи ТОВ «Logistic Group» шляхом застосування методів ощадливого виробництва	29.05.2024 – 20.06.2024

Завдання видано _____ Одновол М.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Дата видачі: 22.04.2024

Дата подання до екзаменаційної комісії: 03.07.2024

Прийнято до виконання _____ Кірнос В.Д.
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 70 сторінки, 9 рисунків, 21 таблиць, 2 додатки, 10 джерел.

Об'єкт досліджень: підприємство ТОВ «Logistic Group».

Предмет досліджень: логістичні процеси ТОВ «Logistic Group».

Мета досліджень: підвищення ефективності роботи підприємства ТОВ «Logistic Group» шляхом оптимізації логістичних процесів з використанням інструментів ощадливого виробництва.

Економічна ефективність: зменшення витрат за рахунок оптимізації логістичних процесів продукції ТОВ «Logistic Group».

В *інформаційно-аналітичному розділі* розглянуто структуру підприємства ТОВ «Logistic Group», автопарк, асортимент продукції, а також організацію логістичних процесів на підприємстві та шляхи їх поліпшення.

В *спеціальному розділі* розроблено математичну модель, що базується на результатах досліджень транспортної мережі підприємства ТОВ «Logistic Group», вирішено транспортну задачу оптимізації процесів транспортування продукції ТОВ «Logistic Group» до споживачів. Формування автопарку. Впровадження заходів по оптимізації роботи логістичної системи дає можливість підвищити економічну ефективність підприємства ТОВ «Logistic Group».

Практична цінність отриманих результатів полягає в оптимізації логістичних процесів з використанням методів ощадливого виробництва на ТОВ «Logistic Group» та можливості використання запропонованого алгоритму для аналогічних підприємств.

Ключові слова: ТОРТ, ОЩАДЛИВЕ ВИРОБНИЦТВО, ТРАНСПОРТУВАННЯ, ПРОДУКЦІЯ, ЛОГІСТИКА, АНАЛІЗ, ОПТИМІЗАЦІЯ, АВТОПАРК, ПІДПРИЄМСТВО.

ABSTRACT

Explanatory note 70 pages, 9 figures, 21 tables, 2 appendices, 10 sources.

Object of research: the enterprise "Logistic Group" LLC.

Subject of research: logistics processes of Logistic Group LLC.

Purpose of the research: to increase the efficiency of the enterprise "Logistic Group" LLC by optimizing logistics processes.

Economic efficiency: reduction of costs by optimizing the logistics processes of Logistic Group LLC products.

The information-analytical section considers the structure of the enterprise "Logistic Group" LLC, the vehicle fleet, the product range, as well as the organization of logistics processes at the enterprise and ways to improve them.

In a special section, a mathematical model based on the results of research on the transport network of the enterprise "Logistic Group" LLC is developed, the transport task of optimizing the processes of transportation of products of "Logistic Group" LLC to consumers is solved. Formation of the vehicle fleet. Implementation of measures to optimize the operation of the logistics system makes it possible to increase the economic efficiency of the enterprise Logistic Group LLC.

The practical value of the obtained results lies in the optimization of logistics processes using lean production methods at Logistic Group LLC and the possibility of using the proposed algorithm for similar enterprises.

Keywords: CAKE, LEAN MANUFACTURING, TRANSPORTATION, PRODUCTS, LOGISTICS, ANALYSIS, OPTIMIZATION, VEHICLE FLEET, ENTERPRISE.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1 Системний аналіз предметної області.....	7
1.1.1 Характеристика організації ТОВ «Logistic Group»	7
1.1.2 Логістика та види логістичних процесів	11
1.1.3 Аналіз системи управління логістичними процесами в ТОВ «Logistic Group»	14
1.1.4 Аналіз ефективності функціонування логістичних процесів ТОВ «Logistic Group».....	20
1.1.5 Аналіз автопарка на ТОВ «Logistic Group».....	22
1.1.6 Інструменти ощадливого виробництва.....	24
1.1.7 Застосування інструментів ощадливого виробництва	31
1.1.8 Шляхи оптимізації транспортної діяльності ТОВ «Logistic Group» ..	38
1.2 Постановка задачі.....	40
Висновки до розділу	41
2 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	42
2.1 Дослідження об'єкту з метою отримання вхідних даних для моделювання процесу транспортування	42
2.1.1 Дослідження попиту на продукцію ТОВ «Logistic Group»	42
2.1.2 Розрахунок витрат на транспортування продукції до застосування інструментів ощадливого виробництва	45
2.2 Формування автопарку для ТОВ «Logistic Group» з урахуванням інструментів ощадливого виробництва.....	46
2.3 Розробка математичної моделі транспортування продукції ТОВ «Logistic Group».....	48
2.2.1 Математична постановка задачі	49
2.2.2 Змістовна постановка задачі	51
2.2.3 Визначення початкового опорного плану.....	51
2.2.4 Знаходження оптимального рішення транспортної задачі методом потенціалів	53
2.2.5 Цифрова модель і розв'язання задачі в інформаційному середовищі Microsoft Excel	64
2.4 Впровадження інструменту Канбан у логістичні процеси	65
ВИСНОВОК	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	69
ДОДАТКИ.....	70

ВСТУП

У даній роботі об'єктом дослідження було обрано компанію ТОВ «Logistic Group», що виробляє кондитерські вироби такі як торти.

Аналіз компанії свідчить про значне зростання попиту на продукцію власних брендів порівняно з попередніми роками та вплив сезонності на ці показники

Крім того, за результатами дослідження наведено масштаби основних логістичних витрат підприємства та безсумнівні недоліки логістичної діяльності ТОВ «Logistic Group».

Актуальність обраної теми зумовлена тим, що підвищення ефективності діяльності організацій, розвиток конкурентоспроможності пов'язані з розробленням стратегії та впровадженням інструментів і методів ощадливого виробництва. За допомогою впровадження на підприємствах цих принципів може бути забезпечено якісно новий рівень ефективності виробництва та конкурентоспроможність продукції.

Метою даної роботи є розгляд теоретичних та практичних основ управління логістичними операціями на ТОВ «Logistic Group», вирішення проблем удосконалення організації транспортування та зниження собівартості транспортування продукції підприємства за рахунок оптимізації логістичних процесів.

1 ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Системний аналіз предметної області

1.1.1 Характеристика організації ТОВ «Logistic Group»

Товариство з обмеженою відповідальністю Компанія «Logistic Group» зареєстровано в м. Дніпро 13 січня 2010 року.

ТОВ «Logistic Group» виробництво у своїй діяльності керується чинним законодавством, затвердженим і зареєстрованим статутом, розробленим на їхній основі внутрішніми нормативними документами, ліцензуванням. А також згідно зі статутом, товариство є юридичною особою, володіє відокремленим майном на правах власності, має самостійний баланс, печатки з власним найменуванням.

Компанія є лідером регіонального ринку у сфері виробництва продуктів харчування.

Унікальна перевага «Logistic Group» - знання специфіки і величезний досвід роботи в сфері виробництва продуктів харчування.

ТОВ «Logistic Group» є сучасним, технологічним підприємством, зусилля якого спрямовані на задоволення попиту споживачів, орієнтоване на побудову довгострокових взаємовигідних відносин.

У своїй діяльності ТОВ «Logistic Group» практикує диференційований підхід до клієнтів, здатний задовольнити різноманітні запити і потреби конкретно кожного клієнта.

Цілі компанії:

- Бути лідером на ринку продуктів харчування.
- Бути найкращою компанією, що відповідає міжнародним бізнес стандартам.
- Орієнтуватися на інтереси споживача.
- Постійно модернізувати наявні ресурси.
- Підвищувати технічний та інтелектуальний потенціал.

Організація процесів управління ТОВ «Logistic Group» побудована на поєднанні принципів лінійно-функціональної побудови управлінських структур.

Лінійна структура управління ТОВ «Logistic Group»: нижча ланка (відділ, керівник, працівник) повністю підпорядковується вищому керівнику. Функціональна структура управління підприємства виражається в тому, що при кожному секторі створено спеціалізовані, за виконуваними функціями відділи.

ТОВ «Logistic Group» має лінійну структуру управління, на чолі якої стоїть начальник кондитерського виробництва. У його підпорядкуванні: заступник головний бухгалтер, супервайзер, менеджер з логістики, старший електромеханік, начальник зміни, комірники, співробітники служби контролю тощо.

Кожна ланка і підлеглі мають керівника, який наділений функціями управління цим підрозділом.

У підрозділах виконуються роботи відповідної спеціалізації, розробляються рішення, що передбачають ефективне управління ланкою.

Оскільки в лінійній структурі управління розпорядження передаються «згори донизу», а начальник нижньої ланки підпорядковується керівнику вищого рівня, формується певна ієрархічна система організації. У розглянутому прикладі превалює принцип єдиноначальності. Суть його полягає в тому, що працівники підрозділу виконують розпорядження тільки свого начальника.

Вищий орган управління не має права віддавати розпорядження виконавцям, минаючи їхнього безпосереднього начальника. Оскільки виявлялася б дискредитація обох керівників.

Заступник головного бухгалтера є відповідальним за веденням бухгалтерської документації, обліку та звітності. До обов'язків заступника головного бухгалтера входять: ведення бухгалтерського обліку, складання звітів, участь у проведенні економічного аналізу господарсько-фінансової діяльності підприємства з метою виявлення внутрішньофірмових резервів, надання необхідної інформації керівництву для прийняття управлінських

рішень. У підпорядкуванні заступника головного бухгалтера перебувають бухгалтери первинного обліку.

Таким чином, можна зробити висновок, що лінійна структура управління є логічно стрункою схемою, але недостатньо гнучкою, кожен керівник ланки має певну владу, але з лімітованими можливостями розв'язання функціональних проблем, які потребують спеціальних знань.

Негативними факторами лінійної організаційної структури є: високі вимоги до керівника і велике навантаження на нього, відсутність ланок із планування та підготовки рішень, скрутні зв'язки між ланками, що робить цю структуру повільною в ухваленні стратегічних рішень.

ТОВ «Logistic Group» має три склади. На початковому етапі розвитку підприємства його масштаби та обсяги виробництва були порівняно невеликими, що давало змогу ефективно управляти запасами за допомогою одного складу. Однак зі зростанням бізнесу виникла необхідність у збільшенні складських потужностей і зміні логістичних процесів. Перехід від одного складу до трьох дає змогу підприємству більш ефективно управляти ресурсами, підвищувати оперативність і якість обслуговування клієнтів, а також знижувати ризики і витрати.

ТОВ «Logistic Group»: вже багато років є учасником вітчизняного ринку десертів.

Цей успіх досягається завдяки постійному інноваційному розвитку компанії, вдосконаленню виробничих процесів, розробці нових видів продукції та використанню передових технологій

Асортимент ТОВ «Logistic Group»:

- Аліканте

Шоколадний бісквіт, вишневе конфі, прошарок молочного ганаша та вершковий мус із шоколадною крихтою.

- Брауні

Бісквітні коржі з додаванням какао та тертого 72%-го шоколаду з масляним кремом з какао. Верхній шар бісквіту просочений коньяком, покритий шоколадом і посипаний крупно-тертим шоколадом.

- Вишневий десерт

Бісквітні палички “Савоярді” в основі, вершки з вершковим сиром та білим шоколадом, прикрашені зверху вишнею, залитою желе.

- Зебра

Шари шоколадно-білого бісквіту, просочені сиропом з додаванням коньяку та прошаровані збитими вершками.

- Карамель

Білий бісквіт з карамельним просоченням, вершково-сметаний крем, поверхня покрита карамельною глазур'ю та прикрашена шоколадними елементами.

- Полуниця

Білий масляний бісквіт з вершковим кремом, зверху полуниця, залита желе.

- Наполеон класичний

Торт із листового тіста із заварним кремом на натуральному селянському маслі, зверху посипаний крихтою.

- Пломбір

Бісквіт з какао та додаванням мигдалю, молочно-вершковий крем, що нагадує морозиво пломбір.

- П'яна вишня

Масляний крем, перемішаний зі шматочками бісквіту та заспиртованою вишнею, між шарами шоколадного бісквіту, а поверхня заглазурована шоколадом.

- Фламінго

Шари здобного бісквіту з какао злегка просочені кріпленим сиропом і намазані шаром збитих вершків, рясно посипані вишнею, зверху торт прикрашений шоколадом.

1.1.2 Логістика та види логістичних процесів

Логістика - це сукупність різних видів діяльності з метою одержання з найменшими витратами необхідної кількості продукції у встановлений час і у встановленому місці. Це насамперед наука про управління, де виокремлюють суб'єкт управління, який ухвалює рішення, організовує їх виконання та контроль, підбиває підсумки, об'єкт управління.

Особливо важливу роль у логістиці займають логістичні процеси.

Логістичні процеси - упорядкована на осі часу послідовність логістичних операцій, спрямована на забезпечення споживача продукцією відповідного асортименту та якості в потрібній кількості в потрібний час і місце.

Види логістичних процесів.

- закупівлі - процес, що забезпечує надходження матеріального потоку в логістичну систему;
- склади - будівлі, споруди, пристрої тощо, де тимчасово розміщуються і зберігаються матеріальні запаси, перетворюються матеріальні потоки;
- запаси - запаси матеріалів, які дають змогу даній системі швидко реагувати на зміни попиту, забезпечують рівномірність роботи транспорту, а також допомагають вирішувати низку інших завдань у логістичних системах;
- транспорт - цей елемент, як і решта, сам є складною системою. Він включає в себе матеріально-технічну базу, за допомогою якої транспортуються вантажі, а також інфраструктуру, що забезпечує її функціонування;
- інформація - процес, який забезпечує інформаційний зв'язок між іншими елементами логістичної системи, контролює виконання логістичних операцій, а також вирішує низку інших завдань;
- збут - процес, який забезпечує вибуття матеріального потоку з логістичної

системи;

– обслуговування виробництва - підрозділ логістики, зайнятий обслуговуванням процесу виробництва.

Одним з основних методологічних принципів логістичної концепції є системний підхід.

Системний підхід - це методологія наукового пізнання, в основі якої лежить розгляд об'єктів як систем, що дає змогу побачити досліджуваний об'єкт як комплекс взаємопов'язаних підсистем, об'єднаних спільною метою, розкривши його інтеграційні властивості, а також внутрішні та зовнішні зв'язки. Системний підхід передбачає послідовний перехід від загального до часткового, коли в основі дослідження лежить конкретна кінцева мета, для досягнення якої створюється система. Згідно з методологією системного підходу кожна система є інтегрованим цілим навіть тоді, коли вона складається з окремих роз'єднаних підсистем. [1]

Межі логістичної системи визначаються циклом обігу засобів виробництва. Спочатку закупаються засоби виробництва, які у вигляді матеріального потоку надходять до логістичної системи, складуються, обробляються, знову зберігаються і потім ідуть з логістичної системи у споживання в обмін на фінансові ресурси, які надходять до логістичної системи.

Логістична система складається з трьох основних блоків виробничого процесу: постачання, виробництва, збуту.[2]

Постачання полягає в транспортуванні сировини і матеріалів, комплектуючих, запасних частин, оформленні договору з постачальниками, виборі постачальника, оформленні замовлення тощо.

Виробництво - безпосередня зміна фізико-хімічних і геометричних властивостей матеріалу з метою отримання кінцевої продукції. Логістичний підхід до виробництва полягає в мінімізації сумарних витрат на виробництво.

Збут продукції включає транспортування продукції, вибір виду транспорту, вибір перевізника (експедитора), укладення договору із замовниками (споживачами), сервісне після продажне обслуговування тощо.

Логістична система характеризується низкою властивостей:

- сумісністю елементів системи (забезпечується єдністю кінцевих цілей);
- взаємозв'язком елементів логістичної системи (у зовнішніх системах взаємозв'язок забезпечується укладенням договору між сторонами, у внутрішній логістичній системі взаємозв'язок забезпечується внутрішньовиробничими відносинами елементів);
- зв'язком між елементами системи, що мають певну впорядкованість, організацію;
- інтегральною властивістю (жоден елемент системи окремо не здатний виконати функції системи, тобто закупівлі, виробництво і збут з мінімізацією загальних витрат; кожен елемент системи може працювати і досягти кінцевої логістичної мети тільки в сукупності з іншими елементами).

Об'єкти логістичної системи:

- підприємства та організації, що мають рахунок у банку, власну печатку, самостійний баланс (промислові, будівельні, транспортні, постачальницько-збутові організації);

Усі об'єкти, що діють за межами логістичної системи, належать до зовнішнього середовища і входять до інших логістичних систем.

Досвід практичної діяльності вітчизняних підприємств і організацій показав значимість логістичних процесів і систем для підвищення конкурентоспроможності та здешевлення продукції. Перебудова бізнесу на основі логістичних процесів упорядкувала і збільшила швидкість руху систем на виробництві, своєчасне і точне ухвалення рішень пов'язали ланки підприємства в один цілий механізм. Підсумком логістичних процесів на підприємстві стала його стабільна робота і стійкість організації на ринку [3].

1.1.3 Аналіз системи управління логістичними процесами в ТОВ «Logistic Group»

Центральну роль в управлінні логістичними системами на підприємстві виконує менеджмент підприємства ТОВ «Logistic Group». Як показано на рисунку 1.1, менеджмент організації проводить усю роботу зі встановлення зв'язків із центральним офісом, магазинами, начальником зміни на виробництві та управляє контролем над завантаженням і доставкою готової продукції на підприємстві. Так само якість виробництва готової продукції, затримки в постачанні готової продукції на місця входять в обов'язок менеджменту компанії.

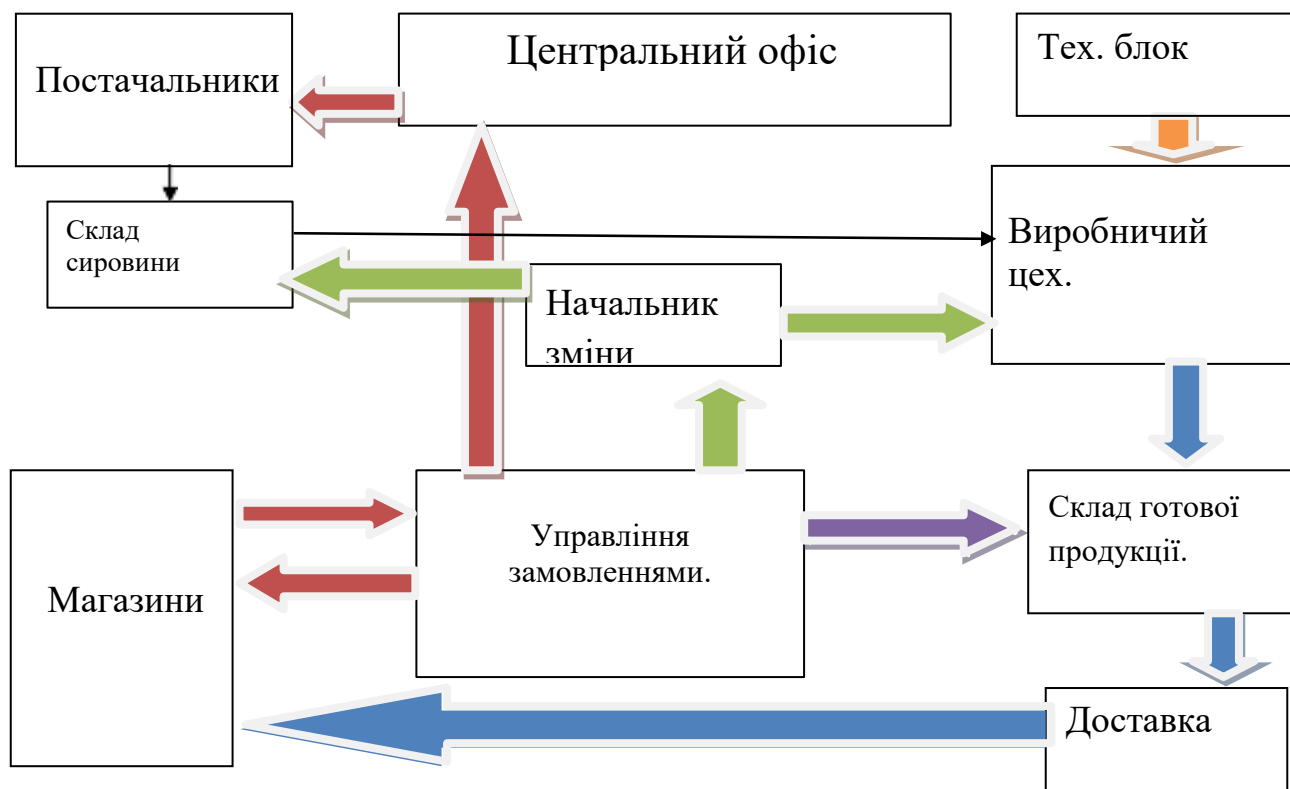


Рисунок 1. 1 Логістична система на підприємстві

1. Червоні стрілки - рух замовлень на продукцію та сировину.
2. Зелені стрілки - замовлення на виготовлення продукції та кількість сировини.
3. Бузкові стрілки - розподіл по машинах за кількістю готової продукції на одну машину.

4. Чорні стрілки - рух сировини.

5. Сині стрілки - рух готової продукції.

У менеджменті компанії важливий кожен фахівець, який виконує свою роботу згідно з посадовою інструкцією, до неї входять такі фахівці:

1. Начальник кондитерського виробництва.

2. Супервайзер

3. Менеджер з логістики

4. Начальник зміни

5. Технолог.

Обов'язки начальника кондитерського виробництва в логістичному процесі на підприємстві полягають у визначенні потреби та формуванні заявки на сировину, витратні матеріали, інвентар, спецодяг; організації зберігання сировини, витратних матеріалів, інвентарю, спецодягу; контролі випуску готової продукції, напівфабрикатів згідно з виробничим планом на день; контролі дотримання строків та умов зберігання заготовок, напівфабрикатів, готової продукції; формуванні бюджету підрозділу на місяць; контролі виконання плану продажу продукції; контролі за виконанням плану продажів продукції.

Обов'язки супервайзера в логістичному процесі на підприємстві полягають у щоденній перевірці замовлень продукції, отриманих від магазинів, на їхню коректність; розробка та актуалізація викладення продукції на вітрини; контроль якості продукції на вітринах; отримання інформації від працівників магазинів про якість продукції; відвідування магазинів конкурентів, фіксування цін на їхню продукцію.

Обов'язки менеджера з логістики в логістичному процесі на підприємстві полягають у контролі відвантаження готової продукції та сировини зі складу; розв'язання проблем, що виникають під час роботи з автотранспортом – не прибуття машини, порушення температурного режиму;

Обов'язки начальника зміни в логістичному процесі на підприємстві полягають у заповненні документації на надходження необхідної кількості сировини у виробничий цех на виготовлення готової продукції, замовлення компонентів зі складу сировини і переміщення сировини на виробництво. Отримання заявок від начальника кондитерського виробництва на виробництво потрібної кількості продукції та постачання її на упаковку. Складання виробничого завдання на зміну за кількістю і номенклатурою. Інформування керівника про можливу зупинку випуску продукції в разі виникнення обставин, що не дозволяють продовжити виробничі процеси. Інформувати керівника про виявлені порушення виробничого процесу. Заповнення санітарної документації, контроль над дотриманням термінів зберігання заготовок напівфабрикатів у холодильних камерах. Перевірка, правильності дотримання технологічного процесу виробництва продукції.

Обов'язки змінного технолога в логістичному процесі на підприємстві полягають у контролі якості сировини, що надходить на виробництва; проведенні відпрацювання нової сировини в кожній партії такої сировини, яка надійшла; проведенні планових відпрацювань сировини, використовуваної на виробництві; контролі мікроклімату (температура, вологість) у процесі зберігання сировини; контролі підготовки сировини до виробництва; контролі технологічних процесів приготування напівфабрикатів; контролі якості готової продукції.

У логістичній системі підприємства на складі сировини за приймання і зберігання товарів відповідають комірники і підсобні робітники.

Обов'язки комірників на підприємстві полягають у контролі залишків сировини, пакувальних і витратних матеріалів на складі, складанні та переданні. Заявки на замовлення сировини, пакувальних і витратних матеріалів безпосередньому керівникові; здійсненні звіряння кількості фактично поставленої сировини, інвентарю, обладнання, пакувальних та витратних матеріалів; розміщення сировини, що надійшла, інвентарю, обладнання, пакувальних і витратних матеріалів у складських приміщеннях з дотриманням

умов зберігання, правил товарного сусідства; при виявленні прихованих дефектів товару інформування змінного технолога-контролера; щоденний контроль за дотриманням температурних режимів у складських приміщеннях; щоденне опломбування наприкінці робочої зміни холодильних камер і складських приміщень.

Обов'язки підсобних робітників на підприємстві полягають у навантаженні та вивантаженні сировини, готової продукції, інвентарю, устаткування, пакувальних і витратних матеріалів; розміщення вантажів і товарів у складських приміщеннях; участь у проведенні інвентаризації; здійснення збирання замовлення сировини в супроводі комірника; здійснення транспортування, розміщення сировини до цехів та холодильних камер для зберігання в супроводі комірника; переміщення напівфабрикатів, внутрішньоцехової та оборотної тари між цехами.

Обов'язки кондитерів на підприємстві полягають у виготовленні тортів; отриманні сировини, напівфабрикатів, інвентарю, устаткування, пакувальних і витратних матеріалів; у разі виявлення прихованого браку сировини інформування і передача даних про дану сировину; дотриманні послідовності технологічних операцій, режимів приготування кондитерських виробів відповідно до закріпленого асортименту; зберігання продукції згідно з правилами товарного сусідства, встановленими термінами зберігання.

Обов'язки кухаря на підприємстві полягають у приготуванні обідів згідно з діючими технологічними картами, табелем харчування та стандартами якості; здійсненні підготовки сировини та напівфабрикатів для виготовлення продукції; дотриманні послідовності технологічних операцій, режимів приготування продукції; дотриманні строків та умов зберігання напівфабрикатів, готової продукції; дотриманні температурних режимів під час виготовлення продукції; одержанні сировини, інвентарю, устаткування та витратних матеріалів у комірника; участі у підготовці готових виробів; отриманні готових виробів.

Обов'язки комплектувальника на підприємстві полягають у комплектуванні готової продукції та перев'язуванні тортів, маркуванні готової продукції за маршрутами; перерахунок із водіями-експедиторами заявок, скомплектованих за кожним магазином за кількістю та номенклатурою; приймання готової продукції за кількістю та номенклатурою з цеху, ведення обліку руху продукції за складом готової продукції; зберігання готової продукції згідно з правилами санітарного сусідства, встановленими термінами зберігання; щомісячна участь у проведенні інвентаризації.

Наступний процес на підприємстві відповідає за справність і налагодження обладнання, освітлення приміщень. Прибирання виробничих приміщень, прання уніформи працівників на підприємстві, що дуже важливо в будь-якому виробництві.

У технічний блок цього підприємства входять такі фахівці: Головний електромеханік; електромеханіки.

Обов'язки головного електромеханіка на підприємстві полягають в організації планово-попереджувальних ремонтів і обслуговування устаткування підприємства: здійснення технічного нагляду за станом і ремонтом захисних пристроїв на механічному обладнанні; аналіз причин і тривалості простоїв, пов'язаних із технічним станом устаткування; організація своєчасного та якісного ремонту і технічного обслуговування устаткування.

До обов'язків електромеханіка входять забезпечення безперебійної роботи електрообладнання підприємства; правильна і раціональна експлуатація електрообладнання з метою зниження ймовірності нещасних випадків, аварійних ситуацій; монтаж електрообладнання та мереж живлення, що надійшли на об'єкти підприємства, монтаж електрообладнання і мереж живлення, які знову надійшли на об'єкти підприємства; усунення дрібних несправностей.

Кінцевий процес на підприємстві це доставка готової продукції до магазинів, і перевезення сировини зі складу до виробничих цехів за цей процес

відповідає транспортний блок. У транспортному блоці задіяні водії - експедитори.

Усю роботу організації поставлено в певні години, відповідно до ефективного використання трудового часу та задіяння фахівців організації, показано в таблиці 1.1, час руху сировини та упаковки, показано в таблиці 1.2.

Таблиця 1. 1

Використання робочого часу

Найменування виконуваних робіт	Час, ч.
1 Прихід заявки	12-00
2. Подання заявки начальнику зміни	12-10 – 12-20
3. Виконання заявки (цех)	13-00 - 20-00
4. Склад готової продукції (складання)	20-00 – 06-00
5. Завантаження за маршрутами	06-30 – 09-30
6. Доставка по магазинах (місто)	09-30 – 14-00
7. Доставка по магазинах (міжмісто)	06-30 – 18-00

Таблиця 1. 2

Постачання сировини

Найменування виконуваних робіт	Час ч.
1. Постачання на склад	12-00 – 19-00
2. Робота складу сировини та пакування	07-00 – 19-00
3. Переміщення зі складу в цех	07-00 – 09-00

З усього перерахованого вище можна зробити висновок, що логістична система на підприємстві ТОВ «Logistic Group» складена без умов впровадження інструментів ощадливого виробництва, розглянувши посадові обов'язки працівників підприємства, видно, що деякі обов'язки дублюються, що добре для якості продукції, але призводить до здороження ціни готової продукції. Велика кількість складських приміщень на підприємстві запобігає збіям у постачанні сировини на виробничі цехи, страхує від підвищення цін на сировину постачальниками, але веде до зайвих витрат на утримання приміщень і виплату

зарплати працівникам складу. Актуальність цієї логістичної системи на сьогоднішній день не велика, оскільки зараз кожен виробник веде боротьбу за кожного покупця і намагається, не втрачаючи якості продукції, знизити ціну на кінцевий продукт.

1.1.4 Аналіз ефективності функціонування логістичних процесів ТОВ «Logistic Group»

Критерії оцінки логістичної системи на підприємстві є насамперед показники прибутковості підприємства. Наступний важливий критерій це задоволення споживача, до нього входять якість готової продукції, ціна на продукцію, своєчасна доставка до споживача. Від задоволення покупця залежить кількість претензій на товар і рейтинг підприємства на ринку.

Інформація щодо роботи виробництва за місяць показана в таблиці 1.3. За цією таблицею в процентному співвідношенні видно, як працює логістична система загалом і кожен її процес.

Таблиця 1. 3

Показники ефективності виробництва за місяць

Стаття	план	факт
Виручка	880000	799737,9
Собівартість продажів продукції	240000	156342,7
Торговий прибуток	640000	443395,2
<i>Маржа торгового прибутку, %</i>	<i>71,50%</i>	<i>73,20%</i>
Валовий прибуток	640000	443395,2
<i>Маржа валового прибутку, %</i>	<i>71,50%</i>	<i>73,20%</i>
Операційні витрати	487109,7	418219,4
Витрати на персонал	215600	170890,9
ОСС	64680	51854,5
Товарні втрати	39600	62568,5
Комунальні послуги та ін. витрати з утримання будівель	24000	17363
Транспортні витрати	74500	68887
Витратні матеріали	61600	42728,1
Технічне обслуговування обладнання	1829,7	855,9
Адміністративні витрати	4400	4374,4
Фінансові витрати і страхування	900	820,2

Як показано в таблиці 1.3, на заробітну плату працівникам підприємства в січні 2023 року було виплачено 170890,9 грн., що становило 38% від валового прибутку, різниця заробітної плати факту і плану становила 21%.

$$P.\text{пер} = P.\text{пер.план} - P.\text{пер.факт}, (1.1)$$

де P. пер. - витрати на персонал, грн.;

P. пер.план - витрати на персонал план, грн.;

P.пер.факт- витрати на персонал факт, грн..

$$P.\text{пер} = 215600 - 170890,9 = 44709,1 (21\%)$$

Чистий виторг від підприємства на січень 2023 року склав 16,5 %, такий показник дуже малий і потребує поліпшення системи.

$$Ч.п = 25175,8 / (152890,3 / 100) = 16,5 \%, (1.2)$$

де Ч.п. - чистий прибуток, грн.

За рахунок не точного прогнозування з продажу готової продукції за місяць, товарні втрати склали 62568,5 грн, що склало 14,9 % від операційних витрат, що на 7 % більше, ніж заплановано.

$$T.V.\text{ план} = 39600 / (487109,7 / 100) = 8\%, (1.3)$$

де T.V. план - товарні втрати план, грн.

$$T.V.\text{ факт} = 62568,5 / (418219,4 / 100) = 15\%, (1.4)$$

де T.V. факт - товарні втрати факт, грн.

$$\text{Ефективність} = 15\% - 8\% = 7\%. (1.5)$$

$$EФ\text{ під.} = \text{Вир.під факт.} / (\text{Вир.під.план} / 100), (1.6)$$

де EФ під. - ефективність підприємства, %;

Вир.під. - виручка підприємства факт, грн;

Вир.під.план - виручка підприємства план, грн.

$$EФ\text{ під} = 599737,9 / (880000 / 100) = 68 \%, (1.7)$$

Як показано в таблиці 1.6, план на січень 2023 року виторг від продажів повинен скласти 880000 грн, а склав 799737,9 грн, що становить 90,8 % від плану організації.

Найбільші витрати пов'язані з транспортуванням готової продукції, вони становлять 15,8% від загальної суми логістичних витрат, ці витрати пов'язані з

високими цінами на пальне та дальністю побудованих маршрутів, а також з високими витратами на обслуговування транспортних засобів та дотримання умов для правильного транспортування готової продукції.



Рисунок 1. 2 Розподіл логістичних витрат

Для того, щоб збільшити прибуток підприємства, потрібно провести оптимізацію транспортних витрат.

1.1.5 Аналіз автопарка на ТОВ «Logistic Group»

ТОВ «Logistic Group» має власний автопарк з вантажівками марки Mercedes-Benz Sprinter, закупленими в 2014.

Mercedes-Benz Sprinter - сімейство люксових малотоннажних автомобілів компанії Mercedes-Benz. Існує чотири варіанти довжини кузова (три варіанти колісної бази) і три варіанти висоти даху, має двосхилі або односхилі колеса задньої осі. Вантажопідйомність шасі до 5000 кг.

Ці машини це фургони-рефрижератори на шасі вантажних, легких комерційних машин і легкових автофургонів. Вони схожі на промтоварний фургон, тільки з кліматичною або охолоджувальною установкою. Режим

охолодження: - стабільна температура до - 20 °С за зовнішньої температури до +30 °С (86 F). Автомобілі мають характеристики, які представлені в таблиці 1.4:

Таблиця 1. 4

Вантажопідйомність, кг	5000
Розміри вантажного відсіку (ДхШхВ), см	460x165x160
Об'єм вантажу, м³	12
Привід	Задній
Об'єм двигуна, л	3
Потужність двигуна, к.с.	188
Трансмісія	Автомат
Тип палива	Дизель
Витрати палива, л/100км (змішаний тип)	11
Клімат	Кондиціонер
Кількість місць (з водійським)	2
Рік випуску	2014

Проаналізувавши підприємства зі схожим автопарком, можна сказати, що маючи всі машини однакової вантажопідйомності, підприємство піддає себе непотрібним витратам. Тому цей автопарк є не вигідним і його потрібно поміняти [4].

1.1.6 Інструменти ощадливого виробництва

Ощадливе виробництво - концепція управління підприємством, заснована на постійному прагненні до усунення всіх видів втрат. Ощадливе виробництво передбачає залучення до процесу оптимізації бізнесу кожного співробітника і максимальну орієнтацію на споживача. [5]

Відповідно до концепції ощадливого виробництва вся діяльність підприємства поділяється на операції та процеси, що додають цінність для споживача (за які споживач сплачує), та операції і процеси, що не додають цінності для споживача і які споживають ресурси підприємства. Завданням ощадливого виробництва є планомірне скорочення процесів і операцій, що не додають цінності, досягаючи при цьому вивільнення ресурсів.

Ощадливе виробництво здатне організувати виробництво так, що продуктивність праці впродовж року в компанії, яка застосувала її, зростає на 20-40%, окрім цього поліпшуються інші показники. Тому актуальність розвитку стратегії ощадливого виробництва, є сучасною на даний час.

Ощадливе виробництво являє собою широку управлінську концепцію, спрямовану на усунення втрат та оптимізацію бізнес-процесів: від етапу розроблення продукту, виробництва і до взаємодії з постачальниками та клієнтами.

Суть ощадливого виробництва полягає не в скороченні витрат, що згодом могло б призвести до зниження якості продукції, а, навпаки, до скорочення втрат, які є на кожному робочому місці.

Існує безліч видів втрат. Ось кілька прикладів непродуктивних втрат через:

- перевиробництва - випуск товарів у більшій кількості, ніж це потрібно споживачеві. Це ставить під сумнів принцип оптимального розміру замовлення, що ґрунтується на фіксованих витратах на замовлення, фіксованих термінів переналагодження, і, відповідно, на необхідності розподілу цих фіксованих витрат на великі партії товарів;

- запасів - будь-які матеріали (сировина, нематеріальне виробництво, готові вироби). Усе, що зберігається як запас, може приховувати проблеми;

- очікування - затримки і простої з вини машин або людей. Неefективне використання часу тягне за собою витрати на заробітну плату і всі фіксовані накладні витрати тощо;

- непотрібні переміщення співробітників - нераціональна організація робочих місць - через незручне розміщення верстатів, обладнання; працівники змушені робити зайві рухи, щоб знайти відповідне оснащення, інструмент тощо. Рішення виділити кожному співробітнику свою тумбу для інструменту. Завдяки цьому вдалося скоротити всі переміщення, забезпечивши більш зручне і раціональне робоче місце - з підвищенням продуктивності праці наших співробітників на 15%;

- необґрунтоване транспортування матеріалів - входять переміщення матеріалів, які не забезпечують додаткову цінність для продукту. Можливі причини втрат на підприємстві: значна відстань між цехами, серед яких здійснюється транспортування продукції; неefективне планування своїх приміщень. Для зниження часових втрат зварювальний пост було розташовано поруч із ділянкою електровізка та механічної обробки;

- дефекти та їх усунення - спричинені переробкою своєї продукції, ліквідуючи дефекти, що виникли під час роботи. Було внесено відповідні зміни на виробництві, з використанням методів контролю якості на стадії виготовлення. Якщо були неполадки, спрацьовувало сповіщення, і зупинявся весь процес - для негайного усунення проблеми. Такий підхід дозволив знизити випадки бракованої продукції приблизно на 80%.

Особливо слід відзначити інструменти та методи ощадливого виробництва, які воно включає в себе:

- картування потоку створення цінності;
- потокове виробництво, що витягує;
- безперервне вдосконалення;
- система 5С;
- система SMED;
- система TPM;

- візуалізація;
- картки Канбан;
- система Just-in-time.

Картування потоку створення цінності - найпоширеніший метод виявлення втрат у потоці виготовлення певного продукту.

Потік створення цінності описує всі дії (як ті, що додають, так і ті, що не додають цінність), які потрібні для того, щоб виробити продукт. Основною ідеєю є візуалізація робіт, які перетворюють продукт так, що споживачі готові платити за це (час додавання цінності). Усе, що не входить у цей час, є джерелом втрат.

Потокове виробництво, що витягує, - це така організація виробництва, за якої наступні операції повідомляють про свої потреби попереднім операціям. Правило будь-якої операції витягувального виробництва таке:

- виконувати тільки ті замовлення, які надходять безпосередньо від наступної операції;
- якщо для наступної операції не потрібно нічого робити, слід зупинити роботу;

Таким чином, кожна наступна операція "витягує" продукцію з попередньої.

Ключова концепція підходу Кайдзен - усе має піддаватися постійному перегляду. Ніщо не є статичним, рівновага відсутня. Зміни зводяться до невеликих модифікацій, але постійно. Саме це дає змогу гарантувати постійний прогрес.

Головна мета створення 5С - створення ясної, зрозумілої організації довкілля - середовища, де визначено місце для кожної речі, і всі вони перебувають на своєму місці.

5С складається з п'яти взаємопов'язаних кроків:

- 1 крок - сортування;
- 2 крок - дотримання порядку (раціональне розташування);
- 3 крок - утримання в чистоті;
- 4 крок - стандартизація;

– 5 крок - вдосконалення.

Система Just-in-time - це логістична концепція, де синхронізація процесів доставки матеріальних ресурсів і готової продукції здійснюється в необхідних кількостях точно на той час, коли наступні ланки логістичного ланцюга їх потребують для виконання замовлення, зробленого споживачем [6].

Just-in-time- концепція побудови логістичної системи або організація логістичного процесу в окремій функціональній галузі, що забезпечує доставку ресурсів, незавершеного виробництва, готової продукції в потрібній кількості в потрібний час і точно до призначеного терміну. Застосування концепції "саме вчасно" дає змогу знизити запаси, скоротити виробничі та складські площі, підвищити якість виробу, скоротити терміни виробництва, ефективно використовувати обладнання, зменшити кількість невиробничих операцій.

Сутність системи Just-in-time зводиться до відмови від виробництва продукції великими партіями. Натомість цього створюється безперервно-потокове предметне виробництво. При цьому постачання виробничих цехів і дільниць здійснюється настільки малими партіями, що по суті перетворюється на поштучне. Ця система розглядає наявність товарно-матеріальних запасів як факт, що ускладнює вирішення багатьох проблем. Вимагаючи значних витрат на утримання, великі матеріальні запаси негативно позначаються на нестачі фінансових ресурсів, маневреності та конкурентоспроможності підприємства. З практичної точки зору головною метою системи Just-in-time є знищення будь-яких зайвих витрат та ефективне використання виробничого потенціалу підприємства [6].

Основні положення філософії концепції "саме вчасно":

– будь-які залишки матеріально-виробничих запасів - зло, оскільки вони практично не приносять користі, потребують додаткових витрат на їх складування та зберігання;

– поломки і простої виробничого обладнання повинні зводитися до мінімуму;

– виробництво має бути зупинено в разі виявлення браку або відсутності комплектуючих.

Таблиця 1. 5

Відмінні риси концепції Just-in-time від традиційного підходу

Фактор	Концепція -Just-in-time	Традиційний підхід
Запаси	Включаються в пасиви. Усі зусилля мають бути спрямовані на їх усунення. Страхові запаси відсутні	Включаються в активи. Більша частина запасів - страхові.
Розмір запасу, обсяг закупівель матеріальних ресурсів	Розмір запасу показує тільки поточну потребу. Мінімальний обсяг матеріальних ресурсів у постачанні визначається як для виробника, так і для постачальника.	Розмір запасу оптимальний. Не враховується зміна розміру запасу в разі зміни витрат у збуті при скороченні випуску продукції та поставок матеріальних ресурсів.
Збут	Має пріоритетне значення. Випуск невеликих партій готової продукції.	Не має пріоритетного значення. Максимізація обсягу випуску готової продукції.
Запаси незавершеного виробництва	Фіксуються й оперативно усуваються.	Акумулюються між структурними підрозділами, будучи основою забезпечення безперервності виробничо-технологічних циклів.
Постачальники	Розглядаються як партнери з виробництва. Відносини тільки з надійними постачальниками. Невелике число надійних постачальників.	Тривалі надійні відносини з постачальниками. Велика кількість постачальників, між якими штучно підтримується конкуренція.
Якість продукції	Відсутність дефектів продукції. Ідеологія загального управління якістю.	Допускається невелика кількість дефектів. Контроль якості готової продукції вибіркового.
Підтримка технологічним обладнанням	Має превентивний характер для забезпечення безперервності та своєчасності доставки матеріальних ресурсів і скорочення запасів незавершеного виробництва.	У міру необхідності. Збої не виникають, поки запаси підтримуються на необхідному рівні.
Тривалість виробничого циклу	Мінімально можлива. З метою зростання швидкості реакції постачальницьких каналів на зміни попиту.	Тривала, зменшують тільки при скороченні страхових запасів

В Україні на підприємствах тільки починає проявлятися інтерес до можливостей підвищення конкурентоспроможності та модернізації виробництва на основі ощадливого виробництва.

Однак не на всіх підприємствах в Україні, де починали застосовувати ощадливе виробництво, результати були відмінними. Виділимо можливі причини та стримувальні фактори під час реалізації концепції ощадливого виробництва на українських підприємствах:

- брак інформаційної бази (семінарів, конференцій, книг);
- відсутність українських фахівців, які знають зсередини особливості цієї системи і здатні очолити процеси модернізації виробничих систем у компаніях;
- небажання керівника разом із працівниками брати участь у впровадженні;
- відсутність попередньої оцінки доцільності впровадження;
- відсутність розуміння проходження обов'язкових етапів впровадження;
- використання застарілих, а точніше, незастосування сучасних технологій, таких, як штрихове кодування, режим реального часу, хвильова обробка, спеціалізовані автоматизовані системи обробки товарів;
- слабка логістична інфраструктура на рівні підприємств, регіонів і країни загалом;
- відсутність структуризації, за якої певні відділи несуть сувору відповідальність за виконання вузького кола завдань або окремих процесів;
- відсутність раціонального управління ланцюжками поставок, нерозвинена транспортна мережа, відсутність знань у сфері підвищення ефективності управління складами і складськими комплексами.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що на українських підприємствах ощадливе виробництво не отримує належної уваги. Хоча, деякі інструменти ощадливого виробництва вже зустрічаються на українських підприємствах, такі, як Кайдзен - постійне планове поліпшення і загальне залучення (премії, тренінги, кар'єрне зростання). Візуалізація - інструкції в наочних позначеннях, малюнках, схемах. Загальне продуктивне обслуговування

обладнання, оскільки робота і обслуговування нероздільні, обслуговуванням займаються всі від операторів і ремонтників до керівників.

1.1.7 Застосування інструментів ощадливого виробництва

Сьогодні логістикою змушені займатися практично всі підприємства країни, що працюють у сфері виробництва товарів, торгівлі, перевезень, складського бізнесу, обслуговування населення, надання туристичних, інформаційних, різноманітних посередницьких послуг (експедиторських, агентських). На промислових і торговельних підприємствах питаннями логістики опікуються спеціальні відділи (підрозділи) логістики (внутрішньої, зовнішньої), служби складів матеріального постачання і готової продукції, складів довготривалого та тимчасового зберігання товарів і вантажів, транспортні й експедиторські відділи, служби приймання замовлень, відділи продажів і доставки товарів, інформаційні служби.

У сферу логістики входять виробництво сировини, матеріалів, напівфабрикатів, їхнє зберігання, продаж, транспортування на підприємство, що виробляє готову продукцію, виробництво і продаж готового продукту на тих чи інших умовах поставки, розподіл і доставка його кінцевому споживачеві.

Логістика виробництва охоплює все виробництво підприємства, відділи планування та управління, відділи матеріального постачання і збуту. Фізичний рух товарів починається зі складу комплектуючих вузлів і матеріалів і закінчується складом готової продукції. За даними відділу продажів і маркетингу відділ планування та управління формує виробничу програму на певний період (декаду, місяць, квартал). Виробнича програма містить планові показники за асортиментом - кількість продукції, що випускається. Ця програма далі деталізується у вигляді планів - графіків випуску всіма виробничими підрозділами, що працюють на виробничу програму.

За виробничою програмою розраховується потреба у вихідних матеріалах, сировині, комплектуючих виробках для випуску всієї запланованої продукції і формується план матеріально-технічного забезпечення. Завдання відділу полягає в забезпеченні надходження на склад комплектувальних вузлів і матеріалів усіх товарів у зазначені в плані терміни.

Логістика розглядає всі стадії виробництва, транспортування, розподілу і постачання як єдиний процес руху, як єдину систему матеріальних потоків і пов'язаних з ними інформаційних потоків.

Перші системи управління виробництвом, побудовані на логістичних принципах, були розроблені японським автомобілебудівним концерном -"Toyota". Запропонована система отримала назву "Канбан".

Сьогодні "Toyota" є одним з лідерів ринку легкових автомобілів, у зв'язку з чим дедалі більше компаній виявляють інтерес до їхньої виробничої системи, оскільки вона відома своїм "безвідходним" виробництвом, тобто містить у собі високу продуктивність за мінімальних втрат. Але все ж в Україні відсоток компаній, які намагаються впровадити принципи "Toyota" поки що занадто малий, а ще менше фірм, які з цим завданням успішно впоралися. На думку керівників підприємств, причина цього криється в складності ощадливого виробництва і неможливості його реалізації.

Насиченість ринку, жорстка конкуренція вимагає від промислових фірм безперервно розширювати асортимент продукції, переходити в ідеалі на систему виробництва на замовлення клієнта. Система "Канбан" орієнтує всі ланки виробничого процесу, всіх учасників виробництва тільки тієї продукції, яка споживається ринком. Мінімізуються ризики і витрати, пов'язані з непродажем виробів. Мінімізуються заводські складські площі та обсяг незавершеного виробництва.

Виробничий процес розбивається на низку послідовних стадій. Тут відлік проводиться у напрямку від готового виробу. На першій стадії відбувається складання готових автомобілів на головному складальному конвеєрі (ГСК), на другій стадії виробництва виробляють вузли (коробки передач, осі, кузов тощо), які поставляють на головний складальний конвеєр. Третя стадія охоплює операції механічного оброблення деталей (фрезерування, токарне оброблення тощо) - виробництво елементів, з яких збираються вузли. Четверта стадія містить технологічні операції з виробництва заготовок (кування, штампування), з яких шляхом механічної обробки роблять деталі. І, нарешті, п'ята стадія

містить операції з виробництва матеріалів (сталі, пластмас тощо), з яких роблять заготовки.

Відділ збуту (продажів) компанії контролює всю розподільчу мережу, яка включає дистриб'юторські фірми, що здійснюють продаж у великих регіонах, і пов'язані з ними дилерські компанії, які продають техніку безпосередньо покупцеві. Кожен з учасників логістичної системи (ЛС) прогнозує очікувані продажі на певний період - рік, квартал, місяць, декаду. Ці дані передаються у відділ продажів компанії по ланцюгу, який далі повідомляє їх на ГСК і далі постачальникам, інформуючи про очікувані обсяги закупівель. Ці дані лише попередні; вони потрібні для підготовки виробничого ланцюга до випуску готової продукції.

На сьогодні дедалі більша кількість підприємств стає на ощадливий шлях розвитку, який дає змогу за допомогою організаційних заходів підвищити продуктивність праці від 20 до 40% протягом року. Скориставшись лише одним з інструментів ощадливого виробництва - змінивши потоки переміщення виробів, за два роки можна збільшити продуктивність праці на 30%.

Ті компанії, які застосовують ощадливе виробництво не менше семи років, пишаються своїми результатами, не роблячи з них жодного секрету:

- продуктивність праці щорічно зростає на 20-25 %;
- час переналагодження обладнання зменшився на 100 %;
- час виробничого циклу скоротився на 30 %;
- рівень задоволеності споживача підвищився на 100 %;
- обсяги незавершеного виробництва і запасів товарно-матеріальних цінностей щорічно скорочуються на 10-15 %;
- оборотність грошових коштів збільшується щорічно на 115 %;
- розроблена і підтримується хороша система мотивації персоналу;
- беруть участь у впровадженні Бережливого виробництва у своїх постачальників

Можна навести безліч прикладів застосування інструментів ощадливого виробництва в різних галузях. У функціональній стратегії управління якістю у АТ «Укрзалізниця» пріоритетними були визначені завдання розроблення та впровадження корпоративної інтегрованої системи менеджменту якості. На розв'язання означених проблем націлені інноваційні управлінські технології, об'єднані під загальним поняттям "Ощадливе виробництво".

Таблиця 1. 6

**Приклади застосування інструментів ощадливого виробництва в АТ
«Укрзалізниця»**

Принцип виробничої системи	Приклади щодо рухомого складу	Приклади з колійного господарства	Приклади з управління рухом
Вирівнювання завантаження	Ритмічне подання локомотива на ремонт	Планування "вікон" з урахуванням мінімізації пересилання шляхових машин	Наскрізне планування локомотивів і бригад на точку відправлення
Вибудовування потоку	Виняток аварій	Узгоджені роботи господарств в одне "вікно", роботи в створі	Управління струменями плану формування, маршрутні відправлення
Автономність	Автоматична робота випробувальних станцій без присутності людини	Автоматичне коригування перегінних часів ходу і режимних карт ведення поїздів у разі встановлення обмежень	Альтернативи плану формування передбачені в техпроцесі станції
Впровадження 5С	Підтримання порядку на робочих місцях	Підтримання порядку на робочих місцях	Ергономіка робочого місця диспетчера
Візуальний контроль	Дошки завдань і ярлики	Мережеві графіки виконання ремонту	Електронні табло та кольорова індикація

АТ «Укрзалізниця», використовуючи концепцію ощадливого виробництва, отримало позитивні результати. Можна з упевненістю заявити, що досягнуті результати свідчать про ефективність впровадження інструментів ощадливого виробництва на залізничному транспорті та значний потенціал працівників компанії, залучених до процесів постійного поліпшення технології виконання робіт.

Ще один приклад компанії, що використовує концепцію ощадливого виробництва, це компанія Makeup.

У роботі компанії Makeup використовуються принципи лін-менеджменту, в основі якого - прагнення без затримок випускати в потрібних кількостях тільки затребувані товари, не накопичуючи запасів на складах. Під час комплектування замовлень намагаються уникати дій, що не додають цінності продукту. Це, наприклад, зберігання непотрібних запасів, зайва обробка і тривалі переміщення продукції всередині складу. Наведемо кілька ідей, які вдалося реалізувати. Описані дії дали змогу знизити ротацію персоналу, поліпшити ергономіку робочого процесу, підвищити його безпеку. Продуктивність на всіх ділянках обробки замовлень зросла на 20% за шість-сім місяців. [7]

- Ваговий контроль. Один зі способів ліквідації втрат у логістичному центрі - ваговий контроль готових замовлень. Він дає змогу знайти помилки до того, як замовлення потрапить до клієнта, що знижує кількість претензій. Так, якщо фактична вага коробки із замовленням не збігається з розрахунковою, то її не заклеюють, а відправляють на перевірку і, за необхідності, на додаткове складання.

- Конвеєрна система для використаної тари. Конвеєр прокладений через усі ділянки складання й автоматично доставляє використаний гофрокартон на ділянку пресування, де горизонтальний прес майже без участі оператора видає стос пресованого картону. Це мінімізує роботи, пов'язані з обігом використаної тари, та зменшує обсяг паперового пилу. У результаті знижується рівень забруднення довкілля, обладнання рідше виходить з ладу.

- Відбір за світлом. По конвеєру площею 9,2 тис. кв. м рухаються коробки, а співробітники на складальних станціях вкладають у них продукцію за допомогою системи Pick to Light. З її впровадженням продуктивність збору замовлень у центрі на 50% перевищила продуктивність в інших центрах обробки замовлень. Крім того, лінію складання побудовано за принципом ABC, що дає змогу мінімізувати кількість станцій складання й оптимізувати витрати на одиницю продукції: зона А - найшвидша зона складання, тут розміщують близько 20% товарів, які потрапляють у понад 80% замовлень; зона В - сюди надходить приблизно 30% товару (або кожна десята коробка); зона С - сюди потрапляє понад 1,5 тис. найменувань із найменшою популярністю (або кожне 50-те замовлення). Технологія Pick to Light використовується для збору замовлень на робочій станції. На табло, розміщеному під коміркою відбору, загоряється світловий сигнал. Комірник відбирає з цього осередку продукцію і кладе її в коробку із замовленням, яка рухається конвеєрною лінією. Потім натискає на табло кнопку, підтверджуючи виконання цієї операції.

- Візуалізація. Більшість елементів візуалізації (розмітки, різноманітні сигнали) побудовані так, що навіть новий співробітник без зусиль зрозуміє їхній сенс. Так, підлогова розмітка допомагає підтримувати порядок біля робочих зон конвеєра, вона показує, де місце тих чи інших матеріалів, а де їх ставити заборонено. За допомогою допоміжних знаків (фотографій, трафаретних зображень) можна точно вказати, як повинно стояти обладнання або який тип матеріалу має бути на конкретному місці. Це скорочує час на пошук обладнання та матеріалів, спрощує підготовку новачків. За допомогою переносних табличок можна керувати потоками продукції на обмеженому просторі, що буває дуже корисно на невеликих складах.

- Ортопедичний килим. Комплектувальники, які складають штучні товари в коробки, постійно перебувають у русі, і до кінця зміни їхня продуктивність падає. Ми обладнали такі робочі місця спеціальним ортопедичним килимом. Завдяки м'якій, але пружній структурі він знижує навантаження на ноги і спину людини під час переміщення по станції, подібно до кросівок для бігу. А

протиковзка поверхня запобігає ризику травм і допомагає підтримувати швидкість збирання.

- Принцип усе під рукою. Що популярніший товар, то ближче до комплектувальника він розташований. Продукцію з високою оборотністю ми кладемо на відстані витягнутої руки, товари, які замовляють рідше, знаходяться далі. Для скорочення часу на відбір з верхніх осередків на робочих місцях встановлено металеві підніжки, які дають змогу співробітникам без зусиль дотягнутися навіть до верхньої полиці.

- Монітор продуктивності праці. Він у режимі реального часу показує швидкість збирання замовлень усієї лінії та окремих станцій. Так ми можемо оцінити роботу кожного збирача. Крім того, така система завжди дає змогу виявити помилки на кожній станції.

- Бали за ідею. Найважливіше - залучити робітників до процесу поліпшення. Саме від них мають надходити ідеї щодо ліквідації втрат. Намагаються досягти мети завдяки впровадженню філософії ощадливого виробництва у свідомість співробітників, навчанню керівників і фахівців алгоритму покрокових змін за принципом PDCA (англ., Plan-Do-Check-Act - планування - дія - перевірка - коригування).

Таким чином, можна позначити такі висновки, що це виробництво звело до мінімуму свої втрати, впровадивши інструменти ощадливого виробництва і вивірені логістичні процеси. Використовуючи насамперед зв'язок із клієнтом, у такий спосіб скоротило обсяг партій до мінімального економічно вигідного, що призвело до позбавлення від зайвих складських приміщень, де міститься не продана готова продукція.

1.1.8 Шляхи оптимізації транспортної діяльності ТОВ «Logistic Group»

Одне з найважливіших завдань будь-якої компанії, що займається доставкою в густонаселені пункти, це зниження витрат.

Можливим вирішенням цієї проблеми є скорочення кількості автомобілів і, таким чином, зменшення витрати палива.

Виникають такі питання, як: скільки машин потрібно, щоб перевезти конкретну кількість товару до адреси доставки.

Одна з найважливіших функцій, яку повинен виконувати відділ логістики ТОВ «Logistic Group» для зниження витрат на транспортування готової продукції до покупців це мінімізація витрат на перевезення.

Транспортна задача полягає у пошуку найбільш вигідного плану перевезення однорідного продукту з пунктів виробництва (чи зберігання) до пунктів споживання, тобто від постачальників до споживачів, ефективність якого будемо оцінювати за критерієм найменшої вартості перевезення.

Серед усіх етапів планування транспортних перевезень етапи «моделювання процесу перевезень» і «розв'язання транспортної задачі» залишаються центральними. Пояснюється це тим, що моделювання процесу перевезення з подальшим визначенням оптимального розподілу наявних обсягів вантажу в постачальників між одержувачами дає змогу не тільки повною мірою забезпечити їхні вимоги, а й зробити це з мінімальними витратами. Інакше кажучи, такий підхід дає змогу «на кінчику пера» отримати прибуток, який втрачається за евристичного або інтуїтивного планування перевезень.

Існує кілька різновидів транспортної задачі, які відрізняються один від одного математичною моделлю. Відмінності можуть стосуватися як виду цільової функції, так і виду обмежень або того й іншого одночасно. Але в будь-якому разі транспортна задача залишається окремим випадком загальної задачі лінійного програмування. [8]

Усі транспортні задачі за змістом і за особливостями математичної моделі можна поділити на дев'ять класів:

- перевезення вантажів;

- розподіл транспортних засобів;
- вибір засобів доставки вантажу;
- розстановка вантажного флоту;
- розвезення вантажів;
- закриття підприємства;
- двоетапне перевезення вантажів;
- розіграш кубка;
- задача комівояжера.

Найвідоміші транспортні задачі пов'язані з перевезенням вантажів. Невипадково до цього класу задач належить класична транспортна задача. Цей клас не тільки найбільш відомий, а й найбільш представницький. Він включає чотири типи задач:

- з безперервною закритою математичною моделлю;
- з безперервною відкритою математичною моделлю;
- з дискретною закритою математичною моделлю;
- з дискретною відкритою математичною моделлю.

Другий клас пов'язаний із вибором засобів доставки вантажу і включає два типи задач:

- з простою математичною моделлю;
- з фіксованими доплатами.

Наступний клас транспортних задач пов'язаний із двоетапним перевезенням вантажу. Він включає три типи задач:

- з простою математичною моделлю;
- з багатовимірною математичною моделлю;
- із багатовимірною математичною моделлю за запитами.

1.2 Постановка задачі

ТОВ «Logistic Group» здійснює доставку виключно з пункту відправлення в місто, де знаходиться пункт замовника, вибираючи одну (або декілька) вантажівок в залежності від загальної кількості замовлення.

У нашому випадку це 8 маршрутів, 13 автомобілів з частково завантаженими кузовами на деяких маршрутах і величезні витрати на паливе та зарплату водіям.

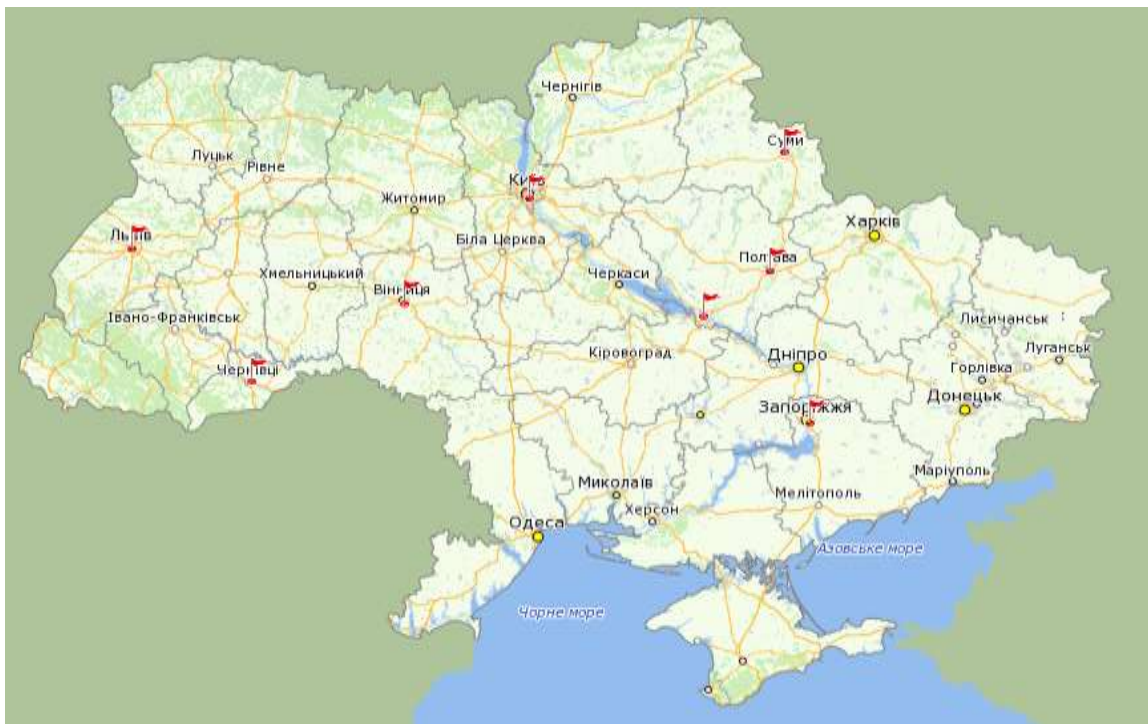


Рисунок 1. 3 Схема транспортування продукції

Основними задачами кваліфікаційної роботи є:

- Оптимізація процесу транспортування продукції ТОВ «Logistic Group» до споживачів.
- Застосування інструментів ощадливого виробництва при виконанні логістичних операцій існуючої системи.

Висновки до розділу

На підставі проведених досліджень можна стверджувати, що ТОВ «Logistic Group» стрімко розвивається і підтримує ідею постійного вдосконалення системи управління виробництвом.

Витрати на логістику зросли порівняно з минулим роком. Значною мірою це пов'язано зі зростанням вартості палива та збитками підприємства через недостатнє постачання товарів до торгових точок

Аналіз діяльності ТОВ «Logistic Group» показує, що на підприємстві існують проблеми з ефективністю логістики через високі витрати на виконання планових поставок, через необґрунтовану побудову маршрутів транспортування продукції та неповне завантаження товару на транспорт. Виходячи з виявлених недоліків діючої системи, з'явилися передумови для оптимізації вищезазначеної групи завдань.

Отже, підбиваючи підсумки, оцінки роботи логістичних процесів на підприємстві ТОВ «Logistic Group» бачимо, що інструменти ощадливого виробництва на підприємстві не використовуються. Підприємство працює на збільшення прибутку шляхом лише збільшення продажів готової продукції, не використовуючи при цьому концепцію ощадливого виробництва. Підприємство морально застаріло і в умовах сучасного ринку та підвищеної конкуренції працює не рентабельно.

2 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Дослідження об'єкту з метою отримання вхідних даних для моделювання процесу транспортування

2.1.1 Дослідження попиту на продукцію ТОВ «Logistic Group»

Попит - це залежність між ціною і кількістю товару, яку споживачі можуть і хочуть купити за строго визначеною вартістю в конкретний проміжок часу. На попит насамперед впливає ціна. Однак, є й інші чинники:

- Доходи клієнтів. У більшості випадків, зі збільшенням доходу покупців зростає і попит на продукцію.
- Товари-замінники.
- Кількість споживачів. Зростання потенційних покупців на ринку призводить і до збільшення попиту.

Таблиця 2. 1

Фактичні об'єми продажів компанії за останні 3 роки.

Рік Місяць	Об'єм продажів, шт.		
	2021	2022	2023
Січень	1982807	1924901	1899611
Лютий	1928178	1869818	1898994
Березень	1899498	1954126	1995387
Квітень	1908131	1903948	1986631
Травень	1948736	1913669	1904533
Червень	1906483	1875925	1980811
Липень	1896680	1860310	1850463
Серпень	1961785	1945722	1878794
Вересень	1960485	1916677	1987986
Жовтень	1931742	1954088	1900842
Листопад	1946245	1976595	1972160
Грудень	1974252	1868063	1884271
Всього	23245022	22963842	23140483

Динаміка змін об'ємів продажів по місяцям за 2021-2023 роки представлена на рисунку 2.1.



Рисунок 2. 1 Динаміка змін об'ємів продаж по місяцям за 2021-2023 роки

Проаналізувавши криві зображені на рисунку 2.1, можна побачити, що продажі кожного місяця приблизно. Можна зробити висновок, що попит майже не обумовлений зміною коефіцієнту сезонності. Коефіцієнт сезонності – це величина, на яку збільшуються або зменшуються продажі в порівнянні з середніми в певний період часу.

Так як продукція ТОВ «Logistic Group» має малий термін придатності, то доцільно розглядати щоденний попит на продукцію.

Таблиця 2. 2

Щоденний попит на продукцію за січень 2024 р.

Дата	Об'єм продажів, шт.
-1-	-2-
01.01.2024	61694
02.01.2024	64506
03.01.2024	60916
04.01.2024	61555
05.01.2024	63448
06.01.2024	60264
07.01.2024	62199

Продовження табл 2.2

-1-	-2-
08.01.2024	61259
09.01.2024	64981
10.01.2024	63935
11.01.2024	60287
12.01.2024	61874
13.01.2024	64948
14.01.2024	59623
15.01.2024	62091
16.01.2024	64662
17.01.2024	61374
18.01.2024	64947
19.01.2024	64672
20.01.2024	61342
21.01.2024	62568
22.01.2024	63883
23.01.2024	61073
24.01.2024	62199
25.01.2024	60911
26.01.2024	60601
27.01.2024	59431
28.01.2024	62478
29.01.2024	61800
30.01.2024	61860
31.01.2024	60838
Всього	1928219

Динаміка змін об'ємів продажів по днях за січень 2024 рік представлена на рисунку 2.2.



Рисунок 2. 2 Динаміка змін об'ємів продажів по днях за січень 2024 рік

Розглянемо попит кожного окремого міста. Результати представлені на рисунку 2.3.

Місто	Вид торта									
	Аліканте	Брауні	Вишневи й десерт	Зебра	Карамель	Полуниця	Пломбір	П'яна вишня	Фламініго	Наполеон
Львів	995	1054	778	1140	940	782	1125	897	1197	1085
Київ	1359	1516	1103	1008	1697	1179	1320	1311	1300	1464
Вінниця	1155	733	806	810	768	1145	770	774	738	1223
Чернівці	574	459	389	588	411	385	499	516	654	521
Кременчук	531	595	324	587	443	402	297	526	559	431
Полтава	523	421	447	480	648	460	513	545	608	349
Суми	1054	970	785	854	1074	1060	986	883	875	797
Запоріжжя	357	604	423	406	457	322	330	616	534	566

Рисунок 2. 3 Вхідні дані про замовлення магазинів

2.1.2 Розрахунок витрат на транспортування продукції до застосування інструментів ощадливого виробництва

ТОВ «Logistic Group» має в автопарку авто марки Mercedes-Benz Sprinter (вантажопідйомність 5 т.). Компанія здійснює доставку виключно з пункту відправлення в місто, де знаходиться пункт замовника, вибираючи одну (або декілька) вантажівок в залежності від загальної ваги замовлення. Для ТОВ «Logistic Group» це 8 міст. Для цих маршрутів використовують 13 авто.

Таблиця 2. 3

Засоби транспортування

Місто	Відстань	Кількість авто	100% загрузки
Львів	940	2	Так
Київ	477	3	Так
Вінниця	570	2	Ні
Чернівці	863	1	Так
Кременчук	161	1	Ні
Полтава	184	1	Так
Суми	375	2	Ні
Запоріжжя	88	1	Ні

З таблиці 2.3 видно, що зі всіх машин повну загрузку мають тільки ті, що їздять на 4 маршрутах. Середня витрата палива приблизно 10 літрів на 100 км.

Вартість одного літра палива становить 50 грн. Всього в нас 3658 км. Отже, витрати на транспортування становлять 18290 грн.

2.2 Формування автопарку для ТОВ «Logistic Group» з урахуванням інструментів ощадливого виробництва

У сучасному світі, де логістика відіграє ключову роль у бізнесі, володіння власним автопарком вантажівок є стратегічною перевагою. Розглянемо основні переваги мати власний автопарк порівняно з орендою вантажівок.[8]

- Маючи свій автопарк, компанія може розподілити фіксовані витрати на придбання вантажівок на триваліший період часу, що зазвичай вигідніше, ніж оплата за оренду погодинно або поїздка за поїздкою.

- Під час оренди вантажівок виникають додаткові витрати, як-от страхування, депозити та збори за знос, які можуть суттєво збільшити загальні витрати.

- Власний автопарк дає компанії гнучкість в управлінні розкладом і використанням транспортних засобів відповідно до потреб бізнесу.

- У разі оренди вантажівок можливі обмеження щодо доступності та часу використання, що може обмежити операційну ефективність.

- Власний автопарк дає компанії повний контроль над обслуговуванням і регулярним технічним обслуговуванням вантажівок, що допомагає запобігати збоям у роботі та збільшує надійність транспорту.

- При оренді вантажівок не можна гарантувати стан і якість кожного транспортного засобу, що може призвести до непередбачених проблем під час перевезень.

Отже, володіння власним автопарком вантажівок є стратегічним рішенням, що дає змогу компаніям оптимізувати витрати, забезпечити гнучкість в управлінні та контролі якості транспорту. Це не тільки економічно вигідно, а й сприяє підвищенню операційної ефективності та задоволенню потреб клієнтів.

Тепер розглянемо переваги мати вантажівки різної тоннажності аніж мати

вантажівки з однаковою тоннажністю.

- Маючи рефрижератори різної вантажопідйомності, компанії отримують можливість адаптуватися до різних обсягів вантажів і мінливих потреб клієнтів. Це дає змогу збільшувати ефективність використання транспортних ресурсів і мінімізувати витрати на перевезення недоповнених вантажів.

- Використання рефрижераторів різної вантажопідйомності дає змогу оптимізувати витрати на паливо, обслуговування і ремонт. Завдяки можливості вибору найбільш підходящого рефрижератора для конкретного вантажу, компанії можуть знизити витрати і підвищити рентабельність бізнесу.

- Різноманітність вантажопідйомності рефрижераторів розширює ринковий потенціал компанії, даючи змогу обслуговувати як великі замовлення, так і невеликі поставки. Це сприяє залученню нових клієнтів і зміцненню позицій на ринку.

- Маючи можливість вибору рефрижератора під конкретні потреби, компанії можуть забезпечувати більш високу якість обслуговування клієнтів. Це важливо для задоволення вимог щодо збереження і свіжості продуктів, що перевозяться.

У результаті, використання рефрижераторів різної вантажопідйомності є оптимальним рішенням для ТОВ «Logistic Group». Це забезпечує гнучкість, економічність і підвищення якості обслуговування, що сприяє збільшенню конкурентоспроможності та прибутковості бізнесу.

Проаналізувавши попит можна зробити висновок, що потрібні мінімум 4 машини вантажопідйомністю 5т., 3 машини вантажопідйомністю 10т., та 1 машина вантажопідйомністю 15т.

ТОВ «Logistic Group» після оптимізації рекомендовано мати в автопарку, наприклад, авто марки Mercedes-Benz Sprinter (вантажопідйомність 5 т.), Mercedes-Benz Actros (вантажопідйомність 10 т.) та Mercedes-Benz Axor (вантажопідйомність 15 т.).

2.3 Розробка математичної моделі транспортування продукції ТОВ «Logistic Group».

Загальна постановка транспортної задачі планування перевезень із безперервною математичною моделлю полягає у визначенні оптимального плану перевезень деякого однорідного вантажу з m пунктів виробництва A_1, A_2, \dots, A_n у n пунктів споживання B_1, B_2, \dots, B_n . Для кожного пункту відправлення задано обсяги виробництва a_1, a_2, \dots, a_m . Для кожного пункту призначення задано обсяги споживання b_1, b_2, \dots, b_n . Потрібно скласти такий план перевезень, який повністю забезпечив би всіх споживачів за мінімальних витрат на перевезення. При цьому за критерій оптимальності зазвичай береться або мінімальна вартість перевезень усього вантажу, або мінімальний час його доставки, або мінімальний сумарний пробіг вантажного транспорту.

Вважається, що загальна потреба у вантажі в пунктах призначення не перевищує сумарних запасів вантажу в пунктах відправлення. В іншому разі задовольнити потреби споживачів неможливо.

Транспортна задача відноситься до класу задач лінійного програмування, то стратегія її рішення така:

- знаходиться початковий опорний план перевезень;
- здійснюється поліпшення початкового плану, тобто, послідовний перехід від одного плану до іншого, пов'язаний зі зменшенням сумарної вартості перевезень.

Для знаходження початкового плану перевезень транспортної задачі існує декілька методів, а саме:

- метод північно-західного кута;
- метод мінімального елемента;
- метод апроксимацій Фогеля;

Відмінність цих методів полягає як у простоті чи складності реалізації так і у «якості» початкового рішення, тобто, наскільки початкове рішення близьке

до оптимального. Метод північно-західного кута простіше реалізується і потребує меншого обсягу обчислень.

2.2.1 Математична постановка задачі

Уведемо позначення:

- c_{ij} - тарифи (час, відстань) перевезення одиниці вантажу з i -го пункту відправлення в j -й пункт призначення;
- a_j - запаси вантажу в i -му пункті відправлення;
- b_j - потреба у вантажі в j -му пункті призначення;
- x_{ij} - кількість од. вантажу, що перевозиться з i -го пункту відправлення в j -й пункт призначення.

Тоді математична постановка транспортної задачі про планування перевезень має вигляд:

$$y = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min_{x_{ij} \in \Omega}, \quad (2.1)$$

$$\Omega: f_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (2.2)$$

$$f_{m+j} = \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = \overline{1, n}, \quad (2.3)$$

$$x_{ij} \geq 0; \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \quad (2.4)$$

Тут (2.1) - цільова функція, що визначає вартість перевезень усього вантажу. Саме екстремальне (мінімальне) значення цієї функції необхідно знайти в процесі розв'язання задачі.

Причому значення змінних x_{ij} , за яких цільова функція досягає свого мінімуму, мають належати області допустимих рішень Ω .

Вирази (2.2) – (2.4) визначають область допустимих рішень Ω . Тут система рівностей (2.2) визначає сумарні обсяги вантажу, що перевозиться, з кожного пункту відправлення, система рівностей (2.3) відображає сумарні обсяги вантажу від усіх споживача, які постачаються в кожен пункт призначення, а вираз (2.4) відсікає від'ємну область значень x_{ij} , у яку ці змінні не можуть потрапляти за своїм фізичним змістом.

Вирази (2.2) - (2.4) називають обмеженнями задачі. Розв'язок задачі (приватний набір значень змінних x_{ij}) називають допустимим, якщо воно одночасно задовольняє всім обмеженням задачі. Розв'язок задачі називають оптимальним, якщо він є допустимим і доставляє оптимум (у даному випадку мінімум) функції мети.

Функції $u, f_1, f_2, \dots, f_{m+n}$ є безперервними лінійними функціями, заданими на невід'ємному октанті евклідова простору. Ці функції мають місце, коли вантаж, що перевозиться, є рідиною, сипучим матеріалом, дрібними заготовками, комплектуючими або дрібною неупакованою продукцією. Такий вантаж характеризується параметрами, які являють собою вагу, погонні метри, квадратні метри, об'єм тощо, але не штуки, упаковки, партії тощо.

Якщо загальна потреба у вантажі в пунктах призначення дорівнює сумарному запасу вантажу в пунктах відправлення, то модель такої транспортної задачі називається закритою або збалансованою, а сама задача - класичною.

Ця умова в явному вигляді не присутня в обмеженнях транспортної задачі. Вона побічно враховується системами обмеження (2.2) і (2.3). Причому для закритого завдання система обмежень (2.2) трансформується в систему рівностей:

$$f_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = \overline{1, m}. \quad (2.5)$$

2.2.2 Змістовна постановка задачі

ТОВ «Logistic Group» має 8 замовників власної продукції. Потреби в продукції кожного з міст відповідно дорівнюють 10, 13.3, 9, 5, 4.7, 5, 9.4 і 4.6 т. Продукція знаходиться в трьох складах, а запаси відповідно дорівнюють 25, 20, 16 т. У кожне з міст продукція може завозитися з будь-якого складу. Тарифи перевезень є відомими величинами. Необхідно скласти такий план перевезень, при якому вартість транспортування буде мінімальною.

Сумарна потреба у продукції в пунктах призначення за умовою задачі дорівнює сумарному запасу продукції на складах. Отже, ця задача є закритою транспортною задачею.

2.2.3 Визначення початкового опорного плану.

У таблиці 2.4 приведено початкові дані, показано кількість вантажу, вартість перевезення від відправника до одержувача. Також показано запас на складах та потреби кожного замовника. Автомобілі вантажопідйомністю 5 т, 10 т або 15 т повинні перевести товар до 8 міст. В таблиці весь вантаж вказаний в тонах. Всі ціни записані в грн.

Обчислимо початковий опорний план за допомогою методу північно-західного кута. Ідея методу північно-західного кута полягає в тому, що заповнення таблиці починають, не враховуючи вартостей перевезень, з лівого верхнього (північно-західного) кута. У клітину записують менше з двох чисел a та b . Далі переходять до наступної клітини в цьому ж рядку або у стовпчику і заповнюють її, і т. д. Закінчують заповнення таблиці у правій нижній клітинці. У такий спосіб значення поставок будуть розташовані по діагоналі таблиці. [9]

Таблиця 2. 4

Початкові дані

	Львів	Київ	Вінниця	Чернівці	Кременчук	Полтава	Суми	Запоріжжя	Запас
Вартість	470	230	285	430	80	93	184	44	
Склад 1									25
Вартість	490	260	250	440	95	107	170	56	
Склад 2									20
Вартість	475	250	260	410	70	94	196	48	
Склад 3									16
Попит	10	13,3	9	5	4,7	5	9,4	4,6	

Результати розрахунку початкового опорного плану записані у таблиці 2.5. У заповнених клітинках, знаходяться числа, що означають можливий план перевезень продукції. Сума чисел (перевезень) по рядках дорівнює обсягам запасів постачальників, а сума чисел по стовпцях — обсягам потреб відповідних споживачів.

Таблиця 2. 5

Результат обчислення опорного плану

	Львів	Київ	Вінниця	Чернівці	Кременчук	Полтава	Суми	Запоріжжя	Запас
Вартість	470	230	285	430	80	93	184	44	
Склад 1	10	13,3	1,7	-	-	-	-	-	25
Вартість	490	260	250	440	95	107	170	56	
Склад 2	-	-	7,3	5	4,7	3	-	-	20
Вартість	475	250	260	410	70	94	196	48	
Склад 3	-	-	-	-	-	2	9,4	4,6	16
Попит	10	13,3	9	5	4,7	5	9,4	4,6	

Таким чином, весь товар вивезено, задоволені потреби всіх споживачів. Сумарна вартість перевезень для розподілу по методу П-3 кута розрахована за формулою 2.1 складає:

$$y = 10 \cdot 4700 + 13,3 \cdot 2300 + 1,7 \cdot 2850 + 7,3 \cdot 2500 + 5 \cdot 4400 + 4,7 \cdot 950 + 3 \cdot 1070 + 940 \cdot 2 + 9,4 \cdot 1960 + 4,6 \cdot 480 = 15287,2 \text{ (грн)}$$

2.2.4 Знаходження оптимального рішення транспортної задачі методом потенціалів

Алгоритм методу потенціалів.

1. Знаходимо рішення транспортної задачі будь-яким методом, але таким, щоб число зайнятих вантажем кліток було $m+n-1$. якщо таких кліток виявиться менше, то треба поставити в яку-небудь з них 0 і вважати її зайнятою вантажем. Всім кліткам таблиці приписуємо букви A_i, B_j ($i=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,n$) і назвемо їх потенціалами.

2. Для всіх зайнятих кліток записуємо суму потенціалів A_i+B_j і прирівнюємо її вартості зайнятої клітки. Одержуємо систему рівнянь з $m+n-1$ рівнянь

$$A_i+B_j=C_{ij}; i=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,n;$$

З $m+n$ невідомими, яка має незліченну безліч рішень. Знаходимо будь-яке з них.

3. Для вільних кліток записуємо суму знайдених в п.2 потенціалів і порівнюємо її з вартістю даної вільної клітки. Якщо для всіх вільних кліток $A_i+B_j \leq C_{ij}$, то порушень немає і отриманий план перевезень є оптимальним. Якщо якісь клітки мають порушення, тобто $A_i+B_j > C_{ij}$, то продовжуємо рішення, переходимо до пункту 4.

4. Вибираємо зі всіх кліток з порушеннями одну, будуємо для неї так званий цикл перерахунку, тобто такий багатокутник (з прямими кутами), одна з вершин якого знаходиться у вибраній клітці, а всі інші в зайнятих клітках.

5. Вершині циклу у вільній клітці приписується знак "+", сусідній з нею (в будь-якому напрямі) вершині приписується знак "-" і т.д., всім вершинам циклу припишемо знаки.

6. В клітках, де вершина циклу має знак "+", додаємо кількість вантажу q , а в клітках з негативними вершинами циклу – віднімаємо ту ж саму кількість вантажу q . Де q – якнайменша кількість вантажу зі всіх негативних вершин циклу. Виконавши одне таке перекидання вантажу по циклу, переходимо до п.2. Через кінцеве число перекидань вантажу буде отримано оптимальне рішення, якщо воно існує. [10]

Користуючись вказаним алгоритмом, знайдемо оптимальне рішення транспортної задачі, виходячи з допустимого рішення, методом П-З кута.

1) Припишемо потенціали A_i, B_j .

2) Для зайнятих кліток записуємо суму потенціалів і прирівнюємо її до вартості:

$$A1+B1=470; A1+B2=230; A1+B3=285;$$

$$A2+B3=250; A2+B4=440; A2+B5=95; A2+B6=107;$$

$$A3+B6=94; A3+B7=196; A3+B8=48;$$

Нехай $B8=0$, тоді:

Таблиця 2. 6

Ітерація 1

	Львів	Київ	Вінниця	Чернівці	Кременчук	Полтава	Суми	Запоріжжя	Запас	Aj
Склад 1	470	230	285	430	80	93	184	44		96
	10	13,3	1,7	-	-	-	-	-	25	
Склад 2	490	260	250	440	95	107	170	56		61
	-	-	7,3	5	4,7	3	-	-	20	
Склад 3	475	250	260	410	70	94	196	48		48
	-	-	-	-	-	2	9,4	4,6	16	
Попит	10	13,3	9	5	4,7	5	9,4	4,6		
Vj	374	134	189	379	34	46	148	0		

3) Для вільних кліток записуємо суму потенціалів і порівнюємо її з вартістю даної клітки, відзначаємо, де є порушення.

$$A2+B1=374+61=435 < 490, \text{ порушень немає};$$

$$A3+B1=374+48=422 < 475, \text{ порушень немає};$$

$$A2+B2=134+61=195 < 260, \text{ порушень немає};$$

$$A3+B2=134+48=182 < 250, \text{ порушень немає};$$

$$A3+B3=189+48=237 < 260, \text{ порушень немає};$$

$$A1+B4=379+96=475 > 430, \text{ порушення є};$$

$$A3+B4=379+48=427 > 410, \text{ порушення є};$$

$$A1+B5=34+96=130 > 80, \text{ порушення є};$$

$$A3+B5=34+48=82 > 70, \text{ порушення є};$$

$$A1+B6=46+96=142 > 93, \text{ порушення є};$$

$$A1+B7=148+96=244 > 184, \text{ порушення є};$$

$$A2+B7=148+61=209 > 170, \text{ порушення є};$$

$$A1+B8=0+96=96 > 44, \text{ порушення є};$$

$A2+B8=0+61=61>56$, порушення є;

В 9 клітках є порушення, значить план неоптимальний. Переходимо до п.4,5.

4) З усіх негативних оцінок має сенс вибрати найбільшу за модулем, оскільки її вплив на загальні витрати є максимальним. У нашому випадку така оцінка міститься в клітинці A1B7, у відповідну клітинку транспортної таблиці ми повинні перемістити деяку кількість продукції, тобто завантажити її.

5) Відзначимо в транспортній таблиці клітинку A1B7 знаком +. Крім неї ми позначимо знаками - і + інші зайняті числами клітинки таким чином, що в кожному рядку і кожному стовпчику транспортної таблиці число знаків + дорівнюватиме числу знаків -.

Таблиця 2. 7

	Львів	Київ	Вінниця	Чернівці	Кременчук	Полтава	Суми	Запоріжжя	Запас
Склад 1	470	230	285	430	80	93	184	44	
	10	13,3	1,7(-)	-	-	-	0(+)	-	25
Склад 2	490	260	250	440	95	107	170	56	
	-	-	7,3(+)	5	4,7	3(-)	-	-	20
Склад 3	475	250	260	410	70	94	196	48	
	-	-	-	-	-	2(+)	9,4(-)	4,6	16
Попит	10	13,3	9	5	4,7	5	9,4	4,6	

б) Потім ми визначимо мінімум M з усіх елементів, позначених знаком -, і вибираємо одну клітинку, де цей мінімум досягається. У нашому випадку такою є A1B3 і позначає завантажену клітинку, яка має стати вільною. Число M при цьому становить: 1.7. У клітинку A1B7 нової таблиці записується число M . Клітинка A1B3 залишається порожньою. В інших клітинках, позначених знаками - або +, число M відповідно віднімається від числа, що стоїть у комірці, або складається з ним. Результат вноситься у відповідну клітинку нової таблиці. Непомічені числа переносяться в нову таблицю без змін. Решта клітинок нової таблиці залишаються порожніми. Результати записані у таблиці 2.8.

Таблиця 2. 8

	Львів	Київ	Вінниця	Чернівці	Кременчук	Полтава	Суми	Запоріжжя	Запас
Вартість	470	230	285	430	80	93	184	44	
Склад 1	10	13,3	-	-	-	-	1,7	-	25
Вартість	490	260	250	440	95	107	170	56	
Склад 2	-	-	9	5	4,7	1,3	-	-	20
Вартість	475	250	260	410	70	94	196	48	
Склад 3	-	-	-	-	-	3,7	7,7	4,6	16
Попит	10	13,3	9	5	4,7	5	9,4	4,6	

Переходимо до п.2. записуємо суму потенціалів для зайнятих кліток і знаходимо A_i, B_j .

$$A_1+B_1=470; A_1+B_2=230; A_1+B_7=184;$$

$$A_2+B_3=250; A_2+B_4=440; A_2+B_5=95; A_2+B_6=107;$$

$$A_3+B_6=94; A_3+B_7=196; A_3+B_8=48;$$

Нехай $B_8=0$, тоді:

Таблиця 2. 9

Ітерація 2

	Львів	Київ	Вінниця	Чернівці	Кременчук	Полтава	Суми	Запоріжжя	Запас	A_j
Склад 1	470	230	285	430	80	93	184	44		36
	10	13,3	-	-	-	-	1,7	-	25	
Склад 2	490	260	250	440	95	107	170	56		61
	-	-	9	5	4,7	1,3	-	-	20	
Склад 3	475	250	260	410	70	94	196	48		48
	-	-	-	-	-	3,7	7,7	4,6	16	
Попит	10	13,3	9	5	4,7	5	9,4	4,6		
B_j	434	194	189	379	34	46	148	0		

Перевіряємо отриманий план на оптимальність. Для вільних клітинок:

$$A_2+B_1=434+61=495>490, \text{ порушення } \epsilon;$$

$$A_3+B_1=434+48=482>475, \text{ порушення } \epsilon;$$

$$A_2+B_2=194+61=255<260, \text{ порушень немає};$$

$$A_3+B_2=194+48=242<250, \text{ порушень немає};$$

$$A_1+B_3=189+36=225<285, \text{ порушень немає};$$

$A_3+B_3=189+48=237<260$, порушень немає;

$A_1+B_4=379+36=427<430$, порушень немає;

$A_3+B_4=379+48=427>410$, порушення є;

$A_1+B_5=34+36=70<80$, порушень немає;

$A_3+B_5=34+48=82>70$, порушення є;

$A_1+B_6=46+36=82<93$, порушень немає;

$A_2+B_7=148+61=209>170$, порушення є;

$A_1+B_8=0+36=36<44$, порушень немає;

$A_2+B_8=0+61=61>56$, порушення є;

В 6 клітках є порушення, значить план неоптимальний.

Обираємо клітинку A_2B_7 , тобто потрібно завантажити її. Число M при цьому становить: 1,3. У клітинку A_2B_7 нової таблиці записується число M . Клітинка A_2B_6 залишається порожньою.

Переходимо до п.2. записуємо суму потенціалів для зайнятих кліток і знаходимо A_i, B_j .

$A_1+B_1=470$; $A_1+B_2=230$; $A_1+B_7=184$;

$A_2+B_3=250$; $A_2+B_4=440$; $A_2+B_5=95$; $A_2+B_7=170$;

$A_3+B_6=94$; $A_3+B_7=196$; $A_3+B_8=48$;

Нехай $B_8=0$, тоді:

Таблиця 2. 10

Ітерація 3

	Львів	Київ	Вінниця	Чернівці	Кременчук	Полтава	Суми	Запоріжжя	Запас	A_j
Склад 1	470	230	285	430	80	93	184	44		36
	10	13,3	-	-	-	-	1,7	-	25	
Склад 2	490	260	250	440	95	107	170	56		22
	-	-	9	5	4,7	-	1,3	-	20	
Склад 3	475	250	260	410	70	94	196	48		48
	-	-	-	-	-	5	6,4	4,6	16	
Попит	10	13,3	9	5	4,7	5	9,4	4,6		
B_j	434	194	228	418	73	46	148	0		

Перевіряємо отриманий план на оптимальність.

Для вільних клітинок:

$$A2+B1=434+22=456<490, \text{ порушень немає};$$

$$A3+B1=434+48=482>475, \text{ порушення є};$$

$$A2+B2=194+22=216<260, \text{ порушень немає};$$

$$A3+B2=194+48=242<250, \text{ порушень немає};$$

$$A1+B3=228+36=264<285, \text{ порушень немає};$$

$$A3+B3=228+48=276>260, \text{ порушення є};$$

$$A1+B4=418+36=454>430, \text{ порушення є};$$

$$A3+B4=418+48=466>410, \text{ порушення є};$$

$$A1+B5=73+36=109>80, \text{ порушення є};$$

$$A3+B5=73+48=121>70, \text{ порушення є};$$

$$A1+B6=46+36=82<93, \text{ порушень немає};$$

$$A2+B6=46+22=68<107, \text{ порушень немає};$$

$$A1+B8=0+36=36<44, \text{ порушень немає};$$

$$A2+B8=0+22=22<56, \text{ порушень немає};$$

В 6 клітинках є порушення, значить план неоптимальний.

Обираємо клітинку $A3B4$, тобто потрібно завантажити її. Число M при цьому становить: 5. У клітинку $A3B4$ нової таблиці записується число M . Клітинка $A2B4$ залишається порожньою.

Переходимо до п.2. записуємо суму потенціалів для зайнятих кліток і знаходимо A_i, B_j .

$$A1+B1=470; A1+B2=230; A1+B7=184;$$

$$A2+B3=250; A2+B5=95; A2+B7=170;$$

$$A3+B4=410; A3+B6=94;$$

$$A3+B7=196; A3+B8=48;$$

Нехай $B8=0$, тоді:

Таблиця 2. 11

Ітерація 4

	Львів	Київ	Вінниця	Чернівці	Кременчук	Полтава	Суми	Запоріжжя	Запас	А _і
Склад 1	470	230	285	430	80	93	184	44		36
	10	13,3	-	-	-	-	1,7	-	25	
Склад 2	490	260	250	440	95	107	170	56		22
	-	-	9	-	4,7	-	6,3	-	20	
Склад 3	475	250	260	410	70	94	196	48		48
	-	-	-	5	-	5	1,4	4,6	16	
Попит	10	13,3	9	5	4,7	5	9,4	4,6		
В_і	434	194	228	362	73	46	148	0		

Перевіряємо отриманий план на оптимальність. Для вільних клітинок:

$A_2 + B_1 = 434 + 22 = 456 < 490$, порушень немає;

$A_3 + B_1 = 434 + 48 = 482 > 475$, порушення є;

$A_2 + B_2 = 194 + 22 = 216 < 260$, порушень немає;

$A_3 + B_2 = 194 + 48 = 242 < 250$, порушень немає;

$A_1 + B_3 = 228 + 36 = 264 < 285$, порушень немає;

$A_3 + B_3 = 228 + 48 = 276 > 260$, порушення є;

$A_1 + B_4 = 362 + 36 = 398 < 430$, порушень немає;

$A_2 + B_4 = 362 + 22 = 384 < 440$, порушень немає;

$A_1 + B_5 = 73 + 36 = 109 > 80$, порушення є;

$A_3 + B_5 = 73 + 48 = 121 > 70$, порушення є;

$A_1 + B_6 = 46 + 36 = 82 < 93$, порушень немає;

$A_2 + B_6 = 46 + 22 = 68 < 107$, порушень немає;

$A_1 + B_8 = 0 + 36 = 36 < 44$, порушень немає;

$A_2 + B_8 = 0 + 22 = 22 < 56$, порушень немає;

В 4 клітинках є порушення, значить план неоптимальний.

Обираємо клітинку A_{3B5} Число M при цьому становить: 1,4. У клітинку A_{3B5} нової таблиці записується число M . Клітинка A_{3B7} залишається порожньою.

Переходимо до п.2. записуємо суму потенціалів для зайнятих кліток і знаходимо A_i, B_j .

$$A_1+B_1=470; A_1+B_2=230; A_1+B_7=184;$$

$$A_2+B_3=250; A_2+B_5=95; A_2+B_7=170;$$

$$A_3+B_4=410; A_3+B_5=70; A_3+B_6=94; A_3+B_8=48;$$

Нехай $B_8=0$, тоді:

Таблиця 2. 12

Ітерація 5

	Львів	Київ	Вінниця	Чернівці	Кременчук	Полтава	Суми	Запоріжжя	Запас	A_j
Склад 1	470	230	285	430	80	93	184	44		87
	10	13,3	-	-	-	-	1,7	-	25	
Склад 2	490	260	250	440	95	107	170	56		73
	-	-	9	-	3,3	-	7,7	-	20	
Склад 3	475	250	260	410	70	94	196	48		48
	-	-	-	5	1,4	5	-	4,6	16	
Попит	10	13,3	9	5	4,7	5	9,4	4,6		
B_j	383	143	177	362	22	46	97	0		

Перевіряємо отриманий план на оптимальність. Для вільних клітинок:

$$A_2+B_1=383+87=470<490, \text{ порушень немає};$$

$$A_3+B_1=383+48=431<475, \text{ порушень немає};$$

$$A_2+B_2=143+73=216<260, \text{ порушень немає};$$

$$A_3+B_2=143+48=191<250, \text{ порушень немає};$$

$$A_1+B_3=177+87=264<285, \text{ порушень немає};$$

$$A_3+B_3=177+48=225<260, \text{ порушень немає};$$

$$A_1+B_4=362+87=449>430, \text{ порушення є};$$

$$A_2+B_4=362+73=435<440, \text{ порушень немає};$$

$$A_1+B_5=22+87=109>80, \text{ , порушення є};$$

$$A1+B6=46+87=133>93, \text{ порушення } \epsilon;$$

$$A2+B6=46+73=119>107, \text{ порушення } \epsilon;$$

$$A3+B7=97+48=145<196, \text{ порушень немає};$$

$$A1+B8=0+87=87>44, \text{ порушення } \epsilon;$$

$$A2+B8=0+73=73>56, \text{ порушення } \epsilon;$$

В 6 клітинках є порушення, значить план неоптимальний.

Обираємо клітинку A1B8, тобто потрібно завантажити її. Число M при цьому становить: 1,7. У клітинку A1B8 нової таблиці записується число M. Клітинка A1B7 залишається порожньою. Переходимо до п.2. записуємо суму потенціалів для зайнятих кліток і знаходимо A_i, B_j .

$$A1+B1=470; A1+B2=230; A1+B8=44;$$

$$A2+B3=250; A2+B5=95; A2+B7=170;$$

$$A3+B4=410; A3+B5=70; A3+B6=94; A3+B8=48;$$

Нехай $B8=0$, тоді:

Таблиця 2. 13

Ітерація 6

	Львів	Київ	Вінниця	Чернівці	Кременчук	Полтава	Суми	Запоріжжя	Запас	Aj
Склад 1	470	230	285	430	80	93	184	44		44
	10	13,3	-	-	-	-	-	1,7	25	
Склад 2	490	260	250	440	95	107	170	56		73
	-	-	9	-	1,6	-	9,4	-	20	
Склад 3	475	250	260	410	70	94	196	48		48
	-	-	-	5	3,1	5	-	2,9	16	
Попит	10	13,3	9	5	4,7	5	9,4	4,6		
Bj	426	186	177	362	22	46	97	0		

Перевіряємо отриманий план на оптимальність. Для вільних клітинок:

$$A2+B1=426+73=499>490, \text{ порушення } \epsilon;$$

$$A3+B1=426+48=474<475, \text{ порушень немає};$$

$$A2+B2=186+73=259<260, \text{ порушень немає};$$

$A3+B2=186+48=234<250$, порушень немає;

$A1+B3=177+44=221<285$, порушень немає;

$A3+B3=177+48=225<260$, порушень немає;

$A1+B4=362+44=406<430$, порушень немає;

$A2+B4=362+73=435<440$, порушень немає;

$A1+B5=22+44=66<80$, порушень немає;

$A1+B6=46+44=90<93$, порушень немає;

$A2+B6=46+73=119>107$, порушення є;

$A1+B7=97+44=141<184$, порушень немає;

$A3+B7=97+48=145<196$, порушень немає;

$A2+B8=0+73=73>56$, порушення є;

В 3 клітинках є порушення, значить план неоптимальний.

Обираємо клітинку A2B8, тобто потрібно завантажити її.

Число M при цьому становить: 1,6. У клітинку A2B8 нової таблиці записується число M. Клітинка A2B5 залишається порожньою.

Переходимо до п.2. записуємо суму потенціалів для зайнятих кліток і знаходимо A_i, B_j .

$A1+B1=470$; $A1+B2=230$; $A1+B8=44$;

$A2+B3=250$; $A2+B7=170$; $A2+B8=56$;

$A3+B4=410$; $A3+B5=70$; $A3+B6=94$; $A3+B8=48$;

Нехай $B8=0$, тоді:

Таблиця 2. 14

Ітерація 7

	Львів	Київ	Вінниця	Чернівці	Кременчук	Полтава	Суми	Запоріжжя	Запас	Aj
Склад 1	470	230	285	430	80	93	184	44		44
	10	13,3	-	-	-	-	-	1,7	25	
Склад 2	490	260	250	440	95	107	170	56		56
	-	-	9	-	-	-	9,4	1,6	20	
Склад 3	475	250	260	410	70	94	196	48		48
	-	-	-	5	4,7	5	-	1,3	16	

Попит	10	13,3	9	5	4,7	5	9,4	4,6		
V_j	426	186	194	362	22	46	114	0		

Перевіряємо отриманий план на оптимальність. Для вільних клітинок:

$$A_2+B_1=426+56=482<490, \text{ порушень немає;}$$

$$A_3+B_1=426+48=474<475, \text{ порушень немає;}$$

$$A_2+B_2=186+56=242<260, \text{ порушень немає;}$$

$$A_3+B_2=186+48=234<250, \text{ порушень немає;}$$

$$A_1+B_3=194+44=238<285, \text{ порушень немає;}$$

$$A_3+B_3=194+48=242<260, \text{ порушень немає;}$$

$$A_1+B_4=362+44=406<430, \text{ порушень немає;}$$

$$A_2+B_4=362+56=418<440, \text{ порушень немає;}$$

$$A_1+B_5=22+44=66<80, \text{ порушень немає;}$$

$$A_2+B_5=22+56=78<95, \text{ порушень немає;}$$

$$A_1+B_6=46+44=90<93, \text{ порушень немає;}$$

$$A_2+B_6=46+56=102<107, \text{ порушень немає;}$$

$$A_1+B_7=114+44=158<184, \text{ порушень немає;}$$

$$A_3+B_7=114+48=162<196, \text{ порушень немає;}$$

Для всіх значень у вільних клітках немає порушень, значить отримано оптимальне рішення.

Таким чином, з 1-го складу необхідно вантаж направити до 1-го споживача (10 т.), до 2-го споживача (13.3 т.), до 8-го споживача (1.7 т.).

З 2-го складу необхідно вантаж направити до 3-го споживача (9 т.), до 7-го споживача (9.4 т.), до 8-го споживача (1.6 т.).

З 3-го складу необхідно вантаж направити до 4-го споживача (5 т.), до 5-го споживача (4.7 т.), до 6-го споживача (5 т.), до 8-го споживача (1.3 т.).

Сумарні витрати на перевезення розраховуються за формулою 2.1 та при цьому найменші і складають:

$$y=470*10+230*13,3+250*9+410*5+70*4,7+94*5+170*9,4+44*1,7+56*1,6+48*1,3=14682,8 \text{ (грн).}$$

Можна зробити висновок, що транспортування продукції ТОВ «Logistic Group» за запропонованою схемою є вигіднішим для підприємства, оскільки значно зменшуються транспортні витрати.

2.2.5 Цифрова модель і розв'язання задачі в інформаційному середовищі Microsoft Excel

Так як попит весь час змінюється, то не дуже зручно кожен раз рахувати вручну. Тому у майбутньому можна швидко рахувати в Microsoft Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1											Сума рядків		Аі
2										=	0	=	25
3	[x _{ij}]=									=	0	=	20
4										=	0	=	16
5		=	=	=	=	=	=	=	=				
6	Сума стовбців	0	0	0	0	0	0	0	0				
7		=	=	=	=	=	=	=	=				
8	В _j	10	13,3	9	5	4,7	5	9,4	4,6				
9													
10		470	230	285	430	80	93	184	44				
11	Вартість	490	260	250	440	95	107	170	56				
12		475	250	260	410	70	94	196	48				
13													
14		0	0	0	0	0	0	0	0		Функція		
15	[x _{ij}]*Вартість	0	0	0	0	0	0	0	0		0		
16		0	0	0	0	0	0	0	0				

Рисунок 2. 4 Початкові дані

Розподіл і призначення клітинок електронної таблиці для транспортної задачі:

- клітинки B2:I4 - для шуканих змінних задачі x_{ij} , $i=1,3$; $j=1,8$
- клітинки B6:I6 - для суми стовбців, із формулами для підрахунку сум $x_{1j} + x_{2j} + x_{3j}$, $j = 1,8$;
- клітинки B8:I8 - для потреб у продукції b_j , $j = 1,8$, у пунктах призначення;
- клітинки K2:K4 - для суми рядків, із формулами для підрахунку суми $x_{i1} + x_{i2} + x_{i3} + x_{i4} + x_{i5} + x_{i6} + x_{i7} + x_{i8}$, $i = 1, 3$;
- клітинки M2:M4 - для запасів продукції a_i , $i=1,3$, на складах;
- клітинки B10:I12 - для вартості у вигляді таблиці;

- клітинки B14:I16 - для проміжних результатів із завантаженими формулами для обчислення добутку x_{ij} *Вартість;

- клітинка K15 - для значення цільової функції із завантаженою формулою для підрахунку подвійної суми.

Після завантаження в клітинки всіх необхідних констант і формул для обчислення проміжних і кінцевого результатів слід виконати необхідні налаштування даних у діалоговому вікні команди Пошук рішення. В умовах задачі установки визначаються таким чином:

- для цільової комірки - \$K\$15, що дорівнює мінімальному значенню;
- для клітинок зі змінними, що змінюються - \$B\$2: \$I\$4;
- для обмежень:
 - \$B\$2: \$I\$4 >= 0;
 - \$K\$2: \$K\$4 = \$M\$2: \$M\$4;
 - \$B\$6: \$I\$6 = \$B\$8: \$I\$8.

Вигляд екрана після виконання команди Пошук рішення показано на рис. 2.5.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1											Сума рядків		Аі
2		10	13,3	0	0	0	0	0	1,7	=	25	=	25
3	[xij]=	0	0	9	0	0	0	9,4	1,6	=	20	=	20
4		0	0	0	5	4,7	5	0	1,3	=	16	=	16
5		=	=	=	=	=	=	=	=				
6	Сума стовбців	10	13,3	9	5	4,7	5	9,4	4,6				
7		=	=	=	=	=	=	=	=				
8	Vj	10	13,3	9	5	4,7	5	9,4	4,6				
9													
10		470	230	285	430	80	93	184	44				
11	Вартість	490	260	250	440	95	107	170	56				
12		475	250	260	410	70	94	196	48				
13													
14		4700	3059	0	0	0	0	0	74,8		Функція		
15	[xij]*Вартість	0	0	2250	0	0	0	1598	89,6		14682,8		
16		0	0	0	2050	329	470	0	62,4				

Рисунок 2. 5 Результат

Сумарні витрати на перевезення співпадають і складають: 14682,8 грн.

2.4 Впровадження інструменту Канбан у логістичні процеси

Завдяки такому інструменту ощадливого виробництва, як канбан, можна позбутися частого та зайвого контролю і випуску зайвої готової продукції, що здорожує кінцеву вартість продукції. Картки «Канбан» складені для кожного учасника логістичного ланцюга дає змогу скоротити час на виробництво продукції.

Для реалізації принципу «саме вчасно» за допомогою карток «Канбан» необхідно дотримуватися низки правил:

- наступний технологічний етап повинен «витягати» необхідні вироби з попереднього етапу в необхідній кількості, у потрібному місці та чітко у встановлений час;
- на ділянці виробництва випускається така кількість виробів, яку «витягує» наступна ділянка;
- бракована продукція ніколи не повинна надходити на наступні виробничі ділянки;
- кількість карток «Канбан» має бути мінімальною;
- картки «Канбан» повинні використовуватися для пристосування виробництва до невеликих коливань попиту.

До впровадження карток «Канбан» на підприємстві ТОВ «Logistic Group» перевиробництво готової продукції, не відправленої в магазини, сягало 2000 одиниць. Уся готова продукція відправлялася в холодильники на заморозку.

Впровадження карток канбан на підприємстві спричинить мінімізацію залишків готової продукції в цехах виробництва, наразі середній залишок продукції на наступний день за тиждень становить 1700 шт.

Процес руху карток канбан на підприємстві на рисунку 2.6.

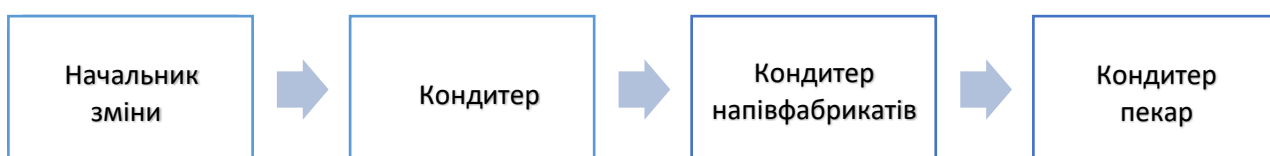


Рисунок 2. 6 Процес руху карток

Картка відбору від начальника зміни приходить у цех на кожного кондитера (заявка на кількість готової продукції), таким чином, потрібна кількість напівфабрикатів витягується з наступного цеху. Наступна картка надходить із цеху готової продукції в цех напівфабрикатів, визначаючи потрібну кількість напівфабрикатів. Наступна картка відбору надходить із цеху напівфабрикатів у пекарню виробництва.

Надходження продукції та компонентів відбувається із цеху в цех із прикріпленням до пересувного контейнера сигнальної картки. Приклад сигнальної картки показано в таблиці 2.15.

Таблиця 2. 15

Приклад картки

Попередня ділянка	<u>Пекарня</u>	Наступна ділянка	<u>Цех напівфабрикатів</u>
	Артикул (коржі)		Кількість
	0012		2
	0003		18
	0014		16
	0025		3

Отже, замовлення на готову продукцію на день підприємство виконує на 100%, надлишки готової продукції не доцільні, а різке коливання попиту можна коригувати екстремними картками. Загалом, можемо сказати, що принципи ощадливого виробництва можна застосувати на будь-якому підприємстві, навіть на найменшому. Усе це дало змогу успішно уникнути зайвих витрат підприємству.

ВИСНОВОК

Під час обстеження та дослідження об'єкта в кваліфікаційній роботі були розглянуті наступні питання:

- 1) Повний опис підприємства.
- 2) Проведено детальний аналіз логістичної діяльності ТОВ «Logistic Group» та оцінка її ефективності.
- 3) Виявлено основні проблеми, пов'язані з нераціональним проектуванням транспортних систем та використанням логістичних засобів на підприємстві.
- 4) Оптимізовано автопарк підприємства.
- 5) Вирішено транспортну задачу оптимізації процесу транспортування кінцевої продукції підприємства до місця продажу.

Таким чином, в результаті оптимізації логістичних процесів, витрати ТОВ «Logistic Group» кожен тиждень зменшуються більш ніж на 40%. Ключові орієнтири при впровадженні ощадливого виробництва: ретельний аналіз проблем, допомога досвідчених спеціалістів у цій галузі, акцентування на посиленні вразливих частин, орієнтація на довгострокові результати, безперервні зміни та усвідомлення того, що впровадження не можна зробити один раз, а необхідно постійно розвивати процес.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бейз Р.Д. Управління виробництвом. Київ.: ВД Вільямс, 2010р. - 704с.
2. Малічевський В. Ощадливе виробництво від А до Я. - Київ: Фабула, 2023р. – 448с.
3. Вітлінський В. В. Моделювання економіки: Навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц./ В. В. Вітлінський, Г. І. Великоіваненко. – К.: КНЕУ, 2005. – 306 с.
4. Логістичний центр Рошен. URL:

<https://www.roshen.com/ua/ua/pro-roshen/logistychnyu-tsentr>
5. Бабій І.В. Логістика: Навчальний посібник. - Київ.: Центр учбової літератури, 2021 р. - 391с.
6. Джордж М. Ощадливе виробництво плюс шість сигм у сфері послуг. Як швидкість ощадливого виробництва і якість шести сигм допомагають удосконаленню бізнесу. - Київ.: Манн, Іванов і Фебер, 2011р. - 464с.
7. Make up. Про компанію. URL:

<https://makeup.com.ua/ua/about/>
8. Воркут А.І. Вантажні автомобільні перевезення (основи теорії транспортного процесу): Навчальний посібник для ВУЗів. – Київ: Вища шк., 1979. – 392 с.
9. Метод північно-західного кута. URL:

<https://fingal.com.ua/content/view/460/76/1/2/>
10. Коряшкіна Л.С., Ус С.А. Навчальний посібник з дисципліни «Методи оптимізації та дослідження операцій» М-во освіти і науки України, Нац. Тех. Ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро: НТУ «ДП», 2020.
11. Шевченко, Ю. О. (2022). Обробка і аналіз даних з використанням електронних таблиць. Частина II «Аналіз даних та макроси». <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/162624>
12. Шевченко, Ю. О. (2022). Обробка і аналіз даних з використанням електронних таблиць. Частина I «Обробка даних». <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/162623>

ДОДАТКИ

Додаток А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ з/п	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітки					
1									
2		Документація							
3									
4	САУ.КР.24.02.ПЗ	Пояснювальна записка	69	Формат А4					
5									
6		Демонстраційний матеріал	14	Презентація на CD-R					
7									
8		Копія роботи	1	Диск CD-R					
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
					САУ.КР.24.02.ДА.ПЗ.				
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Кірнос В.Д.			Матеріали кваліфікаційної роботи	Літ.	Аркуш	Аркушів	
К. розд.		Одновол М.М.							
Керівн.		Одновол М.М.				НТУ «ДП», 12; 124-20з-1			
Н.контр.		Хом'як Т.В.							
Зав. каф.		Желдак Т.А.							

Відгук
на кваліфікаційну роботу бакалавра
 студента(ки) групи 124 – 20з – 1
 спеціальності 124 Системний аналіз

Тема кваліфікаційної роботи: _____

Обсяг кваліфікаційної роботи _____ стор.

Мета кваліфікаційної роботи: _____

Актуальність теми _____

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з об'єктом діяльності бакалавра спеціальності 124 Системний аналіз, оскільки _____

Виконані в кваліфікаційній роботі завдання відповідають вимогам ступеня бакалавра. Оригінальність наукових рішень полягає в _____

Практичне значення результатів кваліфікаційної роботи полягає в _____

Висновки підтверджують можливість використання результатів роботи в _____

Оформлення пояснювальної записки та демонстраційного матеріалу до неї виконано згідно з вимогами. Роботу виконано самостійно, відповідно до завдання та у повному обсязі (*в разі невідповідності – вказати*)

У роботі відзначено такі недоліки: _____

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінки: _____

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

Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра,
 науковий ступінь, вчене звання, посада _____ / ПІБ