

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра прикладної математики і механіки

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

на тему: «**АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ**

**МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА  
РОЗВ'ЯЗАННЯ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ ЗАДАЧ  
ПЛАНУВАННЯ»**

Виконав(ла): студент(ка) 2 курсу, групи 8.1139

спеціальності 113 прикладна математика  
(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми прикладна математика  
(назва освітньої програми)

О.Р. Шеншин

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент кафедри прикладної математики і  
механіки, доцент, к.ф.-м.н. Леонтєва В.В.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент декан математичного факультету  
професор, д.т.н. Гоменюк С.І.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2020

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет математичний

Кафедра прикладної математики і механіки

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 113 прикладна математика

(шифр і назва)

Освітня програма Прикладна математика

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри прикладної математики і механіки, д.т.н., професор,

Грищак В.З.

(підпис)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ(СТУДЕНТЦІ)**

Шеншин Олені Романівні

(прізвище, ім'я та по-батькові)

1. Тема роботи (проєкту) Автоматизація процесу математичного моделювання та розв'язання оптимізаційних задач планування

керівник роботи (проєкту) Леонтьєва Вікторія Володимирівна, к.ф.-м.н., доцент

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

затверджені наказом ЗНУ від « 20 » 05 2020 року № 576-с

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи 1. Постановка задачі.

2. Перелік літератури.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Автоматизовані системи оперативного планування виробництва

2. Характеристика об'єкта і постановка задачі дослідження

3. Розробка математичної моделі

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_

Презентація

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розробка плану роботи.	29.05.2020	виконано
2.	Збір вихідних даних.	01.07.2020	виконано
3.	Обробка методичних та теоретичних джерел.	18.07.2020	виконано
5.	Розробка першого розділу.	05.08.2020	виконано
6.	Розробка другого розділу.	23.09.2020	виконано
7.	Розробка третього розділу.	19.11.2020	виконано
8.	Оформлення та нормоконтроль кваліфікаційної роботи.	20.11.2020	виконано
9.	Захист кваліфікаційної роботи.	17.12.2020	виконано

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

О.Р. Шеншин \_\_\_\_\_  
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

В.В. Леонтєва \_\_\_\_\_  
(ініціали та прізвище)

**Нормоконтроль пройдено**

Нормоконтролер \_\_\_\_\_  
(підпис)

В.В. Леонтєва \_\_\_\_\_  
(ініціали та прізвище)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра «Автоматизація процесу математичного моделювання та розв'язання оптимізаційних задач планування»: 104 с., 15 рис., 5 табл., 17 джерел.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, ЗАДАЧА ПЛАНУВАННЯ, ЛІНІЙНЕ ПРОГРАМУВАННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ, СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ.

Мета дипломної роботи – збільшення результативності роботи підприємства, спираючись на мінімізацію втрат та максимізацію прибутку підприємства, що займається виробництвом кондитерських виробів, що досягається за допомогою економіко-математичної моделі оптимізації закупівель, створеної в роботі.

Метод дослідження – аналітичний.

В першому розділі надається характеристика підприємства у повному обсязі, аналіз у фінансовому сенсі, розглядаються недоліки та переваги роботи підприємства, проведений аналіз підприємства як об'єкта управління, визначена мета і задачі кваліфікаційної роботи. В другому розділі розглядається характеристика підприємства та його організаційна структура. Також розглядається система управління та методи її оптимізації. Третій розділ включає в себе огляд математичних методів, що використовуються для вирішення задач оптимізації, а також розробку автоматизованої інформаційної системи.

Призначення розробленої математичної моделі полягає у використанні в роботі підприємствам, що займаються торгівельною діяльністю.

## SUMMARY

Master's Qualification Thesis «Automation of the process of mathematical modeling and solving planning optimization problems»: 104 pages, 15 figures, 5 tables, 17 references.

MATHEMATICAL MODELING, MATHEMATICAL MODEL, PLANNING TASK, LINEAR PROGRAMMING, CONTROL AUTOMATION, OPERATIVE SYSTEM.

The aim of the study is to increase of efficiency of work of the enterprise, by reception of the maximum profit of the enterprise which is engaged in manufacture of dairy products, thanks to the created economic and mathematical model of optimization of purchases.

Research method and equipment - analytical.

The first section provides the characteristics of the enterprise in full, analysis in the financial sense, considers the disadvantages and advantages of entrepreneurship, analysis of the enterprise as an object of management and the structure of its organization in another section. The control system and methods of its description are also considered. The third section includes an overview of mathematical methods used to solve optimization problems, as well as the development of an automated information system.

The purpose of the developed mathematical model is to use in the work of enterprises engaged in trade activities.

# ЗМІСТ

Завдання на кваліфікаційну роботу.....	2
Реферат .....	4
Summary.....	5
Вступ.....	7
1 Автоматизовані системи оперативного планування виробництва.....	11
1.1 Характеристики технологічних процесів підприємства.....	11
1.2 Моделювання роботи підприємства.....	12
1.3 Інформатизація та автоматизація діяльності підприємства.....	15
1.4 Удосконалення оперативно-виробничого планування на виробничому підприємстві .....	20
2 Характеристика об'єкта і постановка задачі дослідження.....	26
2.1 Характеристика підприємства.....	26
2.2 Аналіз підприємства як об'єкта управління .....	28
2.3 Визначення цілей та постановка задачі дослідження .....	34
3 Розробка математичної моделі .....	36
3.1 Аналітичний огляд літературних джерел.....	36
3.2 Дослідження об'ємів закупівель та продажів.....	51
3.3 Постановка задачі оптимізації закупівель .....	59
3.4 Вибір методу оптимізації закупівель .....	64
3.5 Перевірка моделі оптимізації .....	71
3.6 Інформаційна система підтримки прийняття рішень .....	79
Висновки.....	91
Перелік посилань .....	93
Додаток А Створення інформаційної системи .....	95

## ВСТУП

Останнім часом велика увага приділяється питанням вдосконалення планування, організації та управління економікою. Необхідність такого вдосконалення визначається зростанням масштабів виробництва, ускладнення економічних і виробничих зв'язків. Виникає велика потребність рекомендацій від науки по оптимальному управлінню подібними процесами.

Створення системи оперативно-календарного планування або вдосконалення діючої являє собою надзвичайно складну комплексну задачу, що вимагає для свого рішення великих витрат праці кваліфікованих фахівців. Це пояснюється тим, що вдосконалення оперативно-календарного планування - це по суті вдосконалення організації та управління виробничим процесом у всьому його різноманітті.

Велике число математичних моделей за останнім часом успішно зарекомендували себе, приносячи практичний ефект. В першу чергу, до них слід віднести клас моделей лінійного програмування.

Досвід реалізації науково обґрунтованих систем оперативно-календарного планування на промислових підприємствах, як правило, дозволяє різко скоротити втрати робочого часу робітників-верстатників, значно зменшити кількість переналадок обладнання і вивільнити відповідне число наладчиків, поліпшити використання устаткування, підвищити якість продукції, що випускається, упорядкувати кількісний склад здолав і їх комплектність, ліквідувати дефіцит.

В епоху науково-технічної революції зростає необхідність раціонального використання робочої сили, засобів виробництва, технічного оснащення та обладнання. Один з напрямків підвищення продуктивності праці полягає в застосуванні сучасних математичних методів і технічних засобів, таких, як

мережеве планування і управління, дослідження операцій, математичне моделювання, обчислювальна техніка.

Для ефективного аналізу механізму явищ і управління виробничими процесами необхідно знайти зв'язок між факторами, від яких має залежність хід процесу, і представити їх у вигляді математичної моделі. Математична модель є певним відображенням, математичним віддзеркаленням характеристик процесу, що є найбільш важливими. Під моделю розуміється певна сукупність рівнянь, алгоритмічних правил, або умов, і дозволяє:

- отримувати та аналізувати інформацію про інформацію, що відбуваються в певному об'єкті;
- аналізувати системи, робити розрахунки по системам, а також проектувати їх;
- виділяти інформацію, що може бути досить корисною для оптимального управління об'єктом, що моделюється.

Проблеми математичного моделювання в даний час є дуже актуальними, оскільки прискорення науково-технічного прогресу у відповідних виробництвах ґрунтується на вдосконаленні технологічних процесів, що, у свою чергу, вимагає системного вирішення завдань автоматизованого проектування і управління на основі комплексного математичного моделювання та оптимізації.

У даній роботі вивчається проблема оптимізації технологічного процесу виробництва виробів. Для його моделювання складаються дві різні моделі: мережева модель і завдання лінійного програмування. У мережній моделі оптимізація проводиться по параметру часу, тобто мінімізується час збирання партії виробів. Завдання лінійного програмування вирішується з точки зору максимізації одержуваного прибутку (основне завдання).

Автоматизація управління виробництвом відноситься до найбільш ефективних напрямків застосування інформаційних технологій. Складні технологічні процеси, швидка зміна цін на сировину і продукцію, часто



змінюється ситуація на ринку праці змушують керівництво підприємства оперативно приймати оптимальне рішення на основі аналізу великого обсягу інформації.

Впровадження комп'ютерної техніки в процеси інформаційних обмінів між підрозділами підприємства не тільки прискорює їх, але і значно зменшує неузгодженість документів, які є різними зрізами одних і тих же даних. Розумна система безпеки і резервного копіювання даних дозволяє уникати втрат і несанкціонованого доступу до важливої інформації.

Залучення математичного апарату дозволяє отримати не тільки якісні, а й кількісні оцінки ситуації, що склалася на підприємстві. Розвинені системи побудови звітів дають можливість представляти як повторювані з різною частотою, так і унікальні звіти.

**Об'єкт дослідження** - система оперативного планування виробництва підприємства з заданою номенклатурою випуску виробів.

**Предмет дослідження** - інформаційно-аналітичне забезпечення та математичні моделі оптимального планування виробництва виробів.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка інформаційно-аналітичної системи та математичної моделі для вирішення задач оперативного планування виробництва.

В ході роботи розв'язуються наступні наукові та практичні задачі:

- розробка оптимізаційних математичних моделей оперативного планування виробництва з урахуванням багатьох обмежень;
- розробка програмного забезпечення розв'язання задач оперативного планування виробництва;
- розробка алгоритмів розв'язання задач оптимального використання ресурсів підприємства виходячи з різних критеріїв якості.

Розроблена і реалізована у вигляді інформаційно-аналітичної системи методика оперативного планування виробництва може використовуватися

різними підприємствами із заданою номенклатурою виробів, що випускаються для оптимізації плану виробництва в реальному масштабі часу з використанням різних обмежень і критеріїв оптимізації.

Робота складається з трьох розділів.

В першому розділі розглядається саме підприємство, надається його характеристика та аналіз у фінансовому сенсі. У кожного підприємства є свої недоліки та переваги, які теж оглядаються в даному розділі. Також визначається мета роботи та проводиться аналіз підприємства.

Другий розділ присвячений характеристиці підприємства та його організаційній структурі. Також розглядається система управління та методи її оптимізації.

Третій розділ включає в себе огляд математичних методів, що використовуються для вирішення задач оптимізації, а також розробку автоматизованої інформаційної системи.

У висновку наводяться основні результати і висновки по роботі.

# **1 АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА**

Перший розділ включає в себе інформативні дані про автоматизовані системи оперативного планування. В даному розділі дана повна характеристика підприємства, фінансовий аналіз підприємства, виявлені переваги і недоліки роботи підприємства, проведений аналіз підприємства як об'єкта управління, визначена мета і задачі кваліфікаційної роботи.

## **1.1 Характеристики технологічних процесів підприємства**

Найважливішою характеристикою промислового виробництва, яку багато в чому визначає його структуру управління, є тип виробництва: масовий, серійний і одиничний. Вони відрізняються обсягом виробництва і періодичністю випуску.

Для масового виробництва характерний великий обсяг випуску продукції при строго обмеженій номенклатурі (машинобудівне виробництво, шарикопідшипники, болти і т.п.). Це дозволяє використовувати високопродуктивне спеціалізоване устаткування і оснащення. Даний тип виробництва найбільш ефективний: тут досягається висока продуктивність праці, значна рентабельність, низька собівартість продукції.

Процес виготовлення виробу визначається як технологічний процес, що складається із сукупності послідовно виконуваних технологічних і допоміжних операцій. Необхідно також, щоб всі технологічні операції виконувалися в послідовності, заданої технологічним процесом. При оптимізації технологічних

процесів масового виробництва слід розрізняти два види оптимізації: структурну і параметричну.

Структурна оптимізація технологічних процесів передбачає вибір оптимальних технологічних маршрутів, оптимальних видів заготовок, оптимальних видів обладнання, оптимальної структури технологічних операцій.

Параметрична оптимізація полягає у визначенні оптимальних параметрів технологічних процесів: оптимальних режимів різання (швидкість, подача), оптимальних величин заділів для потокової лінії, стійкості інструменту, вибір оптимального набору інструментів для кожної операції і т.д.

Оптимізаційні моделі будуються з урахуванням характеру виробничого процесу, його безперервності або дискретності, що знаходить своє відображення в накладенні додаткових обмежень.

Будь-яке масове виробництво є дискретним, тобто воно переривається при виконанні допоміжних операцій: транспортування, установки, зняття заготовки і т.д.

Для забезпечення виконання всіх умов роботи підприємства використовуються моделі виробничих процесів, які направлені на виконання поставлених цілей та їх оптимізацію.

## **1.2 Моделювання роботи підприємства**

Як було вказано в підрозділі 1.1, моделювання роботи підприємства є невід'ємною частиною у виконанні всіх етапів виробництва.

Моделі виробничих процесів розрізняють за такими ознаками, як математичні методи моделювання, задачі (функції) управління, цілі моделювання, етапи (процедури) управління.

Специфіку моделей, в свою чергу теж можна класифікувати в залежності від цілей моделювання, тобто, моделювання виражається в виборі відповідних критеріїв ефективності, а також в процедурі реалізації результатів моделювання.

Залежно від задач управління розрізняють моделі, які орієнтовані на конкретні виробничо-економічні задачі, такі як задачі календарного планування, управління розвитком підприємства, контролю якості продукції і т.д.

Залежно від етапу управління моделі можуть бути інформаційними, математичними, програмними, тобто націлені на відповідні етапи руху та переробки інформації.

Математичні моделі будуються на основі методів дослідження операцій. Найчастіше розглядають екстремальні моделі математичного програмування. Екстремальні моделі математичного програмування об'єднують ряд математичних методів, призначених для найкращого розподілу наявних обмежених ресурсів (сировини, палива, робочої сили, устаткування, часу і т. д.), А також для складання найкращих оптимальних планів дій [14].

У виробничо-економічних системах можна виділити наступні основні моделі:

- моделі оперативного управління і регулювання;
- моделі планування виробничо-економічної діяльності підприємства;
- моделі управління збутом продукції;
- моделі управління матеріально-технічним постачанням виробництва;
- моделі технічної підготовки виробництва.

Кожна з цих моделей висвітлює лише один із напрямів знаходження рішень. В останні роки робляться спроби створення єдиної узагальненої моделі, що охоплює весь виробничий процес.

У даній роботі детально розглядаються моделі оперативного планування. Цільова функція моделей цієї групи передбачає максимізацію критерію

ефективності виробничої діяльності підприємства виходячи з наявних потужностей і ресурсів, або мінімізації витрат ресурсів в рамках заданого критерію ефективності. Типовими оптимізаційними моделями технічного планування є моделі для розрахунку мінімального терміну виконання виробничої задачі, або розрахунку оптимального плану розподілу виробничої програми по календарних періодах, а також розрахунку оптимального завантаження устаткування. Побудова цих моделей здійснюється за допомогою математичних методів оптимізації. Моделі оперативно-виробничого планування зазвичай поєднують з моделями оперативного управління.

Залежно від виду та рівня оптимізації основні види використовуваних критеріїв оптимальності можна об'єднати в наступні основні групи:

- економічні - мінімальна собівартість; найменші приведені витрати; найбільший прибуток; мінімальний рівень витрат на виробництво; мінімальні витрати на фонд заробітної плати та ін.;
- техніко-економічні - максимальна продуктивність; найкоротший термін виготовлення; коефіцієнт корисної дії обладнання і т.д.

Найбільш часто в якості економічного критерію беруть мінімальну собівартість, або максимальний прибуток, а в якості техніко-економічного критерію - максимальну продуктивність, або мінімальний час виконання плану.

Вперше проблема оптимізації при багатьох критеріях була сформульована Парето в 1886 році. На сьогоднішній день математичні методи оптимізації переходять на все більш автоматизаційний рівень.

### 1.3 Інформатизація та автоматизація діяльності підприємства

Є чотири варіанти автоматизації процесу управління виробництвом: самостійна розробка, "коробковий варіант", система що адаптується і замовна система. Розглянемо кожен варіант.

Самостійна розробка здається єдино вірним варіантом в разі підприємства, що володіє штатом програмістів. Однак даний підхід має ряд певних недоліків:

- наявна команда не має необхідний досвід проектування подібних систем, і для вивчення проблеми буде потрібно чимало часу;
- фахівці, задіяні в проекті, будуть відвернені від своїх прямих обов'язків;
- довгостроковий проект може завершитися невдачею, і витрати на його фінансування можуть виявитися необґрунтованою витратою.

Як наслідок, вибір варіанту самостійної розробки ефективний тільки для підприємств, що займаються розробкою великих програмних продуктів.

"Коробочний варіант" або придбання програмного продукту для вирішення задач автоматизації процесу управління підприємством неможливо через їхню відсутність. Причина криється в значній специфіці управління підприємствами різних типів діяльності.

Найбільш перспективним на ринку програмних продуктів є направління адаптуючих систем. Під адаптуючою системою розуміється система, що має програмне ядро, в яке закладено необхідний універсальний набір функцій.

Є два функціонально рівноцінних, але абсолютно різних зовні варіанти налаштування інтерфейсу. Першим варіантом є наявність величезної кількості параметрів, що настроюються, а другим - власної мови програмування.

Зовсім необов'язково, що налаштуванням адаптуючої системи займатиметься фірма-розробник. Політика поділу завдань дозволяє фірмі розробнику перекласти тягар роботи з відносно дрібними клієнтами на плечі

обслуговуючих фірм, що, безумовно, призводить до зростання рейтингу продукту.

Замовлення системи сторонньої організації може дати найбільш якісний результат, але вартість цього варіанту, ймовірно, буде вище вартості адаптуючої системи. Аналогічно самостійної розробки системи автоматизації, замовний комплекс зажадає чималого періоду часу на його створення, тестування і усунення помилок. Однак, зважаючи на більший професіоналізму сторонніх фахівців терміни розробки і впровадження будуть значно коротше термінів самостійної розробки.

Представлення на сучасному ринку безліч систем, орієнтованих на автоматизацію різних процесів на підприємстві, можна розділити на кілька класів по функціональності і видам розв'язуваних завдань:

- інформаційно-аналітичні системи;
- автоматизовані системи управління підприємством;
- системи автоматизації бухгалтерського обліку.

Корпоративні інформаційні аналітичні системи є подальшим розширенням інформаційної інфраструктури організації, своєрідною надбудовою над обліковими системами, які спочатку спроектовані для вирішення аналітичних задач і орієнтовані на управлінський персонал компанії. Вони є сучасним високоефективним інструментом підтримки прийняття стратегічних, тактичних і оперативних управлінських рішень.

Ефективність зберігання інформації забезпечується наявністю в складі інформаційно-аналітичної системи цілого набору джерел даних. Обробка і об'єднання інформації проводиться із застосуванням інструментів вилучення, перетворення і завантаження даних. За допомогою певних інструментів аналізу даних, наприклад пакет статистики для аналізу, виконується аналіз зібраних даних.



Сучасна інформаційно-аналітична система структурно розбивається на кілька рівнів. Розглянемо кожен з них.

1. Обробка первинних даних. Тут розташовані транзакційні бази даних, призначені для повсякденної діяльності підприємства. Від них вимагається висока швидкість обробки даних. Завданням цих баз є обслуговування швидкісних локальних процесів.

2. Витяг, перетворення і завантаження даних. На даному рівні здійснюється збір даних з різних джерел нижнього рівня, далі їх перетворення і консолідація, а також завантаження в цільові аналітичні бази даних за допомогою так званих ETL- інструментів (extraction, transformation, loading).

3. Складування даних. Третій рівень формують сховища даних, які включають в себе джерела даних, призначені для зберігання і аналізу інформації. Такі джерела часто об'єднують інформацію з кількох транзакційних систем і дозволяють проводити її комплексний аналіз із застосуванням спеціалізованих програмних інструментів.

4. Робота з інформацією в вітринах даних. До четвертого рівня архітектури ІАС відносяться вітрини даних, що представляють собою джерела даних, орієнтовані на проведення цільового ділового аналізу. Вітрини даних за типом зберігання інформації поділяються на реляційні та багатовимірні. Вітрини даних відрізняються інтерфейсом доступу до даних для користувачів, які не є професійними розробниками баз даних: аналітиків і менеджерів різних рівнів, від транзакційних баз даних. Транзакційні бази даних використовуються співробітниками, які здійснюють обробку первинної інформації,

5. Аналіз даних. Інструменти що використовуються користувачами для доступу до інформації, її аналізу та формування звітів, як довільних так і встановлених регламентом, для аналізу даних. В якості початкової інформації для виконання ділового аналізу, зазвичай, використовують вже оброблені, проаналізовані раніше, дані зі сховища даних або представлені в вітринах даних.

6. Web-портал. До традиційного виду архітектури ІАС необхідно додати Web-портал. Можливість доступу до роботи з системою за допомогою стандартного Web-браузера дозволяє економити на витратах, пов'язаних із закупівлею та підтримкою клієнтських аналітичних додатків для різних платформ. Реалізація Web-порталу дозволяє отримувати доступ до аналітичної інформації як користувачам всередині підприємства, так і мобільним користувачам за допомогою глобальної мережі, в тому числі і за допомогою «кишенькових» пристроїв.

Наступний клас систем - автоматизовані системи управління підприємством (АСУП) і автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУТП).

АСУП - програмне середовище, що забезпечує підтримку управління фінансами, кадровим складом, плануванням закупівель матеріалів і збутом продукції підприємства.

АСУТП - сукупність апаратно-програмних засобів, що здійснюють контроль і управління виробничими і технологічними процесами; підтримують зворотний зв'язок і мають досить активний вплив на хід процесу у випадку, коли він відхиляється від заданих параметрів; забезпечують оптимізацію керованого процесу та його регулювання.

АСУП і АСУТП, як інформаційно-аналітичні системи надають такі інструменти, як збір, зберігання і обробка даних; аналіз інформації та ін., а також дають ряд розширених можливостей, таких як оптимізація та планування виробництва. Системи цього класу дозволяють вести більш тонкий облік на підприємстві, відповідно, такі системи мають більш розвинений інтерфейс і надають дуже гнучкі інструменти для представлення даних. У зв'язку з цим дані системи можна розглядати як приклад для реалізації подібних можливостей у власних розробках.

Системи бухгалтерського обліку дозволяють вести аналітичний і синтетичний облік, автоматично формувати бухгалтерські регістри, такі як головна книга, оборотний баланс, відомість, аналітична картка, шахові звіти.

В даний час існує безліч засобів генерації звітів. Кожне з цих засобів відрізняється своїм інтерфейсом. Крім стандартних компонентів відображення даних, є компоненти багатовимірного представлення даних у вигляді так званого кросстаба.

Під кросстабом розуміють таке табличне представлення даних, яке має змінну структуру по горизонталі і вертикалі. В осередках кросстаба містяться не дані, а розрахункові значення для двох полів, які перетинаються в цьому осередку.

На відміну від звичайної таблиці даних, яка має строго задане число стовпців, для кросстаба число і призначення стовпців залежить від значень якого-небудь поля. Число рядків в кросстаба також залежить від значень якого-небудь поля. В осередках кросстаба завжди відображається підсумова інформація за значеннями полів вихідної таблиці БД, назви яких позначають рядки і стовпці.

У загальному випадку горизонтальну і вертикальну структури кросстаба становлять кілька полів, одночасно згрупованих щодо загальних полів. Наприклад, всередині полів по продукції цехів може бути представлена більш детальна інформація по виробам або місяців. У кожному осередку кросстаба відображається сумарна інформація по тим колонам і рядках, яким належить розглянутий осередок. Від числа значень в запиті групуючих полів залежать розміри кросстаба по вертикалі і горизонталі.

Безсумнівна перевага багатовимірного представлення даних в тому, що користувач може легко змінити взаємне положення розмірностей одного боку між собою і переносити розмірності (сукупність осередків, які відносяться до одного поля запиту) з горизонталі на вертикаль і назад. При цьому взаємне

розташування розмірностей по сторонам кросстаба ніяк не пов'язане з місцем полів в запиті.

#### **1.4 Удосконалення оперативно-виробничого планування на виробничому підприємстві**

Для більшої частини підприємств в даний час в числі головних проблем є вдосконалення оперативно-виробничого планування (ОПП). Існує необхідність роботи з досить великою кількістю інформації в недостатньо стабільних ринкових умовах, а також необхідна цільова орієнтація на досягнення власних показників прибутку і рентабельності які призводять до зростання невизначеності, що супроводжує процес планування на невеликому інтервалі часу. До даної параметричної невизначеності, яка виникає з стохастичності виробничих процесів, і інформаційної невизначеності додається невизначеність мети, яка виникає через різних критеріїв ефективності планових рішень на різних рівнях планування, і різної інформації, доступної управлінському персоналу.

Аналіз здійснення оперативно-виробничого планування (ОПП) як функції управління на виробництві показав, що дана структура задач планування не зазнала жодних змін з розвитком ринкових відносин.

Задачі системи оперативно-виробничого планування (ОПП) виробничої організації повинні визначатися як: розподіл виробничої програми по календарному терміну; оперативна підготовка, а також обслуговування виробництва, які забезпечують узгоджену і ритмічну роботу всіх структурних підрозділів підприємства; поточне регулювання виробництва, а також облік і контроль виконання планів графіків робіт.

Головним напрямком удосконалення ОПП протягом досить довгого часу була розробка і практична реалізація економіко-математичних моделей, також

автоматизація процесів планування і акумулювання інформації даного процесу. Таким чином існуючі методи ОПП головним чином формуються на імітаційному моделюванні. Робота деяких вчених в даному напрямку активним способом ведеться з середини минулого століття. В останні роки особливо зріс інтерес до даного напрямку вдосконалення ОПП, це безперечно пов'язано з розвитком інформаційних систем управління (ІСУ) на підприємствах галузі. Практичне застосування різного роду моделей в ОПП представляє інтерес з точки зору інструментарію зниження невизначеності та ризиків при прийнятті рішень, які орієнтовані на досягнення загальносистемних цілей.

У наш час необхідно переорієнтувати системи планування в цілому на досягнення певних загальносистемних цілей, таким чином критерії ефективності оперативних планів вимагають перегляду. Крім цього, невизначеність зовнішнього середовища компанії робить істотний вплив на ОПП, незважаючи на те, що робота з цією групою ризиків являє собою завдання стратегічного планування.

Зниження обсягу одиничного замовлення, досить часті коригування виробничої програми, неможливість реалізації безказної продукції і дефіцит ресурсів є значимими факторами зовнішнього середовища, які безпосередньо впливають на ОПП. Враховувати перераховані вище фактори в практиці планування можливо шляхом зниження періоду ОПП до рівня робочої зміни, зниження рівня прийняття управлінських рішень до змінного диспетчера, а також зміни планово-облікової одиниці планування до рівня одиничного замовлення. У наслідку цього, необхідно переглядати структуру рівня прийняття рішень, тобто розукрупнення і спрощення процесів прийняття рішень в існуючій практиці планування.

Часто може зустрічатися думка, що часта корекція планів виробництва і необхідність щодобового ув'язки роботи агрегатів технологічного комплексу за обсягами і за часом певним чином є результатом низької ефективності

застосовуваних методик ОПП. В даному випадку затверджується, що методика ОПП повинна бути максимально стійкою і необхідна забезпечувати потребу в переплануванні максимально 2-3 рази на місяць.

На завершення проведених досліджень в області ОПП у виробничій організації було визначено, що нові проблеми в даній теорії це: цільова орієнтація системи планування в цілому спрямована на досягнення прибутку, а також необхідність приведення критеріїв ефективності ОПП у відповідність з цілями стратегічного планування; відсутність інструментів прийняття рішень на рівні ОПП, згідно прийнятих відповідно до загальносистемними цілями в умовах невизначеності факторів зовнішнього і внутрішнього середовища.

Сучасним способом вирішення даної проблеми є створення і застосування системи контролінгу як інструменту ОПП економічного суб'єкта.

Основні переваги контролінгу наводяться до наступного:

а) надання всієї необхідної інформації керівництву всіх без винятку відділів підприємства для прийняття ефективних рішень не тільки на перспективу, а й по конкретним ринковим ситуацій;

б) своєчасне визначення відхилень від встановлених норм, стандартів, кошторисів, передбачень;

в) знаходження фінансових результатів реалізованої продукції;

г) з урахуванням факторів внутрішнього і зовнішнього середовища вироблення конкретних рекомендацій керівництву підприємства не тільки по оновленню торгового асортименту, його оптимізації, але також і сервісного обслуговування клієнтів, більш інтенсивної активізації маркетингових комунікацій.

Звідси випливає, для підвищення ефективності і гнучкості планування в виробничих компаніях доцільно формувати систему контролінгу.

За змістом, методами і технологіями в контролінгу слід виділяти дві складові: оперативну та стратегічну, які є інструментами відповідних видів

планування. У цій сфері основний акцент зроблений на перспективах створення і впровадження в практику роботи виробничих організацій системи оперативного контролінгу.

В даний час оперативний контролінг - це перш за все функціонально відособлений напрям економічної роботи на підприємстві, він тісно пов'язаний з реалізацією функції, що забезпечує прийняття оперативних і стратегічних управлінських рішень на підприємстві. Головною метою оперативного контролінгу є спрямованість управлінського процесу на виконання цілей, які стоять перед системою управління підприємством.

Як наслідок, основним перспективним напрямком удосконалення ОПП в виробничих організаціях є створення і впровадження системи оперативного контролінгу (СОК). Оперативний контролінг дає можливість ефективно управляти поточною фінансово-господарською діяльністю підприємства, яка включає постановку цілей, збір вихідної інформації та її обробку для прийняття рішень на підприємстві, реалізація функцій оперативного контролю відхилень фактичних показників діяльності організації від планових, їх оцінку і аналіз, а також формування можливих варіантів управлінських рішень, які дозволяють в результаті оптимізувати витрати і фінансові результати. Та все це буде сприяти підвищенню ефективності та гнучкості планування діяльності підприємства.

Підводячи підсумки першого розділу, при правильному використанні методів і способів прогнозування діяльності підприємства в системах оперативного планування виробництва (ОПП), по черзі вирішального поставлених перед ним завдань, а також при контролюванні всіх робочих процесів, можна з упевненістю сказати, що за дуже короткий період часу діяльність підприємства буде здійснюватися як перспективна, що стабільно розвивається і прибуткова організація.

Головною метою системи ОПП є організація узгодженого в часі і просторі руху предметів праці у виробництві.

Критеріями досягнення цілей ОПП є:

- повне комплектне і рівномірне виконання виробничої програми при дотриманні встановлених термінів випуску продукції;
- повне і найбільш раціональне використання засобів виробництва (устаткування, площ, людських ресурсів);
- підтримання заданої швидкості виробництва при необхідному і достатньому зв'язуванні оборотних коштів.

Найважливішим стратегічним критерієм оцінки системи ОПП є організація і підтримка ритмічності виробництва і рівномірності роботи всіх підрозділів і служб фірми. Досягнення цього критерію означає узгоджену, взаємопов'язану роботу підрозділів основного виробництва, технічних і забезпечують служб щодо виконання поточного плану, побудовану на основі заздалегідь розробленого календарного графіка виробництва.

Для оцінки дотримання встановлених в календарних графіках обсягів і термінів виготовлення продукції в натуральному вираженні використовуються показники ритмічності і рівномірності випуску продукції.

У практичній діяльності, на багатьох промислових підприємствах ритмічність часто визначається за питомою вагою випуску товарної продукції за декаду (десятиденку) в загальному обсязі за місяць.

У блоці оперативного планування розробляються завдання по кожному робочому місцю на зміну (добу), а також організується оперативне виконання, щоденний оперативний облік, контроль і регулювання виробництва.

У елементний склад системи ОПП входять:

- трудові ресурси - лінійні керівники різного рівня, плановики, диспетчери, обліковці, складські працівники;
- технічні засоби - комп'ютери, макро - і міні-ЕОМ, ПЕОМ, мікропроцесорна техніка, автоматизовані робочі місця фахівців з управління виробництвом;



- економіко-математичне забезпечення - алгоритми, методи моделювання, лінійного програмування (симплекс-метод, транспортна задача, метод потенціалів та ін.);

- інформаційне забезпечення - технологічні процеси, нормативи і норми трудомісткості, календарно-планові норми (розмір партії, тривалість циклу виготовлення та ін.), номограми, графіки і різна планово-облікова документація.

В організаційному аспекті система ОПП має трьох рівневу структуру: рівні підприємства, цеху і ділянки. На рівні підприємства центральний виробничо-диспетчерський відділ (ПДС) вирішує комплекс завдань міжцехового оперативно-виробничого планування, маючи в своєму розпорядженні для цього бюро (групами) об'ємно-календарного планування, оперативної підготовки виробництва, розробки календарно-планових норм (КПН), замовлень і диспетчерської групою. На рівні цеху виробничо-диспетчерського бюро (ПДБ) вирішує комплекс завдань внутрішньоцехового оперативно-виробничого планування. На рівні ділянки керівники ділянок, планово-диспетчерський персонал і бригадири вирішують комплекс завдань внутрішньочасткового планування, визначають і забезпечують рух предметів праці по робочих місцях і бригадам, здійснюють оперативний контроль і регулювання ходу виробництва.

Організаційна структура служби ОПП залежить від:

- типу виробництва;
- об'ємів випуску продукції;
- ступеня централізації функцій ОПП.

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Характеристика підприємства

Розглянемо підприємство, що є товариством з обмеженою відповідальністю, кожне таке підприємство має за власне майно за певними обов'язками. У такого підприємства є власне незалежне майно, яке є відділеним, свій власний розрахунковий рахунок, також є печатка, на якій зображується емблема та власна назва, а також штамп та певний товарний знак.

Дане підприємство створено з метою:

- а) насичення ринку високоякісними товарами і послугами;
- б) реалізація за рахунок отриманого прибутку економічних і соціальних інтересів учасників.

Предметом діяльності підприємства, що розглядається, є господарська (торгова) діяльність, зокрема:

- а) оптова та роздрібна торгівля споживчими продуктами;
- б) експорт і імпорт товарів.

Взяте підприємство займається продажем кондитерських виробів, тобто торгівлею продуктами харчування. Постачальниками, з якими існує тісна співпраця, підприємства є: постачальник А, постачальник В, постачальник С, постачальник D, постачальник Е.

Підприємство свою організаційну структуру, що представлена на рисунку 2.1:

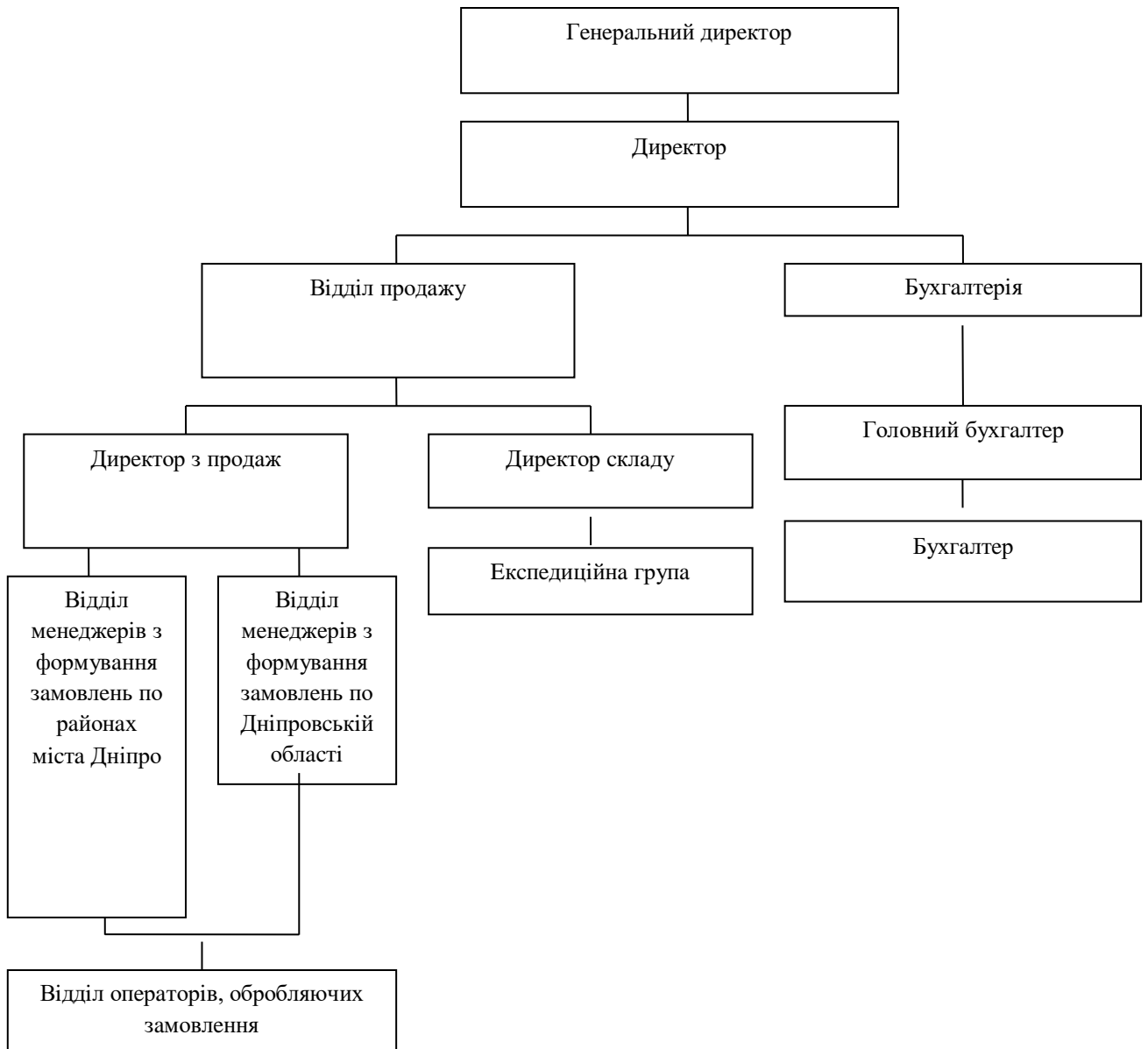


Рисунок 2.1 – Організаційна структура підприємства

На вище приведеному рисунку представлена організаційна структура підприємства. Підприємство працює на основі встановленого регламенту й установчого договору. З рисунка можна побачити, що підприємство має засновника, що вніс певні кошти в підприємство і стежить за діяльністю підприємства. Є директор, який займається керуванням компанії. Усі поточні рішення приймаються директором і головним бухгалтером.

Якщо директор і головний бухгалтер не приходять до єдиного рішення, тоді може бути створена комісія в складі директора, а також інших працівників компанії. Склад комісії затверджується главою підприємства.

## **2.2 Аналіз підприємства як об'єкта управління**

Будь-яка система складається з двох взаємопов'язаних: системи управління та системи, якою керують. До системи, якою керують відносять усі елементи та підсистеми підприємств, об'єднань і міністерств, які забезпечують безпосередньо процес надання послуг.

Система управління включає в себе саме елементи та підсистеми об'єднань і міністерств, які і забезпечують виконання процесу управління, тобто вони цілеспрямовано впливають людей, які і є зайняті у системі, якою управляють. Структура управління, а саме організаційна структура являється одним з важливих елементів цієї. Зазвичай, система має ієрархічний принцип, який має наступний вигляд: виробництво очолює керівник, в свою чергу у керівника є заступники, а заступники вже підпорядковують собі підрозділи апарату управління. Разом з наведеною структурою, паралельно, також працюють наукова, технічна рада та колегія, тобто органи колегіального керівництва. А кож до складу системи управління повинні входити як соціальні, так і технічні та технологічні. Всі наведені вище системи і формують систему управління і систему, якою управляють.

Технічна система представляє собою пропорційне поєднання окремих технічних засобів, які складаються з багатьох видів обладнання. Технічна система виражається потужностями виробництва в системі, якою управляють, для того щоб інформація була повною потрібно постійно оновлювати та вдосконалювати технічні системи.

Організаційна система, що забезпечує створення виробничої структури, дозволяє раціонально використовувати обладнання, предмети праці, технологію, роботу та інші процеси.

Технічні, технологічні та організаційні системи повністю характеризують організаційно-технічну сторону виробництва та управління ним.

Економічна система підприємства, яка поєднує економічні процеси та зв'язки під час руху промислових активів, відображає безперервне цілеспрямоване функціонування системи.

Соціальна система активізує засоби виробництва, а також бере участь в управлінні ними. З економічною системою, ця система визначає цілі виробництва, формує принципи та методи його організації.

Керована система та система управління перебувають у тісних і взаємозалежних відносинах, що відображається на кількісних відносинах: чим більше система, якою керують, тим більша система керування.

Процеси управління - це особлива форма людської діяльності для забезпечення цілеспрямованості та злагодженості всіх членів команди. Якщо один виробник керує власною справою, то виробнича команда потребує лідера.

Розвиток виробництва в економічних відносинах збільшує розподіл, спеціалізацію та кооперацію, а отже, взаємозалежність руху матеріалізованої та живої робочої сили, що значно ускладнює її.

Традиційні системи управління базуються на науці. Їх характеристиками є: застосування економічного та державного законодавства; забезпечення системи та безперервності процесу управлінського впливу; моделювання об'єктів та суб'єктів управління; кількісна оцінка явищ; вибіркова одиниця управління, зберігаючи при цьому плюралізм усіх форм власності. На основі вивчення законів управління формуються основні правила (принципи) традиційної системи управління.

Реалізація управлінської політики досягається створенням системи функцій, яка породжується складністю та різноманітністю виробництва та управління. Функції управління покликані досягти конкретних цілей - вони відображають дії, які вимагає керівництво. Основні функції управління включають планування, бачення, планування, передачу рекомендацій, доручення, ведення бухгалтерії, управління та контроль.

Вибір і формулювання функцій є важливим етапом керування, оскільки він визначає структуру керування, а також ролі управлінських організацій.

Взаємодія та взаємозв'язок системи управління та системи, якою вона керує, здійснюється за допомогою інформаційних комунікацій шляхом передачі інформаційних потоків, тому висновок управління негайно відображається у висновку ІД. Засоби та методи автоматизації управління спрямовані на підтримку необхідної продуктивності та якості роботи системи управління. У цих умовах впровадження найсучаснішого управління НІТ неминуче.

Автоматизація управління економікою є лише одним із напрямків її вдосконалення. Наукові методи управління, діяльність щодо вдосконалення економічного механізму, структурні перебудови, організація наукової роботи, національна система та технічні заходи - і все. Але всі вони розвиваються, вдосконалюються, модернізують систему управління. Водночас науково-технічна революція, близька до другого інформаційного бар'єру, вимагала революційних дій, радикального перегляду концепції побудови та експлуатації системи.

Радикальне вдосконалення в галузі автоматизації управління відбувається із запровадженням НІТ, який принципово відрізняється від податку на прибуток. Завдання полягає в якісному переході від сучасної технології управління традиційним потоком документів від людини до паперу (що використовується і сьогодні в сучасних АСУ) до безпеки. Необхідно досягти складності управління

на основі вдосконалення економічного механізму організаційної перебудови інформаційних потоків в системі управління.

Найпоширенішою формою автоматизації організаційних систем управління є АСУ різного рівня. Науково-технічний прогрес в економіці країни набув форми науковово-технічної революції, він об'єднує нових працівників та нові колективи в єдиний виробничий процес, а це, в свою чергу, забезпечує підвищення вимог до організації узгодженої діяльності людей, а також ускладнює цей процес, що викликає безумовне зростання потоків важливої інформації, яка вимагає уваги, тобто дану інформацію потрібно не тільки запам'ятовувати, а ще передавати та перетворювати.

Будь-яка система управління має допоміжне значення. Головну роль відіграє бізнес-об'єкт. Кожен об'єкт управління виконує цільову функцію, яка змінюється з часом і забезпечує її, діючи під впливом багатьох зовнішніх і внутрішніх факторів. Зовнішніми факторами є зв'язок з іншими об'єктами, постачальниками сировини та інших ресурсів, споживачами продукції, що виробляється об'єктом. Внутрішні фактори, які діють локально в місці розташування об'єкта, часто називаються внутрішніми порушеннями (аварії, перешкоди і т.і.).

За певний час експлуатації об'єкта можна завдати йому шкоди, порушити умови його експлуатації, поставити під загрозу якість досягнення поставлених цілей. Для того, щоб заистити об'єкт від впливу несприятливих факторів і мати можливість працювати в задовільній якості, можна вибрати два напрямки: забезпечити його резервами, які можна компенсувати; забезпечити кошти для забезпечення його такими запасами ззовні.

Певна конкретна зміна поведінки об'єкта, (наприклад додаткове використання ресурсів або зміна шляху його функціонування) здійснюється шляхом зміни розміру, правил, норм та інших атрибутів.

Технічні пристрої, що змінюють параметри управління, тобто змінюють правила, норми та інші параметри, або вводять групу змін, називають регуляторами.

Однак управління завжди ініціюється сигналом про необхідність прийняття управлінського рішення і вимагає певних правил, інструкцій або алгоритмів вибору алгоритмів.

З появою комп'ютерів та пристроїв для перетворення інформації можливості управління значно зростають.

Розглянемо деяку особливу автоматизовану систему управління певного підприємства, яка зображена на рисунку 2.2. На рисунку, що зображено нижче, наводиться система управління певного підприємства, де

⇨ - потоки підприємства, що називаються матеріальними;

→ - потоки підприємства, що називаються інформаційними.

Виробники (компанії 1, 2, 3,..., n), які знають склад ресурсів компанії, доставляють продукцію на склад. Система управління обмінюється зі складом інформацією про кількість придбаних товарів, попереджає склад про перешкоди, які можуть раптово виникнути.

Перешкодами можуть бути стихійні лиха, перекриття доріг, перешкоди на виробничих потужностях, що з якихось причин затримує виробництво продукції та її доставку на склад.



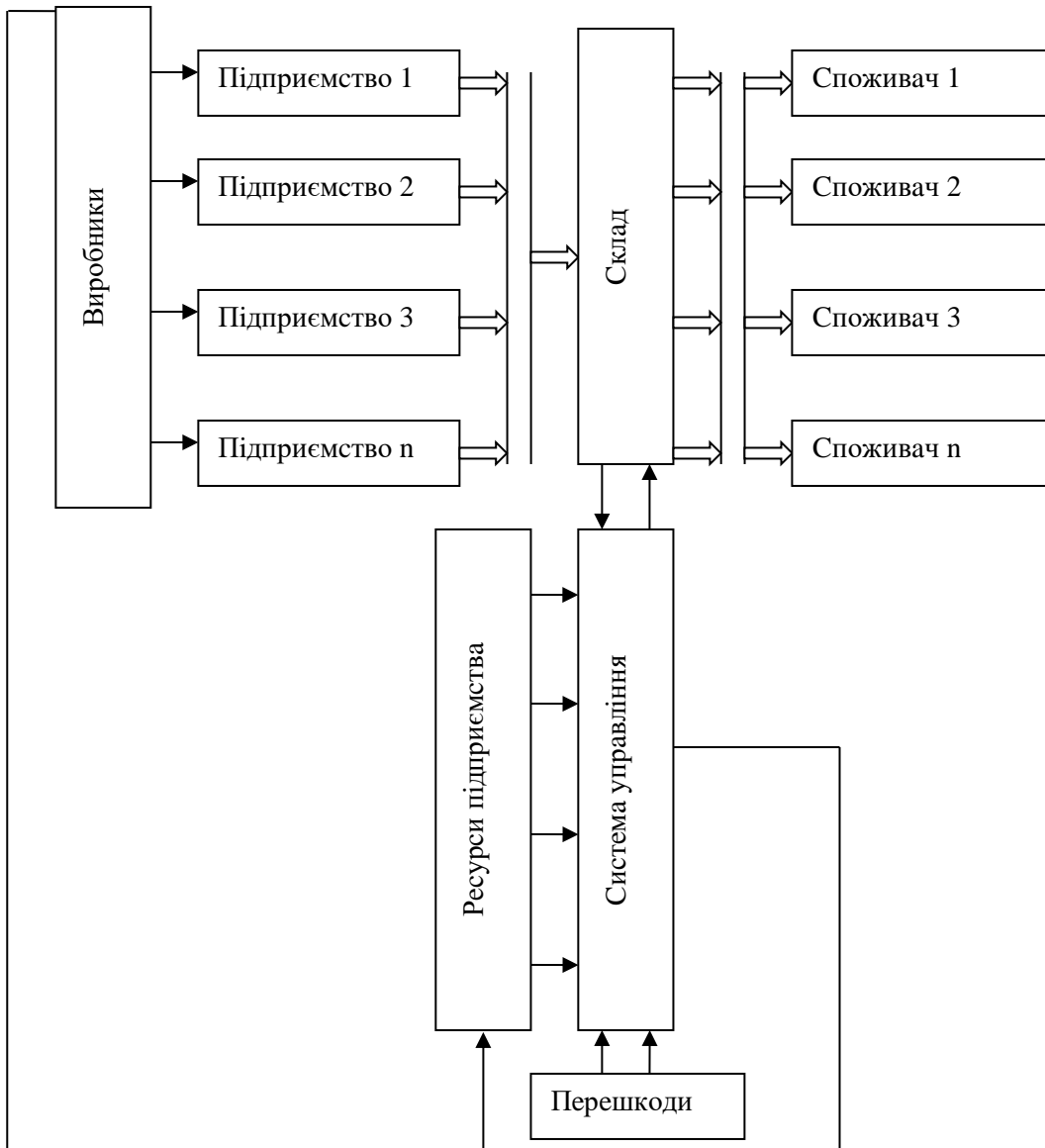


Рисунок 2.2 – Автоматизована система управління

Об'єктом управління на рисунку 2.2 є склад та ресурси компанії. Склад отримує продукцію від виробника та розподіляє її по споживачам, з урахуванням ресурсів компанії.

Процес закупівель, перш за все, попереджується замовленням необхідних обсягів на заводах-виробниках. Далі ми будемо називати ці замовлення

закупівлями. Тобто обсяг продажів підприємств-споживачів буде дорівнювати обсягу закупівель у виробничих підприємств.

### **2.3 Визначення цілей та постановка задачі дослідження**

Аналіз фінансового стану компанії показав недоліки у діяльності компанії. Аналіз балансу та фінансової звітності показує, що підприємству слід скоротити тривалість дебіторської заборгованості та інших активів.

Основним фактором покращення діяльності компанії, визначаємо отримання максимального прибутку.

Тому метою цієї роботи є підвищення ефективності роботи підприємства за рахунок досягнення максимального прибутку.

Тому для досягнення цієї мети необхідно розглянути наступні питання:

а) проаналізувати фінансовий стан підприємства, для того щоб виявити присутність резервів для максимізації прибутку;

б) розробити економіко-математичну модель, яка повною мірою відображатиме значні виробничо-економічні процеси та інформаційні зв'язки в компанії;

в) створити інформаційну систему, яка спростила б та зробила видимою роботу керівництва компанії;

г) перевірити ефективність інформаційної системи, на фактичних даних;

д) дати практичні рекомендації, які керівництво компанії може використовувати для підвищення ефективності.

Економіко-математичну модель створюється за допомогою використання методів моделювання.

Моделювання є одним із найпоширеніших способів вивчення різних процесів і явищ. У наш час відомі методи та прийоми моделювання, а також

широко використовуються у дослідженнях, в економічній та технічній практиці. Математичне моделювання має найширші можливості моделювання.

Математичне моделювання розуміється як інструмент для вивчення різних процесів шляхом вивчення явищ, що мають різні фізичні значення, але описуються тими самими математичними симпозиумами. Вивчаючи процес методом математичного моделювання, необхідно будувати його математичну модель. Математична модель реальної системи - це той формально описаний абстрактний об'єкт, вивчення якого можливе математичними методами, в тому числі за допомогою математичного моделювання.

Оптимізація означає отримання варіант, що є найкращим з усіх можливих. Якщо дивитися з боку інженерних та економічних розрахунків, то методи оптимізації дозволяють вибрати повністю найкращий варіант. У процесі обчислення задачі оптимізації часто доводиться оптимально вирішувати деякі параметри для визначення цього параметра.

## 3 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

### 3.1 Аналітичний огляд літературних джерел

Широке використання математичних методів є важливою сферою для вдосконалення економічного аналізу та підвищення ефективності аналізу підприємств та їх підрозділів. Підвищення ефективності аналізу досягається за допомогою таких факторів, як скорочення термінів проведення аналізу, більш повного охоплення впливу факторів на результати комерційної діяльності, заміни наближених і спрощених розрахунків точними обчисленнями, постановки і рішення нових багатомірних задач аналізу, практично нездійснених вручну і традиційними методами.

Взагалі користування математичними методами в економічному аналізі вимагає:

- системний підхід до вивчення економіки підприємства з урахуванням усіх значущих взаємозв'язків між різними сторонами в діяльності компанії;
- вдосконалення інформаційної системи для компанії;
- розробка набору економіко-математичних моделей, що відображають кількісні характеристики економічних процесів та проблем, що вирішуються за допомогою економічного аналізу;
- наявність технічних засобів (ЕОМ і ін.), які зберігають, обробляють та передають економічну інформацію для цілей економічного аналізу;
- організації спеціальної групи аналітиків, що складається з економістів-виробників, експертів з економіко-математичного моделювання, математиків та обчислювачів.

Математичні методи моделювання, у фінансово-економічному аналізі, економічних процесів для вирішення аналітичних задач є способом підвищення ефективності. [14].

Використання математики в економіці набуває форми економіко-математичного моделювання. За допомогою економіко-математичної моделі показано той чи інший реальний економічний процес. Така модель може бути побудована лише на основі поглибленого теоретичного вивчення економічної сутності процесу. Тільки в цьому випадку математична модель відповідатиме поточному економічному процесу та об'єктивно відобразатиме його [4].

Математичне програмування - це розділ сучасної прикладної математики, який досить швидко розвивається. Методи математичного програмування - основний інструмент вирішення задач оптимізації виробничо-господарської діяльності. В основному це заплановані методи розрахунку. Їх значення для економічного аналізу реалізації бізнес-планів полягає в тому, що вони дають змогу оцінити інтенсивність запланованих завдань, визначити обмежені групи обладнання та типи обладнання..

Вивчення операцій означає розробку методів цілеспрямованих дій, кількісну оцінку прийнятих рішень та відбір найкращих з них. Темою вивчення операцій є економічні системи, включаючи виробничо-господарську діяльність підприємств. Мета - привести взаємопов'язані елементи системи у відповідність із завданням підтримувати найкращі економічні показники з певного числа. [4].

Зв'язок між аналізом та математикою зумовлений тим, що вивчення кількох відносин властиво обом галузям знань. Застосування математики в економічних дослідженнях та розрахунках поширюється насамперед на область змінних, які взаємопов'язані функціональною залежністю. Сама змінна деякий час з'являлася переломним моментом у математиці. Через це рух, а отже, і діалектика увійшли до математики, і через це стали необхідними диференціальне та інтегральне числення.

Вивчення змінних та вимірювання залежності одних змінних від інших зведеться до визначення значення функції. Зв'язок між змінними математично виражається у вигляді функціональних рівнянь, до яких насправді належать диференціальне та інтегральне рівняння.

Економічно нам потрібно мати справу зі змінними. Якісні та кількісні економічні змінні можуть бути взаємозалежними. Вивчення кількісних та функціональних взаємозв'язків економічних змінних є математичною задачею.

Багато економічних і математичних задач зводяться до перебування максимуму (мінімуму) функції декількох змінних. Основною метою розв'язання задачі керування певними областями промисловості звичайно є досягнення певного задовільного режиму роботи. У цих випадках задачі максимізації (мінімізації) звичайно називають задачами оптимізації, а максимізуючу (мінімізуючу) функцію – цільовою функцією.

Припускаючи, що функція  $W(x) = W(x_1, x_2, \dots, x_i)$  визначена і неперервна в області  $D$ . Точка  $x^* = \{x_1^*, x_2^*, \dots, x_i^*\}$  називається точкою локального максимуму (мінімуму) функції  $W(x)$ , якщо існує деяка околиця точки  $x^* - \varepsilon$ , така, що для всіх  $x = (x_1, x_2, \dots, x_i)$  з цієї околиці виконуються нерівності:

$$W(x) \geq W(x^*) \quad (W(x) \leq W(x^*)), \quad (3.1)$$

де  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Необхідні умови екстремуму диференційованої функції  $W(x)$ , як відомо, можна представити у виді системи нелінійних рівнянь

$$\frac{\partial f}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial f}{\partial x_2} = 0, \dots, \frac{\partial f}{\partial x_i} = 0 \quad (3.2)$$

Точки, що визначають рішення системи (3.2), називаються стаціонарними. Якщо в околиці  $\rho(x^0)$  стаціонарної точки  $x^0 = (x^1, x^2, \dots, x^n)$  функція  $W(x)$  є опуклою, тобто для будь-якого  $0 \leq \alpha \leq 1$

$$f(\alpha x^1 + (1 - \alpha)x^2) \leq \alpha f(x^1) + (1 - \alpha)f(x^2), x^1, x^2 \in \rho(x^0), \quad (3.3)$$

де стаціонарна точка  $x^0$  є точкою максимуму (мінімуму). Зокрема, якщо в околиці стаціонарної точки  $x^0$  функція  $W(x)$  двічі безупинно диференційована і її матриця Гессе позитивно визначена в  $x^0$ , то функція  $W(x)$  буде опуклою, а  $x^0$  — точкою мінімуму.

Щоб симетрична матриця  $A = [a_{ij}]$  ( $a_{ij} = a_{ji}$ ) була позитивно визначеною, необхідно і досить, щоб кожний з її головних мінорів був позитивний (критерій Сильвестра).

Розв'язок системи нелінійних рівнянь (3.2) і перевірка матриці Гессе на позитивну визначеність вимагають досить громіздкого обсягу обчислень. При цьому зустрічаються недиференційовні функції. Тому більш ручними та ефективними у використанні для подібних задач є чисельні методи розв'язку задачі, які не вимагають перевірки умов (3.3).

Чисельний розв'язок задач максимізації (мінімізації) зводиться до побудови ітерацій  $x^{n+1} = x^n - d^n$  таких, що послідовність  $\{x_1, x_2, \dots, x_i\}$  є максимізуючою (мінімізуючою), тобто

$$\lim x^n = x^*, \max W(x) = W(x^*).$$

У залежності від характеру побудови  $d^n$  чисельні методи можна розділити на прямі (без використання похідних), методи спуска (з використанням перших похідних) і.

Існує безліч методів розв'язку поставленої задачі. Але розглянемо лише деякі, найзручніші, з тих, за допомогою яких можна розв'язати поставлену задачу та дану модель.

Спочатку розглянемо методи визначення екстремумів, що є класичними.

Можна виділити клас нелінійних задач, що відносяться до класичних методів оптимізації. Припустимо, що серед обмежень математичної моделі немає нерівностей, не обов'язкові умови незаперечності, змінні не є дискретними,  $m < n$ , а цільові функції неперервні і мають часткові похідні принаймні другого порядку. У цьому випадку задачу оптимізації можна сформулювати так: знайти змінні  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , що задовольняють системі рівнянь

$$\varphi_s(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_s, i = 1, 2, \dots, m \quad (3.4)$$

і обертають в максимум (мінімум) цільову функцію

$$z = f(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (3.5)$$

Такі задачі можна розв'язувати класичними методами диференціального розв'язку. Однак на цьому шляху зустрічаються такі обчислювальні труднощі, що роблять необхідним пошук інших методів рішення. Тому класичні методи часто використовуються не як обчислювальний засіб, а як основа для теоретичного аналізу.

Прикладом типової нелінійної задачі є наступна: дане підприємство для виробництва певного продукту витрачає два засоби в кількості  $x_1$  і  $x_2$  відповідно. Це фактори виробництва, наприклад, машини і праця, два різних види сировини і т.п., а величини  $c_1$  і  $c_2$  — витрати факторів виробництва. Фактори виробництва надалі будемо вважати взаємозамінними. Якщо це "праця" і "машини", то можна застосовувати такі методи виробництва, при яких величина витрат машин у



зіставленні з величиною витрат праці виявляється більше або менше (виробництво більш-менш трудомістке). У сільському господарстві взаємозамінними факторами можуть бути посівні площі або мінеральні добрива.

Обсяг виробництва (виражений у натуральних або вартісних одиницях) є функцією витрат виробництва  $z = f(x_1, x_2)$ . Ця залежність називається виробничою функцією. Витрати залежать від витрати обох факторів  $(x_1, x_2)$  і від цін цих факторів  $(z_1, z_2)$ . Сукупні витрати виражаються формулою  $b = c_1x_1 + c_2x_2$ . Потрібно при даних сукупних витратах визначити таку кількість факторів виробництва, що максимізує обсяг продукції  $z$ .

Математична модель цієї задачі має вигляд:

Визначити такі змінні  $x_1$  і  $x_2$ , що задовольняють наступним умовам

$$c_1x_1 + c_2x_2 = b, \quad (3.6)$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \quad (3.7)$$

при яких функція  $z = f(x_1, x_2)$  досягає максимуму.

Використовуючи класичні методи оптимізації, варто чітко уявляти собі розходження між локальним екстремумом функції, глобальним екстремумом і умовним екстремумом. При цьому корисно повторити визначення локального і глобального екстремумів для функції однієї змінної. Поняття умовного екстремуму вводиться для випадку, коли число змінних  $n$  не менше 2 ( $n \geq 2$ ).

Нехай функція  $z = f(x_1, x_2, \dots, x_n) = f(X)$  двічі диференціюється в точці  $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ , ( $X^* \in D(f)$ ), і в деякій її околиці. Якщо для всіх точок  $X$  цієї околиці  $f(X^*) \geq f(X)$  або  $f(X^*) \leq f(X)$ , то говорять, що функція  $f(X)$  має екстремум у  $X^*$  (відповідно максимум або мінімум).

Точка  $X^*$ , у якій усі часткові похідні функції  $z = f(X)$  рівні 0, називається стаціонарною точкою.

Необхідна умова екстремуму. Якщо в точці  $X^*$  функція  $z = f(X)$  має екстремум, то часткові похідні функції в цій точці рівні нулю:

$$f'_{xi}(X^*) = 0, i = 1, 2, \dots, n.$$

Отже, точки екстремуму функції  $z = f(X)$  задовольняють системі рівнянь (3.8):

$$\begin{cases} f'_{x_1}(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \\ f'_{x_2}(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ f'_{x_n}(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \end{cases} \quad (3.8)$$

Як і у випадку однієї змінної, необхідна умова не є достатнім для того, щоб стаціонарна точка була точкою екстремуму. Для одержання достатніх умов варто визначити в стаціонарній точці знак диференціала другого порядку. Диференціал другого порядку позначається  $d^2f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  і дорівнює сумі добутків часткових похідних другого порядку на відповідні збільшення аргументів. Якщо від часткової похідної  $f'_{xi}(X)$  знайти часткову похідну по перемінній  $x_j$ , то одержимо часткову похідну другого порядку по змінним  $x_i, x_j$ , що позначається  $f''_{x_ix_j}(X)$ . У цьому випадку

$$d^2f(X) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f''_{x_ix_j}(X) \Delta x_i \Delta x_j.$$

Достатні умови екстремуму:

а) у стаціонарній точці  $X^0$  функція  $z = f(x_1, x_2)$  має максимум, якщо  $d^2f(X^0) < 0$ , і мінімум, якщо  $d^2f(X^0) > 0$ , при будь-яких  $\Delta x_i, \Delta x_j$ ; (у цих випадках  $X^0 = X^*$ ), що не звертаються в нуль одночасно;

б) якщо  $d^2f(X^0)$  може приймати в залежності від  $\Delta x_i, \Delta x_j$  і позитивні, і негативні значення, то в точці  $X^0$  екстремуму немає;

в) якщо  $d^2f(X^0)$  може звертатися в нуль не тільки при нульових збільшеннях  $\Delta x_i, \Delta x_j$ , то питання про екстремум залишається відкритим.

Для функції двох змінних  $z = f(x_1, x_2)$  достатні умови ще не дуже складні. Існують чотири часткові похідні другого порядку:  $f''_{X_1^2}(X), f''_{X_1X_2}(X), f''_{X_2X_1}(X), f''_{X_2^2}(X)$ . З них дві змішані похідні  $f''_{X_1X_2}(X), f''_{X_2X_1}(X)$ , якщо неперервні, то рівні.

Знайдемо значення часткових похідних другого порядку в стаціонарній точці  $X^0(x_1^0, x_2^0)$ :

$$a_{11} = f''_{X_1^2}(X); a_{12} = f''_{X_1X_2}(X); a_{21} = f''_{X_2X_1}(X), a_{22} = f''_{X_2^2}(X)$$

(можна переконатися, що  $a_{12} = a_{21}$ ). Позначимо через  $\Delta$  визначник, складений з  $a_{ij}$  для  $i, j = 1, 2$ :

$$\Delta = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} = a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}.$$

Тоді достатні умови екстремуму функції двох змінних мають вигляд:

а) якщо  $\Delta > 0$  і  $a_{11} < 0$  ( $a_{22} < 0$ ), то в точці  $X^0$  функція має максимум: якщо  $\Delta > 0$  і  $a_{11} > 0$  ( $a_{22} > 0$ ), то в точці  $X^0$  — мінімум (у цих випадках  $X^0 = X'$ );

б) якщо  $\Delta < 0$ , то екстремуму немає;

в) якщо  $\Delta = 0$ , то питання про екстремум залишається відкритим.

Схема визначення екстремуму функції  $n$  змінних збігається з правилами визначення локального екстремуму функції однієї змінної.

Умовний екстремум.

Нехай необхідно знайти екстремум функції  $z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  за умови, що змінні  $x_1, x_2, \dots, x_n$  задовольняють рівнянням (3.9)

$$\varphi_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0, i = 1, 2, \dots, m, m < n. \quad (3.9)$$

Передбачається, що функції  $f$  і  $\varphi_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , мають неперервні часткові похідні по всім змінним.

Говорять, що в точці  $X^0 = x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0$ , що задовольняє рівнянням зв'язку, функція  $z = f(x)$  має умовний максимум (мінімум), якщо нерівність  $f(X^0) \geq f(X)$  ( $f(X^0) \leq f(X)$ ) має місце для всіх точок  $X$ , координати яких задовольняють рівнянням зв'язку.

Один зі способів знаходження умовного екстремуму застосовується в тому випадку, якщо з рівнянь зв'язку (3.9)  $n$  змінних, наприклад  $x_1, x_2, \dots, x_m$  можна виразити через що залишилися  $n-m$  змінних:

$$x_i = \psi_i(x_{m+1}, \dots, x_n) = 0, i = 1, 2, \dots, m. \quad (3.10)$$

Підставивши отримані вираження для  $x_i$ , у функцію  $z$ , одержимо

$$z = f(\psi_1(x_{m+1}, \dots, x_n), \dots, \psi_m(x_{m+1}, \dots, x_n), x_{m+1}, \dots, x_n) \quad (3.11)$$

або

$$z = F(x_{m+1}, \dots, x_n).$$

Задача зведена до перебування локального (глобального) екстремуму для функції від  $n-m$  перемінних. Якщо в точці  $X^0 = \bar{x}_{m+1}^0, \dots, \bar{x}_n^0$  функція має екстремум, то в точці  $X^0 = \psi_1(\bar{x}_{m+1}^0, \dots, \bar{x}_n^0), \dots, \psi_m(\bar{x}_{m+1}^0, \dots, \bar{x}_n^0), \bar{x}_{m+1}^0, \dots, \bar{x}_n^0$  функція  $z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  має умовний екстремум.

Метод множників Лагранжа

Другий спосіб визначення умовного екстремуму полягає в наступному. Спочатку будується допоміжна функція Лагранжа, що в області припустимих рішень досягає максимуму для тих же значень змінних  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , що і цільова функція  $z$ .

Нехай розв'язується задача визначення умовного екстремуму функції  $z = f(x)$  при обмеженнях (3.9).

Складемо функцію, що називається функцією Лагранжа.

$$L(X) = f(X) + \sum_{s=1}^m \lambda_s \varphi_s(X), \quad (3.12)$$

де  $\lambda_i$  постійні множники. Слід відзначити, що постійним множкам можна додати своєрідний економічний зміст. Якщо  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  — дохід, що відповідає планові  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , а функція  $\varphi_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$  — витрати  $i$ -го ресурсу, що відповідають цьому планові, то  $\lambda_i$  — ціна (оцінка)  $i$ -го ресурсу, який характеризує собою зміну екстремального значення цільової функції в залежності від зміни розміру  $i$ -го ресурсу.  $L(X)$  — функція  $m+n$  змінних  $(x_1, x_2, \dots, x_n, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m)$ . Визначення стаціонарних точок цієї функції приводить до розв'язку системи рівнянь

$$\begin{cases} \frac{\partial L(X)}{\partial x_j} = 0, j = 1, 2, \dots, n \\ \frac{\partial L(X)}{\partial \lambda_s} = 0, i = 1, 2, \dots, m \end{cases} \quad (3.13)$$

Легко помітити, що  $L_{\lambda_i} = \varphi_i(X)$ . Таким чином, задача перебування умовного екстремуму функції  $z = f(x)$  зводиться до перебування локального екстремуму функції  $L(X)$ . Якщо стаціонарна точка знайдена, то відповідь на питання про існування екстремуму в простих випадках знаходиться на підставі достатніх умов екстремуму — дослідження знака другого диференціала  $d^2L(X)$  у стаціонарній точці за умови, що змінні збільшення  $\Delta x_j$  зв'язані співвідношеннями, отриманими шляхом диференціювання рівнянь зв'язку.

$$\sum_{j=1}^n \frac{\partial \varphi_i}{\partial x_j} \Delta x_j = 0, i = 1, 2, \dots, m \quad (3.14)$$

Задача опуклого програмування (ОП)

Нехай дана система нерівностей виду

$$\varphi_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_s, i = 1, \dots, m \quad (3.15)$$

і функція

$$Z = (x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (3.16)$$

причому усі функції  $\varphi(X)$  є опуклими на деякій опуклій безлічі  $M$ , а функція  $Z$  або опукла на безлічі  $M$ , або увігнута. Проблема опуклого програмування (ОП) полягає у пошуку такого рішення для системи обмежень,

при якому цільова функція  $Z$  досягає мінімального значення, або увігнута функція  $Z$  досягає максимального значення.

Усяка задача лінійного програмування є власним випадком задачі опуклого програмування (ОП). Загалом, задачі ОР - це задачі нелінійного програмування. Віднесення задач ОР до спеціального класу розуміється під екстремальними властивостями опуклих функцій: кожен локальний мінімум опуклої функції (локальний максимум увігнутої функції) є і глобальним тако; крім того, задана на замкнутій обмеженій множині, досягає на цій множині глобального максимуму і глобального мінімуму. Звідси випливає, що якщо цільова функція  $Z$  є строго опуклою (строго увігнутою) і якщо область розв'язків системи обмежень не порожня й обмежена, то задача ОП завжди має єдине рішення. У цьому випадку мінімум опуклої (максимум увігнутої) функції досягається усередині області розв'язків, якщо там є стаціонарна точка, або на границі цієї області, якщо усередині неї немає стаціонарної точки.

Наближений розв'язок задач опуклого програмування методом кусково-лінійної апроксимації.

Функція  $F(X) = F(x_1, x_2, \dots, x_n)$  називається сепарабельною, якщо її можна представити у виді суми функцій, кожна з яких залежить тільки від однієї змінної, тобто якщо

$$F(X) = F_1(x_1) + F_2(x_2) + \dots + F_n(x_n) \quad (3.17)$$

(не виключено, що  $F_i(x_i) = 0$  при деяких  $i$ ).

Нехай у задачі ОП (3.15), (3.16) і функція мети  $Z$ , і всі обмеження  $\varphi_i$ , є сепарабельними. Тоді задача має вигляд: знайти мінімум опуклої (максимум увігнутої) функції  $Z = \sum_{j=1}^n f_j(x_j)$ , при обмеженнях

$$\sum_{j=1}^n \varphi_j(x_j) \leq b_i, i = 1, 2, \dots, m. \quad (3.18)$$

Ідея методу кусково-лінійної апроксимації полягає в тому, що всі  $f_i$ , і всі  $\varphi_i$ , замінюються ламаними лініями, що складаються з прямолінійних відрізків. При цьому вихідна задача ОП замінюється новою, наближеною задачею, що є задачею лінійного програмування. Ця задача вирішується звичайно симплексним методом, і її рішення є наближеним рішенням вихідної задачі ОП.

Для побудови наближеної задачі розглянемо кусково-лінійну апроксимацію функції однієї змінної  $h(x)$ , заданої на відрізку  $[0, a]$ . Розіб'ємо цей відрізок на  $r$  частин точками  $x_0 < x_1 < \dots < x_r$  так, щоб  $x_0 = 0$ ,  $x_r = a$  (рисунок 3.1).

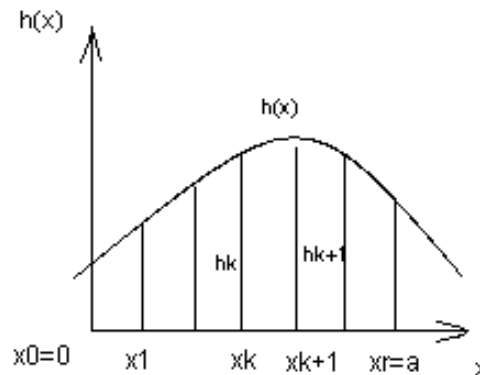


Рисунок 3.1 – Кусково-лінійна апроксимація функції однієї змінної

Обчислимо значення функції  $h_k(x)$ , у цих точках. З'єднаємо попарно точки  $(x_k; h_k)$  і  $(x_{k+1}; h_{k+1})$  відрізками прямих. Складена з цих відрізків ламана  $h(x)$  апроксимує функцію  $h(x)$  на відрізку  $[0, a]$ . (Не розглядаючи тут оцінку точності наближення, відзначимо тільки, що точність можна збільшити за рахунок більш дрібної розбивки відрізка).

Рівняння ділянки ламаної  $h(x)$  між точками  $(x_k; h_k)$  і  $(x_{k+1}; h_{k+1})$  має вигляд :



$$\frac{h(x) - h_k}{h_{k+1} - h_k} = \frac{x - x_k}{x_{k+1} - x_k}$$

(рівняння прямої по двох точках). Якщо кожне з відносин у цій рівності позначити через  $\lambda$ , то одержимо (3.1.19):

$$\begin{cases} x = \lambda x_{k+1} + (1 - \lambda)x_k \\ h(x) = \lambda h_{k+1} + (1 - \lambda)h_k \end{cases} \quad (3.19)$$

Причому  $0 \leq \lambda \leq 1$ .

Відзначимо, що для кожного  $x \in [x_k, x_{k+1}]$  існує єдине значення  $\lambda$ , що задовольняє умовам (3.1.19). Позначивши  $1 - \lambda = \lambda_k, \lambda = \lambda_{k+1}$ , можна представити у виді:

$$\begin{cases} x = \lambda_k x_k + \lambda_{k+1} x_{k+1} \\ h(x) = \lambda_k h_k + \lambda_{k+1} h_{k+1} \end{cases} \quad (3.20)$$

де  $\lambda_k + \lambda_{k+1} = 1, \lambda_k \geq 0, \lambda_{k+1} \geq 0$ .

Рівняння (3.20) називаються параметричними рівняннями відрізка. Якщо  $h(x) = 0$ , те друге з цих рівнянь звертається в тотожність  $0 = 0$ .

Таким чином, для будь-якого  $x \in [0, a]$  рівняння ламаної можна записати у виді:

$$\begin{cases} x = \sum_{k=0}^r \lambda_k x_k \\ h(x) = \sum_{k=0}^r \lambda_k x_k, \sum_{k=0}^r \lambda_k = 1, \lambda_k \geq 0 \quad (k = 0, \dots, r), \end{cases} \quad (3.21)$$

причому завжди відмінні від нуля тільки два значення  $\lambda_k$  (якщо  $x$  є внутрішньою точкою  $k$ -го відрізка розбивки) або одне (якщо  $x$  збігається з кінцем відрізка).

Повертаючи до задачі ОП із сепарабельними функціями, відзначимо, що насамперед (у залежності від системи обмежень) потрібно визначити інтервал зміни кожної перемінної  $x_j$ . Потім кожен цей інтервал розбивається на частині точками  $x_{jk}$  і з використанням формул (3.21) будується кусково-лінійна апроксимація для функцій  $f_j$  і  $\varphi_{ij}$ . Після цього можна для вихідної задачі (3.18) записати наближену задачу:

Знайти максимум функції:

$$Z = \sum_{j=1}^n f_j(x_j)$$

При обмеженнях:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \varphi_{ij}(x_j) \leq b_i, i = 1, \dots, m \\ x_j \geq 0, j = 1, \dots, n. \end{cases} \quad (3.22)$$

Оскільки наближена задача (3.22) є задачею лінійного програмування і звичайно вирішують її симплексним методом, умови незаперечності змінних записуються окремо від інших обмежень. Відмінність отриманої задачі від звичайної задачі лінійного програмування полягає в тому, що для кожного  $x_j$  мається не більш двох сусідніх ненульових  $\lambda_{jk}$  з однаковим  $j$  і несусідніми  $k$ . Помітимо також, що для умов незаперечності змінних що складаються  $f_j(x_j)$  і

$\varphi_{ij}(x_{ij})$  (якщо такі виявляться) кусково-лінійну апроксимацію проводити, звичайно, не потрібно.

### 3.2 Дослідження об'ємів закупівель та продажів

Цей підпункт повинен вивчати статус придбання та продажу суб'єкта господарювання, розраховувати нереалізований дохід за попередній рік та обчислювати відсоток збитків. А також зробити оцінку майбутньої політики фірми.

Фінансовий аналіз показав, що компанія була неплатоспроможною в 2020 році. Активи компанії були ліквідними, і не було ризику потрапити у важке фінансове становище. Але розрахований коефіцієнт обороту дебіторської заборгованості показав, що гроші за вивантажений товар не перераховуються вчасно, тому компанія не може сформувати потрібну суму грошей. Кожен обсяг продажу гривні приносить 3,5% прибутку за весь рік. Існує багато показників які вказують на те що компанія використовує свої активи неефективно для отримання прибутку.

Спочатку компанія купувала продукцію у виробничих компаній, а потім продавала її споживчим компаніям. Постачальникам виставлявся рахунок відразу після доставки. А розрахунки зі споживачами проводились несвоєчасо. В результаті у компанії було багато повернених та неоплачених товарів, тобто багато великих втрат.

Необхідно порівняти усі об'єми продажів та закупівель у 2020 році та розрахувати втрати виробництва, які порохуюються як різниця між закупівлями та продажами.

Відсоток втрат по одному виробу обчислюється за формулою (3.23):

$$\text{Відсоток втрат} = \frac{\text{Загальні витрати заводу – виробника}}{\text{Втрати по } i \text{ – му виду виробу}} \quad (3.23)$$

Відсоток втрат повинен бути не більше 9-10%. Збільшення цього відсотка вказує на те, що компанія зазнає збитків.

Закупівля та продаж підприємством кондитерських виробів складала певні об'єми, об'єми за 2020 рік вказано в зведеній таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Об'єми продажів та закупівель у 2020 році

Кондитерські вироби	Разом по місяцях закупівлі, кг:	Разом по місяцях продажів, кг:	Втрати, кг:	Разом по місяцях втрати, грн,:	Відсоток втрат, %
Божья корівка	20218	19638	580	-24223,40	10,74
Карат	845	768	77	-5503,15	1,43
Київські зорі	1104	1024	80	-1146,18	1,48
Метеорит Зоряний	11498	10375	1123	-367,29	20,79
Прем'єра Київська	1645	1443	202	408,29	3,74
Світ Прометея	7063	6380	683	-1709,08	12,64
Сонячна родзинка	580	420	160	2408,79	2,96
Пташине молоко Новинка з горіхом	7348	6676	672	-1904,65	12,44
Пташине молоко Новинка	523	418	105	798,09	1,94
Пташине молоко Ласунка	1021	851	170	1001,30	3,15
Фруктово-желейні (горіх)	10113	9160	953	-1976,33	17,64
Фруктово-желейні (родзинки)	6140	5543	597	-921,39	11,05
Абрикос з горіхом	2730	2590	140	-5157,31	9,98
Желейна з горіхом (абрикос)	2190	2085	105	-2102,64	7,48
Желейна з горіхом (слива)	3260	3025	235	-1853,57	16,75
Лісовичок	3080	2760	320	-369,03	22,81
Святковий десерт	2094	1891	203	-574,37	14,47

## Продовження таблиці 3.1

Кондитерські вироби	Разом по місяцях закупівлі, кг:	Разом по місяцях продажі, кг:	Втрати, кг:	Разом по місяцях втрати, грн.:	Відсоток втрат, %
Чорнослив з горіхом	2490	2090	400	3904,86	28,51
Злагода	9990	9454	536	-5564,07	30,93
Лукум з родзинками	539	475	64	46,24	3,69
Лукум молочний	1511	1444	67	-682,00	3,87
Рахат-лукум кольоровий	872	810	62	-204,59	3,58
Рахат-лукум в кунжуті	363	342	21	-130,60	1,21
Весна (мармелад)	575,5	542,5	33	-231,80	1,90
Нуга горіх з кунжутом	829	782	47	-424,22	2,71
Курага в глазури	129	110	19	58,55	1,10
Кос-халва "Білосніжка"	738	692	46	-297,01	2,65
Шербет арахис, з курагою	816	748	68	-154,51	3,92
Шербет восточн,сюрприз	1454	1370	84	-556,00	4,85
Шербет Фараон	2448	2386	62	-1555,43	3,58
Шербет арахис, з чорносливом	802	764	38	-361,27	2,19
Шербет Султан	1178	1097	81	-346,91	4,67
Шербет Самаркандський	1741	1652	89	-755,44	5,14
Шербет Емір	1529	1438	91	-593,51	5,25
Дайма-ойла шоколад	2168,5	2115	53,5	-1691,53	3,09
Дайма-ойла земфира	2725,5	2673	52,5	-2412,17	3,03
Дайма-ойла шоколадно-фруктова	3020,5	2952,5	68	-2433,72	3,92
Шербет Падишах	1948	1871	77	-1141,87	4,44
Шанс (цукерки)	318	285	33	0,60	1,90
Фігурний мармелад	704	675	29	-469,99	1,67
Слива в глазури	142	130	12	-60,42	0,69
Зефір "Джаїна"	4768,5	4698,5	70	-2977,73	4,96
Зефір б/розовий	16133,5	15652	481,5	-7856,66	34,11
Зефір "Малютко"	3963,5	3883	80,5	-2324,32	5,70

## Продовження таблиці 3.1

Кондитерські вироби	Разом по місяцях закупівлі, кг:	Разом по місяцях продажі, кг:	Втрати, кг:	Разом по місяцях втрати, грн,:	Відсоток втрат, %
Зефір "Казкові кільця"	4605,5	4229,2	376,3	-760,46	26,65
Зефір ромовий	3026	2896	130	-1254,87	9,21
Вівсяне печиво	3156	3085,5	70,5	-1103,42	4,99
Вівсяне печиво з кунжутом	2001	1900,5	100,5	-520,06	7,12
Печиво "Солоденьке"	1538,5	1471	67,5	-699,58	4,78
Зефір крем-брюле	2006	1971	35	-1612,53	2,48
Північний малюк	5845	5725	120	-2071,82	17,02
Сатурн горіх	5490	5439	51	-2599,26	7,23
Сатурн	5648	5616	32	-2345,58	4,54
Насолода з курагою	5798	5740	58	-2787,51	8,23
Насолода з чорносливом	6204	6050	154	-2527,67	21,84
Насолода зі згущеним молоком	11880	11590	290	-4864,44	41,13
РАЗОМ:	202546,5	191891,7	10654	-97554,60	500

З таблиці 3. 1 видно, що компанія втрачає щороку 10 654 кг кондитерських виробів через погано спланованих закупівель. У мене немає 97 554,60 грн на рік. Іншими словами, частину з цих 10 654 кг потрібно повернути виробникам, частину продати з великою знижкою аби отримати прибуток.

Розглянемо рисунки 3.2-3.6 які показують відсоток втрат кожного кондитерського виробу від загальної втрати.



Рисунок 3.2 – Відсоток втрат Представник А

З рисунка 3.2 легко помітити, що необхідно приділити увагу закупівлі таких видів продукції, як Метеорит Зоряний (21 %), Фруктово-желейні (горіх) (18 %), Світ прометея (13 %), Пташине молоко Новинка з горіхом (12%).



Рисунок 3.3 – Відсоток втрат Представник В

Як видно з рисунка 3, майже жодна з кондитерських виробів не є економічно вигідною для придбання. Іншими словами, політику співпраці з цим брендом слід переглянути і вжити заходів для збільшення продажів продукції, що представляє В.

З рисунка 3. 4 легко зрозуміти, що працювати з представником С досить вигідно. Не обов'язково купувати тільки цукерки "Злагода". Вони складають 31% від загальної втрати.





Рисунок 3.4 - Відсоток втрат Представник С

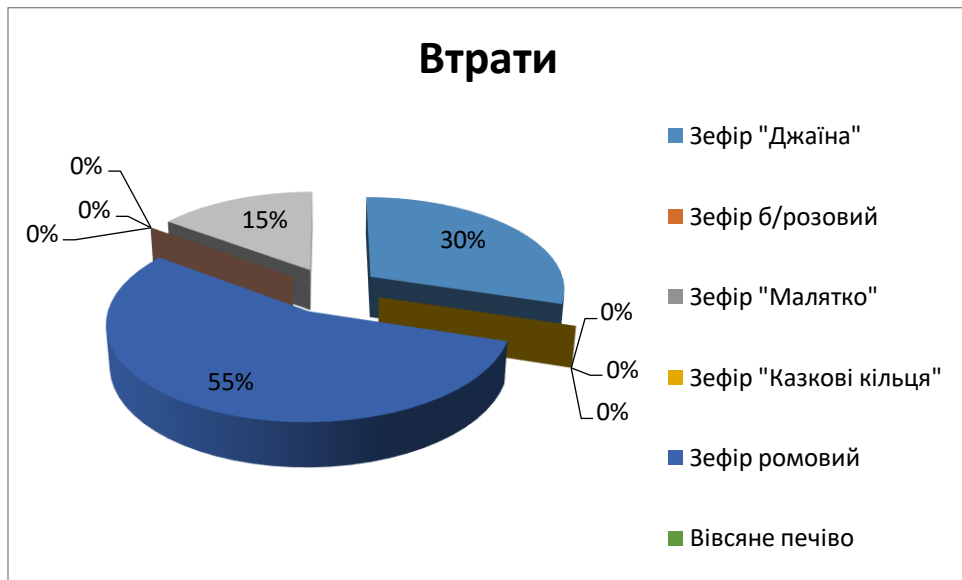


Рисунок 3.5 – Відсоток втрат Представник D

З рисунка 3. 5 видно, що компанія повинна звертати увагу на придбання продуктів: зефір Зефір б/рожевий (34%), Зефір Казкові кільця (27%).

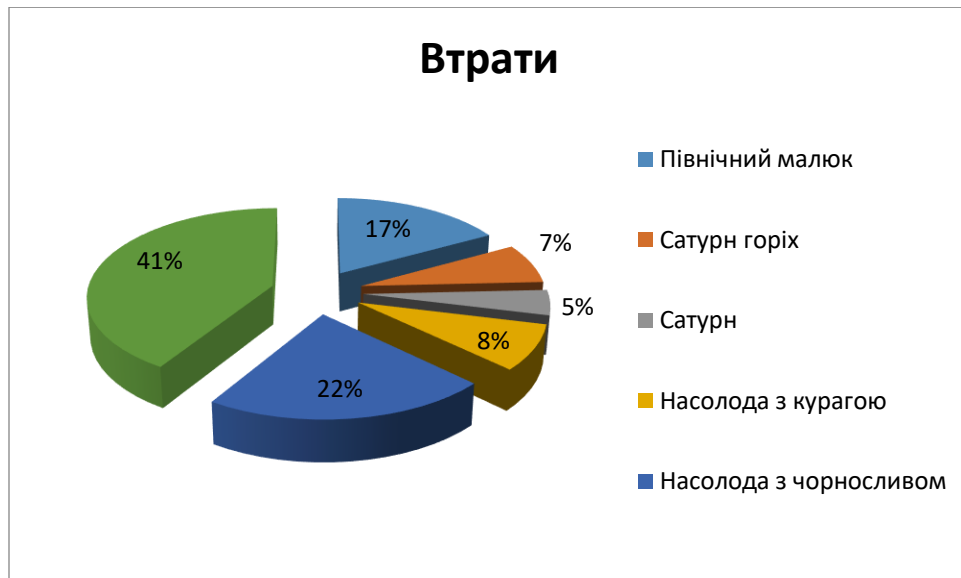


Рисунок 3.6 – Відсоток втрат Представник Е

Слід бути обережним при роботі з цим представником. На багато товарів припадає значний відсоток втрат.

Рівень збитків дуже високий, тому необхідно запропонувати умови, які б збільшили продажі бізнесу з мінімальними втратами..

Аналіз цін та продажів показує, що компанія, як очікується, зароблятиме на рік на продажі кондитерських виробів на 97000 гривень більше, ніж отримувала. З аналізу прибутку від продажів видно, що кожна гривня за дохід приносить 0% прибутку в першому кварталі, 5,5% за 9 місяців торгів, 3,5% за рік.

Дослідження показує, що необхідно створити таку модель оптимізації, яка б максимізувала прибуток компанії та виражала найкращі умови як для виробників, так і для споживачів.

На прибуток впливають покупки та продажі.

Збільшивши дохід, ви можна буде визначити оптимальну суму купівлі-продажу на підприємстві за допомогою гнучкої системи цін.

### **3.3 Постановка задачі оптимізації закупівель**

Підхід до побудови математичної моделі може бути індуктивним і дедуктивним. При використанні індуктивного методу модель того чи іншого економічного процесу будується за допомогою часткового моделювання, що охоплює більш прості змінні економічного процесу, з переходом від них до загальної моделі всього процесу. При дедуктивному методі спочатку будується загальна модель і лише на її основі конструюються часткові моделі, встановлюються алгоритми конкретних математичних розрахунків. Економіко-математичні моделі будуть найбільш обґрунтованими, якщо при їхньому конструюванні методи індукції і дедукції використані в єдності. У цих умовах забезпечується більша «подібність» моделі на реальний економічний процес; вона в більшій мірі буде відображати об'єктивно існуючі економічні явища і закономірності [4].

Під час дослідження було встановлено, що компанія проводить неправильну політику, приймаючи рішення щодо кількості товарів, що купуються на фабриках. Результати опитувань та досліджень також показали, що на ринку кондитерських виробів існує високий рівень конкуренції. Тому споживачів слід заохочувати перевагами та чудовими пропозиціями при купівлі кондитерських виробів. Зі збільшенням обсягу закупівель споживчих товарів споживачі отримують вигоду від зниження цін, щоб збільшити закупівлі у виробників і, таким чином, збільшити продажі продукції. Іноді для зниження продажів варто знизити ціни.

Для мотивації споживачів необхідно створити систему продажних цін на товар, яка залежить від обсягу споживчих покупок..

Необхідно розробити економіко-математичну модель, яка б розраховувала максимальний прибуток при оптимальному обсязі закупівель.

Завод  $i$  випускає та продає продукцію  $j$  в об'ємі  $x$ . Підприємство закупляє цю продукцію в об'ємі  $x$  та продає її в об'ємі  $y$ .

Аналіз повинен поставити головну умову для розвитку економіко-математичної моделі: процес закупівель попереджається замовленням необхідних кількостей у виробника. В подальшому викладенні ці замовлення-закупівлі будемо називати закупівлями.  $x = y$  або обсяг закупівель дорівнює обсягу продажів.

Це означає, що для досягнення максимального прибутку на підприємстві повинна бути прийнята така умова - купівля компанії повинна дорівнювати продажу споживачам. Потрібно зробити таку систему ціноутворення, щоб можна було задовольнити потреби споживачів. Розглянемо графік залежності обсягу закупленої продукції від цін (рисунок 3.7).

На рисунку 3.7  $y$  – обсяг закупованої продукції;  $x$  – ціна.

З нище наведеного графіка легко побачити, що при покупці товарів в обсязі  $y_1$  ціна цієї закупівлі буде максимальною –  $x_4$ , а при максимальному обсязі закупівлі  $y_4$  ціна буде мінімальною –  $x_1$ .

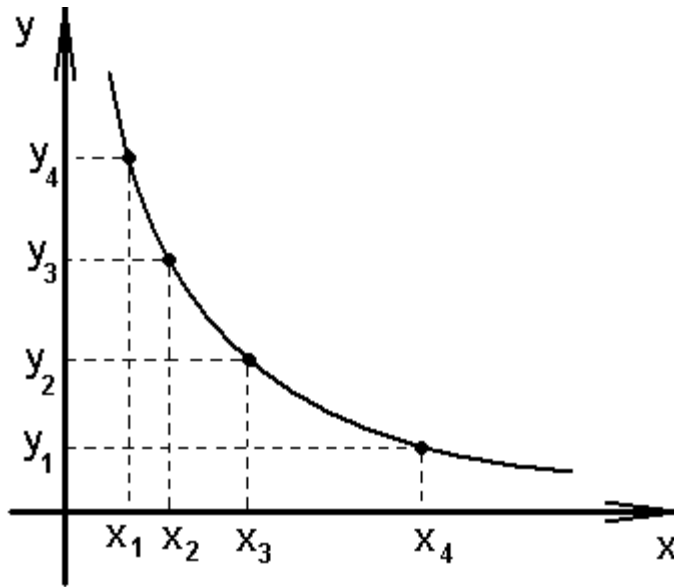


Рисунок 3.7 – Графік залежності обсягу продажів від ціни

Тобто підприємство закуповує кондитерські вироби за цінами  $C_{ij}^3$  - ціна закупівлі і-го заводу, j-ї продукції.

Відпускна ціна і-го заводу, j-ї продукції ( $C_{ij}^0$ ), буде різною для різних обсягів закупівель. Це буде  $C_{ij_1}^0$  та  $C_{ij_2}^0$ . Обсяги закупівель встановлює керівник підприємства.

Відпускна ціна залежить від обсягів закупівель, тобто  $C^0(x_{ij})$ .

Така залежність знаходиться по статистичним даним як рівняння регресії:

$$C^0(x_{ij}) = ax + b, \quad (3.24)$$

де  $a$  і  $b$  – коефіцієнти.

Вони знаходяться з рівняння прямої, яка проходить через дві задані точки.

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

Також їх можна знайти, виходячи з графіка, представленого на рисунку 3.8.

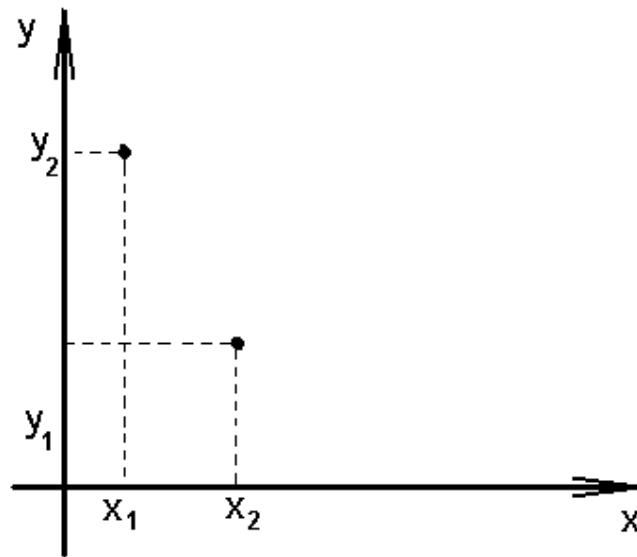


Рисунок 3.8 - Графік для знаходження рівнянь двох точок

$$\frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} = a,$$

$$y_1 = ax_1 + b,$$

$$b = y_1 - ax_1,$$

де  $x_1$  і  $x_2$  – обсяги продажів 1 і 2;

$y_1$  і  $y_2$  – відпускні ціни при об'ємах закупівель 1 і 2.

Прибутком підприємства ( $W$ ) є різниця між відпускними цінами та закупівельними, які пов'язані з обсягом закупівлі.

З вищогоговореного складемо економіко-математичну модель максимізації прибутку (3.25).

$$W = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C^0(x_{ij})x_{ij} - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}^3 x_{ij} \rightarrow \max, \quad (3.25)$$

Використовуючи (3.21), отримаємо (3.26) та (3.27):

$$W = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (ax_{ij} + b)x_{ij} - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}^3 x_{ij} \rightarrow \max, \quad (3.26)$$

$$W = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n ax_{ij}^2 + bx_{ij} - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}^3 x_{ij} \rightarrow \max, \quad (3.27)$$

$$x_{min} \leq x_{ij} \leq x_{max}. \quad (3.28)$$

Ця функція має кілька обмежень. Виробничі компанії обмежують кількість покупок, які необхідно зробити на підприємство. Обсяги закупівлі  $x_{ij}$  підприємства обмежені можливостями підприємств-виробників (3.28).

Цільова функція – параболічна. Залишкова дисперсія в неї нижче аніж у лінійної функції, тому що вона краще описує об'єкт дослідження та моделювання.

Але дослідження показали, що не всі закупівельні ціни є витратами, які залежать від обсягу закупівель - це лише частина. Ціна придбання відображає відсоток збитків. Відсоток втрат визначається дослідженнями.

Таке дослідження може бути застосовано для підприємств оптової торгівлі. Закупівельна ціна може бути використана як показник збитків, розуміючи під  $C_3$  закупівельні ціни плюс втрати.

### 3.4 Вибір методу оптимізації закупівель

Сформульована математична задача може бути вирішена одним із вже розроблених математичних методів. Основні математичні методи використовуються в традиційних економічних розрахунках для перевірки потреб у ресурсах, оцінки виробничих витрат та розробки планів та проектів. Ці методи використовуються не тільки в межах інших методів, але й окремо.

Є багато способів розв'язати задачу. Розглянемо деякі з них, за допомогою яких можна розв'язати запропоновану модель.

**Метод покоординатного спуску.** Цей метод є найбільш простим із прямих методів пошуку мінімуму функції декількох перемінних. Викладемо ідею методу для випадку функції двох перемінних  $f(x, y)$ .

Виберемо початкове наближення  $M_0(x_0, y_0)$ . Зафіксуємо  $x^0$  і знайдемо мінімум функції однієї перемінної  $f(x, y^0)$ . Нехай він досягається при  $x = x_1$ . Уздовж прямій, рівнобіжній осі  $OX$ , здійснюємо спуск у точку  $M_t(x^1, y^0)$ . Фіксуємо  $x^1$  і знаходимо мінімум функції однієї перемінної  $f(x^1, y)$ . Нехай це буде  $x^1$ . З точки  $M_1(x^1, y^0)$  рухаємося уздовж прямої, рівнобіжній осі  $OY$ , до точки  $M_2(x^1, y^1)$ . Потім знову здійснюємо спуск із точки  $M_2$  уздовж прямої рівнобіжної осі  $OX$  і т.д. (рисунок 3.9).



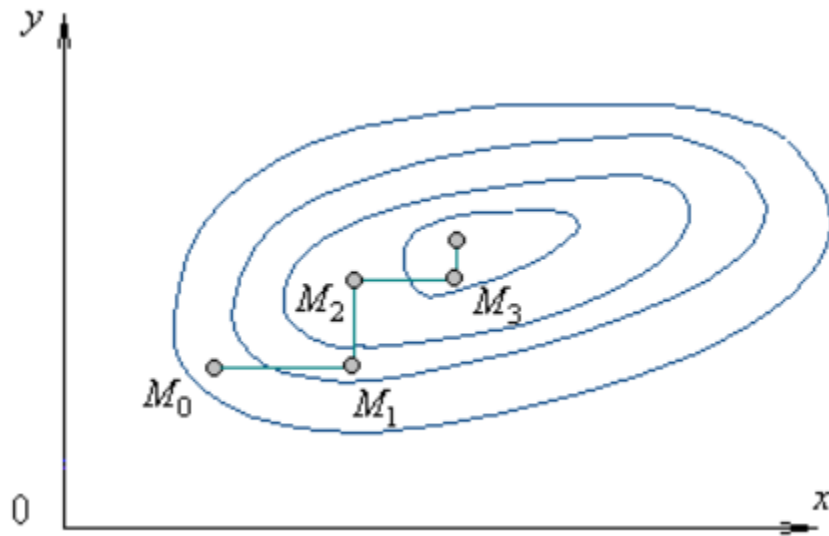


Рисунок 3.9 – Метод покоординатного спуска

Відомо, що якщо функція  $f(x, y)$  має безупинні другі похідні в околиці мінімуму, то при відповідному виборі початкового наближення  $(x^0, y^0)$  спуск по координатах сходиться до мінімуму. Зокрема, метод сходиться, якщо в області  $D$ , обмеженою лінією рівня, що проходить через точку  $M_0(x^0, y^0)$ , виконуються умови:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \geq a > 0; \quad \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \geq b > 0; \quad \left| \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \right| \leq c; \quad ab > c^2. \quad (3.29)$$

Часткові похідні функції прагнуть до нуля. Метод сходиться зі швидкістю геометричної прогресії.

**Метод градієнтного спуску.** Метод визначення мінімуму функції  $f(x)$ ,  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , називаний методом градієнтного чи найшвидшого спуску, запропонований Коші.

Для мінімізації по методу спуску обирається початкова точка  $x^0 = (x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$ , (звичайно відповідно до фізичного змісту задачі). Функція

$f(x) = f(x^0)$  визначає в  $n$ -мірному просторі гіперповерхня, градієнт якого вказує напрямок найшвидшого зростання функції.

Тому в напрямку  $-\text{grad } f(x^0)$  функція швидше за все убуває при нескінченно малому русі з даної точки. Спуск по цьому напрямку до мінімуму визначає нове наближення  $x^1$ . У цій точці знову визначається градієнт і здійснюється спуск у напрямку антиградієнта. Випадок  $n = 2$  представлений на рисунку 3.10

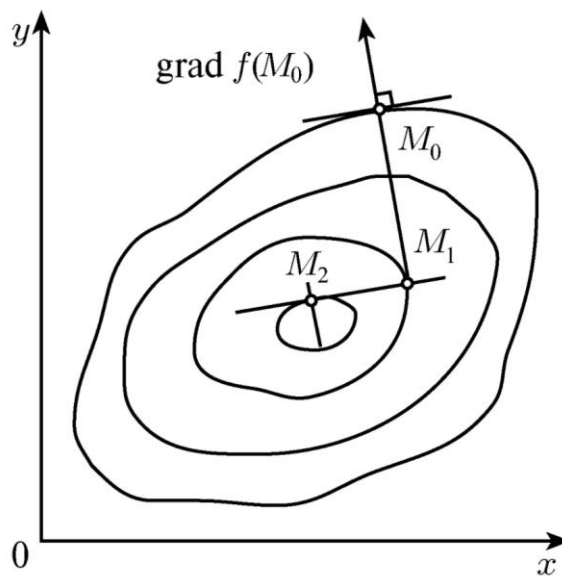


Рисунок 3.10 – Метод градієнтного спуску для  $n=2$

Вектор  $x$ , який було необхідно знайти послідовно уточнюється на  $k$ -й ітерації методу градієнтного спуску по формулі

$$x^{k+1} = x^k - h_k \text{grad } f(x^k), (k = 0, 1, 2, \dots), x^k = (x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k),$$

$$\text{rad } f(x^k) = \left( \frac{\partial f(x_1^k, \dots, x_n^k)}{\partial x_1}, \dots, \frac{\partial f(x_1^k, \dots, x_n^k)}{\partial x_n} \right)$$

де  $h_k$  — оптимальний крок для  $k$ -й ітерації.

Таким чином, на кожному кроці градієнтного спуска потрібно вирішувати ще задачу мінімізації функції однієї змінної яким-небудь чисельним методом. Зокрема, можна розкласти функцію в ряд Тейлора, обмеживши членами другого порядку, і визначити  $h_k$ . Однак такий метод приводить до дуже громіздких обчислень. При цьому необхідно враховувати також трудомісткість обчислення значень функції  $f(x)$  і її градієнта в точках  $x_k$ . Тому на практиці часто  $h$  вибирають емпіричним шляхом. Здійснюється спуск при довільному  $h_k$ ; якщо значення функції  $f(x_{k+1})$  зменшиться, те переходимо до наступного кроку спуска, якщо ж  $f(x^{k+1})$  не убуває, те зменшуємо крок  $h_k$ . Варто враховувати, що якщо  $h_k$  вибрати дуже малим, те це приводить до істотного збільшення обсягу обчислень, якщо  $h_k$  занадто велике, те це може привести до проскакування через мінімум функції. Обчислення по формулі проводимо доти, поки функція  $f(x)$  практично перестане убувати, тобто до виконання для наперед заданого  $\varepsilon$  нерівності  $|f(x^{k+1}) - f(x^k)| < \varepsilon$ .

Критерієм закінчення ітераційного процесу пошуку мінімуму можна вибрати також умова:

$$\max \left| \frac{\partial f(x^k)}{\partial x_i} \right| < \varepsilon.$$

**Метод Ньютона.** Описаним вище методам властивий один загальний недолік — повільна збіжність, якщо поверхні (лінії) рівня мінімізуємої функції витягнуті, сильно відрізняються від сфер (окружностей). У методі Ньютона мінімізації функції декількох змінних цей недолік усувається обліком значень других похідних, однак застосуємо цей метод для більш вузького класу функцій.

Нехай в околиці стаціонарної точки  $x^*$  функція  $f(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , двічі неперервно диференційовна і її матриця Гессе

$$H(x) = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x_2 \partial x_1} & \cdots & \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x_n \partial x_1} \\ \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x_1 \partial x_2} & \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x_2^2} & \cdots & \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x_n \partial x_2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x_1 \partial x_n} & \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x_2 \partial x_n} & \cdots & \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x_n^2} \end{pmatrix}$$

позитивно визначена. Тоді, застосовуючи для рішення системи

$$\begin{cases} \frac{\partial f(x)}{\partial x_1} = 0 \\ \cdots \cdots \cdots \\ \frac{\partial f(x)}{\partial x_n} = 0 \end{cases} \quad (3.30)$$

метод Ньютона, або модифікований метод Ньютона, одержимо ітераційний процес для мінімізації функції або

$$\begin{aligned} x^{k+1} &= x^k - H^{-1}(x^k) \text{grad} f(x^k), \\ x^{k+1} &= x^k - H^{-1}(x^0) \text{grad} f(x^k). \end{aligned} \quad (3.31)$$

Позитивна визначеність матриці  $H(x)$  забезпечує збіжність методу Ньютона, причому збіжність буде квадратичною, а при застосуванні модифікованого методу Ньютона — лінійною.

Приведемо на рисунку 3.11 блок-схему рішення вищевикладеного методу Ітераційний процес (3.31) називають методом Ньютона (модифікованим методом Ньютона) мінімізації функції  $f(x)$   $n$  змінних  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ .

Варто врахувати, що в методі Ньютона на погрішність накладається погрішність звертання матриці  $H(x^k)$ . У зв'язку з цим для функції  $n$  змінних при

великому  $n$  застосовують модифікований метод Ньютона. Відзначимо, що для квадратичної форми метод Ньютона дає точний результат при першій ітерації.

$$g(x) = x; h(x) = x - \frac{f(x)}{f'(x)}$$

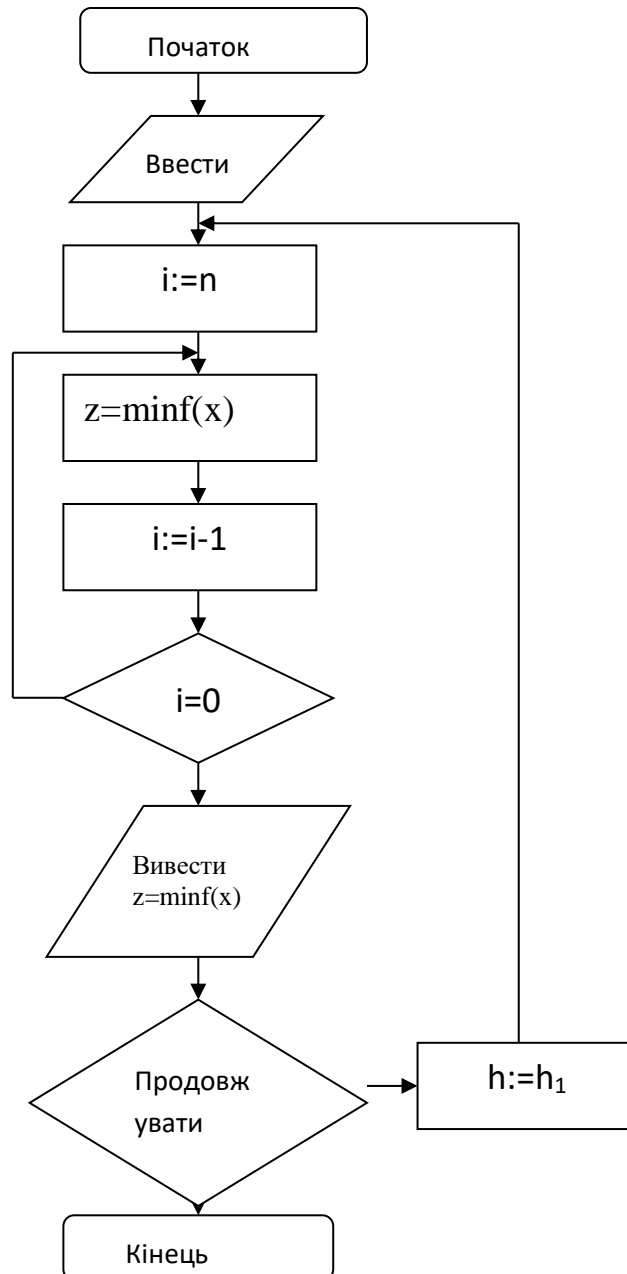


Рисунок 3.11 – Блок-схема рішення методу Ньютона

Збіжність має місце тоді, коли  $|h'(x)| = \left| \frac{f''f}{f'^2} \right| < 1$  навколо  $x_N$ . Якщо  $x_N$  є простим коренем, то виконуються співвідношення  $f'(x_N) \neq 0$  та  $h'(x_N) = 0$ . Тобто, для початкового значення  $x^{(0)}$  повинна виконуватися нерівність

$$|f''(x^{(0)})f(x^{(0)})| < |f'(x^{(0)})|^2$$

Ітераційна формула має вигляд:

$$x^{(m+1)} = x^{(m)} - \frac{f(x^{(m)})}{f'(x^{(m)})}, f'(x^{(m)}) \neq 0.$$

Вибір методу рішення залежить від багатьох критеріїв: збіжність, одержання точних результатів і т.п. У нашому випадку головним критерієм є збіжність.

Для методів градієнтного і покоординатного спуска характерна повільна збіжність. Метод Ньютона за критерієм збіжності є самим оптимальним. Виходить, запропоновану математичну модель слід розв'язувати методом Ньютона.

Математична модель включає математичні формули розрахунку основних показників, що формуються в процесі рішення задачі, а також, при необхідності, опис процесу (об'єкта), список можливих допущень і оцінку відповідності розробленої моделі реальному процесу (об'єкта).

Під час автоматизованого розв'язання задачі "Інформаційна система для обліку відвантаження і реалізації продукції" визначаються економічні показники, задані формулою (3.32).

$$W = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C^0(x_{ij})x_{ij} - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}^3 x_{ij}, \quad (3.32)$$

де  $C_{ij}^0$  – відпускна ціна  $i$ -го заводу  $j$ -й продукції;  $C_{ij}^3$  – закупівельна ціна  $i$ -го заводу  $j$ -й продукції,  $x_{ij}$  – шуканий обсяг закупівель на  $i$ -м заводі  $j$ -й продукції.

### 3.5 Перевірка моделі оптимізації

В цьому підрозділі на прикладі розглянутого підприємства в підрозділі 3.2 розрахуємо модель (3.32) за допомогою електронних таблиць MSExcel.

Цільова функція має вигляд:

$$W = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C^0(x_{ij})x_{ij} - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}^3 x_{ij}$$

де  $x_{ij}$  – об'єм закупівлі;

$x_{min}$  – мінімальний об'єм закупівлі;

$x_{max}$  – максимальний об'єм закупівлі;

$C_{ij}^3$  – ціна закупівель;

$C^0(x_{ij})$  – функція відпускної ціни закупівлі, в залежності від обсягу.

$$C^0(x_{ij}) = ax + b$$

Значить, цільова функція буде мати такий вигляд:

$$W = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n ax_{ij}^2 + bx_{ij} - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}^3 x_{ij} \rightarrow \max.$$

Дані для розрахунку моделі представимо в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Дані для розрахунку моделі

Найменування виробу	Закупочна ціна, Сз	Відпускна ціна Со1	Відпускна ціна Со2	Обсяг продаж в кг при Со1	Обсяг продаж в кг при Со2
Абрикос з горіхом	30,20	33,55	33,82	100,00	10,00
Желейна з горіхом (абрикос)	16,22	16,09	16,22	100,00	10,00
Желейна з горіхом (слива)	16,22	16,09	16,22	100,00	10,00
Лісовик	32,95	36,61	36,90	100,00	10,00
Святковий десерт	26,89	26,68	26,89	100,00	10,00
Чорнослив з горіхом	26,17	29,08	29,31	100,00	10,00
Божа корівка	14,86	15,15	15,27	260,00	100,00
Карат	23,96	24,42	24,62	260,00	100,00
Київські зорі	29,14	29,70	29,94	260,00	100,00
Метеорит зоряний	21,15	21,56	21,73	260,00	100,00
Прем'єра Київська	15,43	15,73	15,86	260,00	100,00
Світло Прометея	22,55	22,99	23,17	260,00	100,00
Сонячна родзинка	23,96	24,42	24,62	260,00	100,00
Пташине молоко "Новинка з горіхом"	16,08	16,39	16,52	260,00	100,00
Пташине молоко "Новинка"	15,86	16,17	16,30	260,00	100,00
Пташине молоко "Лакомка"	16,08	16,39	16,52	260,00	100,00
Фруктово-желейні (горіх)	14,73	15,02	15,14	260,00	100,00
Фруктово-желейні (родзинки)	14,73	15,02	15,14	260,00	100,00
Злагода	10,13	10,33	10,41	160,00	60,00



## Продовження таблиці 3.2

Найменування виробу	Закупочна ціна, Сз	Відпускна ціна Со1	Відпускна ціна Со2	Обсяг продаж в кг при Со1	Обсяг продаж в кг при Со2
Лукум з родзинками	7,20	7,34	7,40	160,00	60,00
лукум молочний	6,99	7,13	7,19	160,00	60,00
Рахат-лукум кольоровий	6,34	6,46	6,51	160,00	60,00
Рахат-лукум в кунжуті	7,10	7,24	7,30	160,00	60,00
Весна (мармелад)	7,87	8,02	8,09	160,00	60,00
Нуга горіх з кунжутом	9,87	10,06	10,14	160,00	60,00
Нуга "Загадка"	11,00	11,22	11,31	160,00	60,00
Кос-халва "Білосніжка"	8,74	8,91	8,98	160,00	60,00
Шербет арахіс, з курагою	7,74	7,89	7,95	160,00	60,00
Шербет восточн, сюрприз	7,54	7,68	7,75	160,00	60,00
шербет Фараон	7,56	7,70	7,77	160,00	60,00
Шербет арахіс, з чорносливом	7,34	7,48	7,54	160,00	60,00
Щербет Султан	7,47	7,61	7,67	160,00	60,00
Щербет Самаркандский	7,54	7,68	7,75	160,00	60,00
Щербет Емір	7,93	8,09	8,15	160,00	60,00
Дайма-Ойла шоколад (сх, солодоці)	9,21	9,38	9,46	160,00	60,00
Дайма-Ойла земфира (сх, солодоці)	9,80	9,99	10,07	160,00	60,00
Дайма-Ойла шоколадно-фруктова (сх, солодоці)	9,27	9,45	9,52	160,00	60,00
Дайма-Ойла Кременчуцька (сх, солодоці)	8,44	8,60	8,67	160,00	60,00
Зефір "Джаїна"	6,57	6,70	6,75	65,00	15,00
Зефір б / рожевий	6,13	6,25	6,30	65,00	15,00
Зефір "Малятко"	6,57	6,70	6,75	65,00	15,00
Зефір "Казкові кільця"	6,32	6,44	6,49	65,00	15,00
Зефір ромовий	6,29	6,41	6,46	65,00	15,00
Вівсяне печиво	4,01	4,09	4,12	65,00	15,00

## Продовження таблиці 3.2

Найменування виробу	Закупочна ціна, Сз	Відпускна ціна Со1	Відпускна ціна Со2	Обсяг продаж в кг при Со1	Обсяг продаж в кг при Со2
Вівсяне печиво з кунжутом	4,44	4,53	4,57	65,00	15,00
Печиво "Сладенькое"	6,99	7,13	7,19	65,00	15,00
Північний малюк	3,98	4,06	4,09	65,00	15,00
Сатурн горіх	4,71	4,80	4,84	65,00	15,00
Сатурн	3,98	4,06	4,09	65,00	15,00
Насолода з курагою	4,82	4,91	4,95	65,00	15,00
Насолода з чорносливом	4,82	4,91	4,95	65,00	15,00
Насолода зі згущеним молоком	4,82	4,91	4,95	65,00	15,00

Розрахуємо коефіцієнти **a** і **b** та функцію відпускної ціни за даними таблиці. Коефіцієнти **a** і **b** знаходяться з рівнянь, які отримані з рівняння прямої, яка проходить через дві точки.

Таблиця 3.3 – Розрахунок функції відпускної ціни

Найменування виробу	a	b	Со(x)=ax+b
Абрикос з горіхом	-0,00298	34,06	33,82
Желейна з горіхом (абрикос)	-0,00143	16,26	16,22
Желейна з горіхом (слива)	-0,00143	16,26	16,22
Лісовик	-0,00325	38,20	36,90
Святковий десерт	-0,00237	26,96	26,89
Чорнослив з горіхом	-0,00258	29,39	29,31
Божа корівка	-0,00076	15,29	15,27
Карат	-0,00122	25,10	24,62
Київські зорі	-0,00149	30,53	29,96
Метеорит зоряний	-0,00108	22,16	21,75

## Продовження таблиці 3.3

Найменування виробу	a	b	Co(x)=ax+b
Прем'єра Київська	-0,00079	15,88	15,86
Світло Прометея	-0,00115	23,63	25,18
Сонячна родзинка	-0,00122	25,10	24,62
Пташине молоко "Новинка з горіхом"	-0,00082	16,85	16,52
Пташине молоко "Новинка"	-0,00081	16,32	16,30
Пташине молоко "Лакомка"	-0,00082	16,81	16,52
Фруктово-желейні (горіх)	-0,00075	15,16	15,14
Фруктово-желейні (родзинки)	-0,00075	15,16	15,14
Злагода	-0,00083	10,74	10,41
Лукум з родзинками	-0,00059	7,42	7,40
Лукум молочний	-0,00057	7,20	7,19
Рахат-лукум кольоровий	-0,00052	6,53	6,51
Рахат-лукум в кунжуті	-0,00058	7,32	7,30
Весна (мармелад)	-0,00064	8,15	8,09
Нуга горіх з кунжутом	-0,00081	10,47	10,14
Нуга "Загадка"	-0,00090	11,67	11,31
Кос-халва "Білосніжка"	-0,00071	9,27	8,98
Щербет арахіс, з курагою	-0,00063	7,97	7,95
Щербет восточн, сюрпріз	-0,00061	7,76	7,75
Щербет Фараон	-0,00062	7,78	7,77
Щербет арахіс, з чорносливом	-0,00060	7,56	7,54
Щербет Султан	-0,00061	7,69	7,67
Щербет Самаркандский	-0,00061	7,76	7,75
Щербет Емір	-0,00065	8,41	8,15
Дайма-Ойла шоколад (вост, сладості)	-0,00075	9,76	9,46
Дайма-Ойла земфира (вост, сладості)	-0,00080	10,39	10,07
Дайма-Ойла шоколадно-фруктова (вост, сладості)	-0,00076	9,82	9,52
Дайма-Ойла Кременчуцька (вост, сладості)	-0,00069	8,94	8,67
Зефір "Джаїна"	-0,00107	7,18	6,75
Зефір б / рожевий	-0,00100	6,49	6,30
Зефір "Малютко"	-0,00107	7,18	6,75

## Продовження таблиці 3.3

Найменування виробу	a	b	$Co(x)=ax+b$
Зефір "Казкові кільця"	-0,00103	6,90	6,49
Зефір ромовий	-0,00103	6,87	6,46
Вівсяне печиво	-0,00065	4,14	4,12
Вівсяне печиво з кунжутом	-0,00072	4,59	4,57
Печиво "Сладенькое"	-0,00114	7,64	7,19
північний малюк	-0,00065	4,161042	6,7536
Сатурн горіх	-0,000768	5,0304	6,3
Сатурн	-0,00065	4,218798	6,7536
Насолода з курагою	-0,000786	5,14568	6,49152
Насолода з чорносливом	-0,000786	5,14568	6,46128
Насолода зі згущеним молоком	-0,000786	5,14568	4,12272

Дослідження показали, що не всі закупівельні ціни є витратами, які залежать від обсягу закупівель - вони є лише їх частиною. Ціна покупки відображає відсоток збитків. Відсоток втрат визначається опитуванням. У таблиці 3. 4 наведено відсотки збитків, які додаються до ціни закупівлі для кожного споживчого заводу.

Таблиця 3.4 – Відсоток втрат в закупівельній ціні

Наименование предприятия	Процент потери
Представник А	12%
Представник В	9%
Представник С	8.50%
Представник D	9%
Представник E	9%

З отриманими даними про коефіцієнти можна розрахувати оптимальний обсяг закупівель та максимальний прибуток підприємства. Результати розрахунків представлені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати проведення задачі оптимізації

Найменування виробу	Обсяг закупівлі, кг	Прибуток, грн,	
Абрикос з горіхом	80	1965,64	
Желейна з горіхом (абрикос)	30		
Желейна з горіхом (слива)	30		
Лісовик	400		
Святковий десерт	30		
Чорнослив з горіхом	30		
Божа корівка	30		1723,71
Карат	400		
Київські зорі	400		
Метеорит зоряний	400		
Прем'єра Київська	30		
Світло Прометея	400		
Сонячна родзинка	400		
Пташине молоко "Новинка з горіхом"	400		
Пташине молоко "Новинка"	30		
Пташине молоко "Лакомка"	350		
Фруктово-желейні (горіх)	30		
Фруктово-желейні (родзинки)	30		
Злагода	400,00	1010,85	
Лукум з родзинками	30,00		
Лукум молочний	30,00		
Рахат-лукум кольоровий	30,00		
Рахат-лукум в кунжуті	30,00		
Весна (мармелад)	100,00		
Нуга горіх з кунжутом	400,00		
Нуга "Загадка"	400,00		
Кос-халва "Білосніжка"	400,00		
Шербет арахіс, з курагою	30,00		
Щербет восточн, сюрпріз	30,00		
Щербет Фараон	30,00		

## Продовження таблиці 3.5

Найменування виробу	Обсяг закупівлі, кг	Прибуток, грн,
Шербет арахіс, з чорносливом	30,00	
Щербет Султан	30,00	
Щербет Самаркандский	30,00	
Щербет Емір	400,00	
Дайма-Ойла шоколад (вост,сладості)	400,00	
Дайма-Ойла земфира (вост,сладості)	400,00	
Дайма-Ойла шоколадно-фруктова (вост,сладості)	400,00	
Дайма-Ойла Кременчуцька (вост,сладості)	400,00	
Зефір "Джаіна"	400	
Зефір б / рожевий	190	
Зефір "Малятко"	400	
Зефір "Казкові кільця"	400	
Зефір ромовий	400	
Вівсяне печиво	30	
Вівсяне печиво з кунжутом	30	
Печиво "Солоденьке"	400	399,55
північний малюк	105,54	
Сатурн горіх	250	
Сатурн	194,46	
Насолода з курагою	250	
Насолода з чорносливом	250	
Насолода зі згущеним молоком	250	164,71
РАЗОМ:	11050	5264,47

З таблиці розрахунку задачі оптимізації можна побачити, що максимальний прибуток компанії за місяць становить 5264,47 гривні. Тоді за рік прибуток становить  $5264,47 * 12 = 63173,6$  гривень.

Фінансовий результат минулого розрахунку 2020 року становив -97 000 гривень. Після застосування методу оптимізації фінансовий результат у 2020 році став становити 63 173 гривні.

Вивчення відсотка втрат у закупівельній ціні може бути використано для оптових торговців. Закупівельні ціни можуть бути використані як показник збитків, розуміючи під  $C_3$  закупівельні ціни плюс втрати.

Оптимальний обсяг покупок, отриманих при вирішенні задач оптимізації, дорівнює продажам. Тобто, купуючи кількість товару, зазначеного в таблиці 3. 5, компанія продає його негайно. Це забезпечить компанії мінімальні втрати та максимальний прибуток.

### **3.6 Інформаційна система підтримки прийняття рішень**

цьому розділі необхідно побудувати таку інформаційну систему, яка сформує оптимальні результати аналізу та буде використана на підприємстві для підтримки прийняття рішень.

Інформаційні системи виникли з моменту появи компанії, оскільки на кожному етапі розвитку компанії потрібно систематичне та заздалегідь підготовлене управління для її управління. Особливо це стосується виробничих процесів - процесів, пов'язаних з виробництвом матеріальних та нематеріальних благ, оскільки вони є життєво важливими для рішення суспільства. Виробничі процеси найбільш динамічно вдосконалюються. І в міру зростання їх управління стає більш складним, що, в свою чергу, стимулює вдосконалення та розвиток інформаційних систем.

Для того, щоб зрозуміти, що таке економічна інформаційна система, спочатку необхідно визначити її місце в системі управління економічним об'єктом, тобто об'єктом, пов'язаним з виробництвом.

Потреба в лідерстві виникає тоді, коли необхідно координувати дії членів команди, об'єднуючись для досягнення спільних цілей. Цими цілями можуть бути: забезпечення стабільності діяльності або виживання об'єкта контролю в

певній боротьбі, підтримка максимального прибутку, вихід на міжнародний ринок тощо. Цілі спочатку узагальнюються, потім конкретизуються та формалізуються керівництвом у цільових функціях.

Відповідно до кібернетичного підходу, система управління - це сукупність об'єктів управління, таких як підприємство та суб'єкт управління (рис. 3.1). Вона об'єднує працівників, формує цілі, розробляє плани, розробляє вимоги до рішень, а також контролює їх виконання. Завданням суб'єкта управління є реалізація планів, підготовлених менеджерами, тобто здійснення діяльності, для якої створена система управління..

Два компоненти системи управління з'єднані за допомогою прямих (P) і зворотних (O) з'єднань. Пряме посилення представлене директивним потоком даних, надісланим об'єкту, керованому блоком управління, а повернення - це звіт про дані, отримані на отриманих даних. - це потік даних. Інформація про директиви генерується керівництвом відповідно до цілей управління та інформації про поточну економічну ситуацію та навколишнє середовище. Інформація, яка підлягає звітуванню, складається з предмету управління та відображає внутрішню економічну ситуацію, а також ступінь впливу на неї зовнішнього середовища (несвоєчасні платежі, порушення умов тощо). У такий спосіб зовнішнє середовище впливає тільки на об'єкт керування: вона поставляє інформацію й управлінському апараті, рішення якого залежать від зовнішніх факторів.



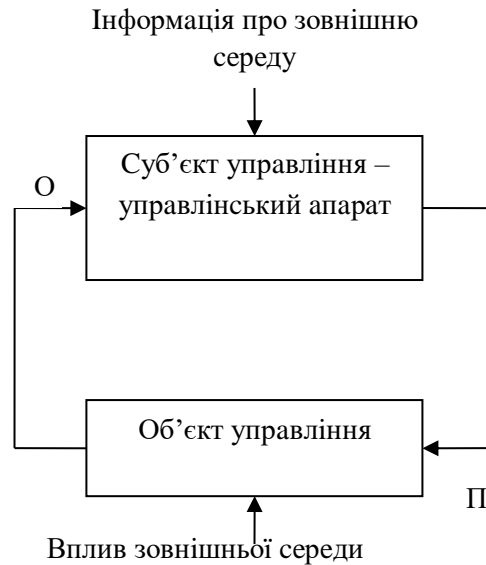


Рисунок 3.12 – Структура системи керування

Взаємозв'язок між інформаційними потоками (Р і О), засобами обробки, передачі та зберігання даних та працівниками в апараті управління, які виконують операції з операції, і складає інформаційну систему економічного об'єкта.

Збільшення обсягу інформації в циклі управління, ускладнення обробки призвели до початку впровадження комп'ютерів у певні операції, а потім до розширення їх використання. Традиційна інформаційна система різко змінилася. В інструментах управління з'явився новий розділ структури, єдиною функцією якого є забезпечення надійних операцій з управління даними через закриття рахунків. На цьому етапі в адміністративній будівлі виник новий потік інформації, і старий потік змінив напрямок. Роль традиційних інформаційних систем почала еволюціонувати поступово, але поступово переходила до управління унікальною системою обробки інформації.

За видом сфери застосування інформаційні системи поділяють на технічні, економічні та інформаційні системи в гуманітарних областях і ін.

Далі мова йде про економічні інформаційні системи, тому необхідно ввести поняття економічної інформаційної системи (ЕІС). Під цим ми маємо на увазі систему, призначену для зберігання, отримання та доставки економічної інформації із запитів користувачів. За допомогою ЕІС, на жаль, не вся інформація, яка використовується для управління сайтом, може бути оброблена, оскільки на кожному підприємстві компас використовується величезними інформаційними потоками, які відіграють певну роль у обробці сайту (рисунок 3.2). Причина цього полягає в складності структуривання інформації та формалізації процесів її обробки.



Рисунок 3.13 – Інформація про зовнішню середу

В ЕІС від об'єкта управління направляється тільки та частина інформації (див.рисунок 3.2), –  $O_2$ , яку можна систематизувати і обробляти за допомогою комп'ютера. Подібним чином, лише частина інформації про політику передається від управлінського персоналу до ЕІС -  $P_2$ , які можуть бути належним чином оброблені та передані об'єкту управління. Частина інформації, що

обробляється в ЕІС на різних рівнях управління, коливається залежно від співвідношення загальної кількості до 10-20%.

тарший рівень ставить перед собою мету управління, зовнішню політику, матеріальні, фінансові та трудові ресурси, розробляє довгострокові плани та стратегії. Компетентність включає аналіз ринку, тендери, ділові цикли та інші альтернативні стратегії розвитку підприємства.

На середньому рівні основна увага приділяється розробці тактичних планів, контролю за їх виконанням, моніторингу ресурсів та розробці керівних принципів, які приведуть компанію до її потреб.

На оперативному рівні виконуються плани та готуються звіти про їх виконання. Управління тут, як правило, складається з робітників, які керують магазинами, будівельними майданчиками, змінами, службами. Основним завданням оперативного управління є узгодження всіх елементів виробничого процесу в часі та просторі з необхідною стадією його деталей.

Робота проводиться на кожному рівні, що, в свою чергу, забезпечує управління. Ці роботи часто називають функціями. Залежно від цілей можна виділити: планування, облік, аналіз та регулювання.

Планування – це функція, яка в ідеалі аналізує мету управління. Планування на найвищому рівні управління є викликом на майбутнє і зосереджується на довгостроковій перспективі. Оперативне управління включає детальну розробку плану.

Облік – функція, яка спрямована на отримання інформації про прогрес компанії. Облік в основному ведеться на основному та операційному рівнях управління.

Аналіз та коригування - порівняння фізичних параметрів з нормативними показниками, визначення відхилень, резервів та прийняття рішень щодо виходу об'єкта управління на цільову траєкторію.

В першу чергу більшість ЕІС забезпечували лише оперативний рівень керування: обробку рахунків, облік товарів і матеріалів, заробітної плати, обробку замовлень і ін. Згодом стали розроблятися системи, які забезпечують виконання розрахунків на середньому рівні: розрахунки квартальних, місячних і річних планів випуску продукції, складання планів збуту продукції і т.д.

Сучасні ЕІС здатні надавати й обробляти, інформацію для всіх рівнів управління. Особливий інтерес для вищого рівня управління представляють експертні системи, здатні розробляти приблизну (орієнтовану) інформацію і на цій базі розробляти прогностичні плани.

Процес управління повинен змінити стан об'єкта, що допоможе досягти поставленої мети. Цілі системи ставляться під час її розробки і в процесі експлуатації вони завжди пристосовуються до змін зовнішніх умов. Призначення відноситься до характеристик системи та її передбачуваної вартості, що забезпечується об'єктом управління. Серед усього розмаїття цілей виділяють 2 основні класи: стратегічні та тактичні. Вони відрізняються між собою рівнем узагальнення та періодом, на який вони призначені..

Стратегічні та тактичні цілі можуть мати директивний характер. Вони є результатом діяльності старших керівників і називаються проекторними. Ця назва пояснюється тим, що поставлені цілі відображають бажаний шлях зміни системи управління в економіці з часом, шлях визначається як сукупність показників.

Для систем існує поняття динамічної рівноваги – це процес, характеризуемий деякою рівноважною траєкторією.

Поняття стабільності пов'язане з функцією системи та структурою. Система зі стабільною структурою може відновити дуже порушені функції.

Кожен елемент структури, який подається до планування вищого керівництва, повинен мати набір цілей траєкторії (керівних принципів), які

повинні відповідати посадовій особі. Тому структура управління повинна бути організована відповідно до цільового визначення кожного рівня..

В останні роки корпоративні інформаційні системи, засновані на архітектурі клієнт-сервер, почали дуже швидко впроваджуватися у великих українських компаніях..

ІС дає користувачу можливість рішення таких глобальних задач як:

- зробити використання вкладеного капіталу прозорим для керівництва корпорацією;

- надати детальну інформацію про економічну доцільність стратегічного планування;

- професійно управляти витратами, наочно та своєчасно показувати, за рахунок яких витрат можна мінімізувати витрати;

- здійснення оперативного управління підприємством відповідно до обраних ключових показників (собівартість продукції, структура витрат, рівень рентабельності тощо);

- забезпечити гарантований прибуток підприємства за рахунок оптимізації і прискорення ряду процесів (терміни виконання нових замовлень, розподіл ресурсів і т.д.).

Створення комп'ютеризованих інформаційних систем є важливим і актуальним завданням. Ці процеси повинні бути гнучкими, пристосовуватися до мінливих обставин та надавати найбільш ефективну та цінну інформацію. Здатність швидко обробляти результати та отримувати інформацію, дає змогу приймати кращі рішення, що в підсумку призведе до вищих вигод. У великих компаніях, як правило, багато вихідних даних: інформація про клієнтів, ринки, товари, демографічні показники, фінанси, конкуренція тощо. Цінність цієї інформації, однак, полягає не в її кількості, а в тому, що можна вибрати найважливішу та передати її особам, що приймають рішення. Слід зазначити, що розробити достатньо універсальні програми для цих цілей просто неможливо,

оскільки потреби осіб, які приймають рішення, постійно змінюються. Стає очевидним, що використання таких могутніх засобів програмування як, наприклад, C++ або Delphi не дає очікуваного ефекту через складність алгоритмів і великих термінів розробки проектів, а ідеальний засіб інформаційних систем на базі ПК повинне поєднувати обчислювальні можливості електронних таблиць і сучасних візуальних засобів розробки програм.

Microsoft Excel є найбільш кращим засобом розробки інформаційних систем, що сполучає в собі переваги як табличного процесора, та і засобів візуального програмування - убудованої мови Visual Basic for Applications (VBA). За допомогою VBA розроблювачі можуть поєднувати більш 100 об'єктів і близько 400 інших убудованих додатків (функцій, надбудов і т.п.), що дозволяє створювати гнучкі і розвинуті інформаційні системи. В Excel можна також поєднувати частини систем, розроблені в інтерактивному режимі, і за допомогою програмного коду, легко інтегрувати них з іншими офісними додатками. Excel може бути використаний для будь-якої інформаційної системи, що містить аналіз даних, тому що включає набір об'єктів обробки даних, що є найбільш передовим. В даний час на базі інструментальних засобів Excel уже створені тисячі інформаційних систем, що успішно використовуються в усім світі. З огляду на зазначені переваги варто очікувати, що потреба в інформаційних системах, створених на основі Excel і VBA, значно зросте найближчим часом і усе більше число компаній прийдуть до розуміння того, що використовуючи Excel, вони зможуть створювати інформаційні системи з меншими витратами часу і коштів.

Інформаційна система під назвою Magistr створена на базі Excel. Система призначена для підвищення ефективності роботи підприємства за рахунок оптимізації обсягів покупок у компанії та максимізації прибутку, придбаного кондитерами.

Інформаційна система роз'язує такі задачі:

- проводить фінансовий аналіз;

- проводить розрахунок втрат підприємства;
- будує графічний аналіз втрат та залишків підприємства;
- виконує оптимізація обсягів закупівель за допомогою нової розробленої моделі по кожному з споживачів;
- розрахунок максимального прибутку;
- формує бланка замовлень.

Перелічені в системі завдання виконуються шляхом створення багатовимірної бази даних. Розроблена інформаційна система складається з підсистем:

- а) вихідні дані;
- б) підсистема фінансового аналізу;
- в) підсистема аналізу втрат;
- г) підсистема графічного аналізу;
- д) підсистема моделювання.

Інтерфейс користувача є невід'ємною частиною будь-якої інформаційної системи, яка ідентифікує всі функції та особливості доступності її компонентів. Інтерфейс користувача базується за допомогою кнопок (інтерфейс).

Системні кнопки розроблені за допомогою кнопок на панелі інструментів, а макроси всіх використовуваних кнопок наведені в Додатку А. Кнопка СТАРТ дозволяє користувачеві перейти до ГОЛОВНОГО МЕНЮ та використовує макрос, що наведений у підрозділі А.1, додатку А.

Кнопка ВИХІД виводить створену інформаційну систему і працює при запуску такого макросу, що наведений у підрозділі А.2, додатку А.

Перехід до керівництва користувача виконується за допомогою макросу підрозділа А.3.

Після натискання кнопки СТАРТ користувач потрапляє на лист ГОЛОВНЕ МЕНЮ.

Головне меню дозволяє користувачеві при натисканні кнопок з назвами підсистем перейти на лист з підсистемою, яку він обрав. Кнопка ЗАСТАВКА повертає користувача на сторінку, яка називається користувальницьким інтерфейсом. При натисканні клавіш для доступу до підсистеми виконуються подібні макроси. Їх відмінність полягає в назві сторінки, на яку повинен перейти користувач. Приведемо далі один з таких макросів у підрозділі А.4, додатку А.

Основними даними Інформаційної системи підтримки прийняття рішень є База даних цін, яка є базою даних. Всі проміжні дані передаються в базу даних моделі кожного разу, коли дані вводяться в базу даних.

Підсистема фінансового аналізу включає: баланс та звіт про фінансові результати (вихідні дані), розрахунок коефіцієнтів та розрахунок горизонтального аналізу в компанії. Працюючи над цією підсистемою, менеджер може негайно зробити висновки про роботу компанії. Підсистема відображає прибутковість, ліквідність, платоспроможність, оборот акцій тощо. Горизонтальний аналіз показує динаміку валюти балансу. Підсистема включає в себе кнопки переходу, макроси яких наведені у підрозділі А.4, додатку А.

Система аналізу збитків розраховує залишок продукції, тобто різницю між купівлею та продажем. Цей елемент необхідний, тому з цього розрахунку керівник компанії може бачити, як працює підприємство, скільки тисячі гривень на рік за продаж товарів не отримує. Підсистема працює завдяки виконанню макросів наведених у підрозділі А.5, додатку А.

Після заповнення форми вона може буди очищена, натиснувши кнопку ОЧИСТКА. Макрос цієї кнопки наведений у підрозділі А.6.

Після того, як форма залишків заповнилась при натисканні кнопки ПІДСУМОК ВТРАТ ЗА РІК з переходом на іншу сторінку виконується макросом з підрозділу А.7.

Підсистема аналізу втрат пов'язана з підсистемою графічного аналізу



Кнопка ГОЛОВНЕ МЕНЮ переключає користувача на лист головного меню, де він може обрати наступний хід. Кнопка ЗАЛИШКИ ТА ВТРАТИ переключає користувача на лист залишків та втрат. Макроси, які забезпечують переключання цих кнопок наведені у підрозділі А.8 додатку А.

На основі графічного аналізу вирішується, які види кондитерських виробів придбати, які типи відхилити. На графіках показано частку втрат одного виду кондитерських виробів у загальній сумі втрат. Ця графічна підсистема аналізу збитків дозволяє швидко та наочно прийняти рішення щодо конкретної покупки.

Підсистема моделювання дозволяє розрахувати максимальний прибуток та оптимальний обсяг закупівель товару у виробника.

За допомогою сформованих клавіш користувач може натиснути кнопку імітації, натискаючи курсор миші на клавішу з правильним ім'ям виробника потрібного імені та натиснувши МОДЕЛЮВАННЯ. При натисканні на цю кнопку користувач потрапляє на лист заводу-виробника, де розраховується модель оптимізації закупівель. Макрос для перемикача розглянутий в додатку А, підрозділ А.9.

При натискання кнопки результати користувач поропляє на загальний лист закупівель, де видно закупівлі, які були розраховані в результаті створення нової економіко-математичної моделі.

Перехід з підсистеми моделювання до головного меню виконується за допомогою макросу з підрозділі А.11, додатку А.

Підсистема моделювання представляє собою базу моделей, яка є взаємопов'язаною системою моделей, побудованих на принципі від простого до складного рішення вказаних вище задач. Створені моделі в цій підсистемі формулюють оптимальні результати аналізу та використовуються керівництвом або менеджерами для підтримки прийняття рішень.

В підсистемі моделювання керівник або менеджер отримує готовий бланк замовлень на місяць, користуючись яким можна бути впевненим про подальший успіх підприємства.

Завдяки створенню інформаційних систем менеджери можуть з більшим ентузіазмом стежити за діяльністю своїх компаній. Інформаційна система дозволяє легко та візуально отримати необхідну інформацію. Робота, як правило, проста завдяки інструкціям користувача. Робота зі створеною системою буде успішною, якщо ви оновите базу даних. Створення таких систем ефективно дозволяє користувачеві приймати правильні рішення.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянута проблема оптимізації технологічного процесу виробництва виробів. Автоматизація управління виробництвом відноситься до найбільш ефективних напрямків застосування інформаційних технологій. Складні технологічні процеси, швидка зміна цін на сировину і продукцію, часто змінюється ситуація на ринку праці змушують керівництво підприємства оперативно приймати оптимальне рішення на основі аналізу великого обсягу інформації.

Впровадження комп'ютерної техніки в процеси інформаційних обмінів між підрозділами підприємства не тільки прискорює їх, але і значно зменшує неузгодженість документів, які є різними зрізами одних і тих же даних. Розумна система безпеки і резервного копіювання даних дозволяє уникати втрат і несанкціонованого доступу до важливої інформації.

Залучення математичного апарату дозволяє отримати не тільки якісні, а й кількісні оцінки ситуації, що склалася на підприємстві.

В кваліфікаційній роботі розроблено інформаційно-аналітичну систему та математичну модель для розв'язання задач оперативного планування виробництва.

В ході роботи розв'язано наступні наукові та практичні задачі:

- розробка оптимізаційних математичних моделей оперативного планування виробництва з урахуванням багатьох обмежень;
- розробка програмного забезпечення розв'язання задач оперативного планування виробництва;
- розробка алгоритмів розв'язання задач оптимального використання ресурсів підприємства виходячи з різних критеріїв якості.

Розроблена і реалізована у вигляді інформаційно-аналітичної системи методика оперативного планування виробництва, яка використовується різними підприємствами.

Так першому розділі розглянулося саме підприємство та його характеристика. У кожного підприємства є свої недоліки та переваги, які теж оглядаються в даному розділі. Також визначена мета роботи та проводиться аналіз підприємства. Другий розділ присвячений характеристиці підприємства та його організаційній структурі. Також розглянулася система управління та методи її оптимізації. Третій розділ охопив огляд математичних методів, що використовуються для вирішення задач оптимізації, а також розробку автоматизованої інформаційної системи.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Осетрова И.С., Осипов Н. А., Microsoft Visual Basic for Application: учебное пособие. Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2013. 120 с.
2. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. Москва: Наука Главная редакция физико-математической литературы, 1986. 544с.
3. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем, Москва: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1968. 356 с.
4. Болтянский В.Г. Математические методы оптимального управления. М.: Наука, 1969. 408 с.
5. Евланов Л.Г. Теория и практика принятия решений. М.: Экономика, 1984. 17 с.
6. Кондрашова С.С. Інформаційні технології в управлінні: Навч. посібник. К.: МАУП, 1998. 560 с.
7. Бирюков Р.С., Городецкий С.Ю., Григорьева С.А., Павлючонок З.Г., Савельев В.П. методы оптимизации в примерах и задачах. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. 101 с.
8. Лук'янова В.В. Комп'ютерний аналіз даних. К.: ВЦ Академія, 2003. 344 с.
9. Малыхин В.И. Математическое моделирование экономики. М.: Издательство УРАО, 1998. 160 с.
10. Кулиш С.А., Воловельская С.Н., Рабинович И.А. Математические методы в планировании материально-технического снабжения. Киев: Вища школа, 2017. 228 с.
11. Математические методы в планировании отраслей и предприятий. Под ред. И.Г. Попова. М.: Экономика, 1981. 336 с.

12. Приймак В. І. Математичні методи економічного аналізу: навчальний посібник. К.: Центр учбової літератури, 2009. 296 с.
13. Ситник В.Ф., Писаревська Т.А., Єрємїна Н.В., Краєва О.С. Основи інформаційних систем: Навч.посібник вид. 2-ге перероб. і доп. К.:КНЕУ, 2001. 420 с.
14. Чекотовский Э.В. Графический анализ статистических данных в MS Excel 2000. К.: Диалектика, 2002. 464 с.
15. Шикин Е.В. Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении. М.: Дело, 2002. 440 с.
16. Турчак Л. И. Основы целочисленных методов: Учеб. пособие. М.: Наука. 1987. 320 с.
17. Гоменюк С.І., Гребенюк С.М., Зіновєєв І.В., Манько Н.І.-В., Спиця О.Г., Ткаченко І.Г. Математика: методичні вказівки до написання курсових і кваліфікаційних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра та магістра математичного факультету. Запоріжжя: ЗНУ. 2017. 52 с

## **Додаток А**

### **Створення інформаційної системи**

#### **А.1 Макрос кнопки СТАРТ**

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
Sheets("Лист2").Select  
End Sub
```

#### **А.2 Макрос кнопки ВИХІД**

```
Private Sub CommandButton2_Click()  
ActiveWorkbook.Close  
End Sub
```

#### **А.3 Перехід до інструкції користувача**

```
Private Sub CommandButton3_Click()  
Sheets("Інструкція користувача").Select  
End Sub.
```

#### **A.4 Кнопки переходу до підсистем**

```
Private Sub CommandButton5_Click()
  Sheets("підс_матем").Select
End Sub
```

#### **A.5 Макрос заповнення форми залишків, при виконання якого заповнюється форма Залишків по підприємствах**

```
Sub втрати ()
  " втрати Макрос
  ' ActiveCell.FormulaR1C1 = "'Аналіз 3 та П!'R[14]C"
  Range("C6").Select
  Selection.AutoFill Destination:=Range("C6:C8"), Type:=xlFillDefault
  Range("C6:C8").Select
  Selection.AutoFill Destination:=Range("C6:N8"), Type:=xlFillDefault
  Range("C6:N8").Select
  ActiveWindow.LargeScroll ToRight:=-2
  Range("C9").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "'Аналіз 3 та П!'R[14]C"
  .....
  ActiveWindow.ScrollColumn = 7
  ActiveWindow.ScrollColumn = 6
  ActiveWindow.ScrollColumn = 5
  ActiveWindow.ScrollColumn = 4
  ActiveWindow.ScrollColumn = 3
  ActiveWindow.ScrollColumn = 2
```



```
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("C13").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "'Аналіз 3 та П'!R[27]C"
Range("C13").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("C13:C15"), Type:=xlFillDefault
Range("C13:C15").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("C13:G15"), Type:=xlFillDefault
Range("C13:G15").Select
Range("G13:G15").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("G13:H15"), Type:=xlFillDefault
"'Аналіз 3 та П'!R[27]C"
Range("C17").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("C17:H17"), Type:=xlFillDefault
Range("C17:H17").Select
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("C20").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "'Аналіз 3 та П'!R[39]C"
Range("C20").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("C20:C22"), Type:=xlFillDefault
Range("C20:C22").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("C20:Y22"), Type:=xlFillDefault
Range("C20:Y22").Select
ActiveWindow.ScrollColumn = 16
ActiveWindow.ScrollColumn = 15
ActiveWindow.ScrollColumn = 14
ActiveWindow.ScrollColumn = 13
```

ActiveWindow.ScrollColumn = 12

ActiveWindow.ScrollColumn = 11

ActiveWindow.ScrollColumn = 10

ActiveWindow.ScrollColumn = 9

ActiveWindow.ScrollColumn = 8

ActiveWindow.ScrollColumn = 7

ActiveWindow.ScrollColumn = 6

ActiveWindow.ScrollColumn = 5

ActiveWindow.ScrollColumn = 4

ActiveWindow.ScrollColumn = 3

ActiveWindow.ScrollColumn = 2

ActiveWindow.ScrollColumn = 1

Range("C23").Select

ActiveWindow.SmallScroll Down:=3

ActiveCell.FormulaR1C1 = "='Аналіз 3 та П'!R[39]C"

Range("C23").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("C23:Y23"), Type:=xlFillDefault

Range("C23:Y23").Select

ActiveWindow.LargeScroll ToRight:=-3

Range("C24").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "='Аналіз 3 та П'!R[39]C"

Range("C24").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("C24:Y24"), Type:=xlFillDefault

Range("C24:Y24").Select

ActiveWindow.LargeScroll ToRight:=-3

ActiveWindow.SmallScroll Down:=6

Range("C27").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "='Аналіз 3 та П'!R[51]C"

```

Range("C27").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("C27:K27"), Type:=xlFillDefault
Range("C27:K27").Select
.....
Selection.AutoFill Destination:=Range("C31:K31"), Type:=xlFillDefault
Range("C31:K31").Select
ActiveWindow.LargeScroll ToRight:=-2
Range("C34").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "'Аналіз 3 та П'!R[63]C:R[63]C[5]"
Range("C34").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "'Аналіз 3 та П'!R[63]C"
Range("C34").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("C34:C36"), Type:=xlFillDefault
Range("C34:C36").Select
Range("C34:C36").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("C34:H36"), Type:=xlFillDefault
Range("C34:H36").Select
ActiveWindow.SmallScroll ToRight:=-6
Range("C37").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "'Аналіз 3 та П'!R[63]C"
Range("C37").Select
.....
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-30
Range("C6").Select
End Sub

```

## **А.6 Макрос кнопки ОЧИСТКА**

```
Sub Очистка1()  
" Очистка1 Макрос  
' Range("C3:N7").Select  
Selection.ClearContents  
Range("C10:H14").Select  
Selection.ClearContents  
ActiveWindow.SmallScroll Down:=6  
ActiveWindow.LargeScroll ToRight:=-1  
Range("C17:Y21").Select  
Selection.ClearContents  
ActiveWindow.SmallScroll Down:=9  
Range("C24:K28").Select  
Selection.ClearContents  
ActiveWindow.SmallScroll Down:=9  
Range("C31:H35").Select  
Selection.ClearContents  
ActiveWindow.ScrollColumn = 2  
ActiveWindow.ScrollColumn = 1  
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-33  
Range("C3").Select  
End Sub
```

## **A.7 Кнопка ПІДСУМОК ВТРАТ ЗА РІК**

```

Sub підсумок втрат()
" підсумок втрат Макрос
' ActiveWindow.ScrollWorkbookTabs Sheets:=-1
ActiveWindow.ScrollWorkbookTabs Sheets:=-1
Sheets("Підсумок за рік").Select
Range("D5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM('Залишки та втрати'!R[-2]C[-1]:R[-
2]C[10])"
Range("D6").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM('Залишки та втрати'!R[-2]C[-1])"
Range("D7").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM('Залишки та втрати'!R[-2]C[-1]:R[-
2]C[10])"
Range("D6").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM('Залишки та втрати'!R[-2]C[-1]:R[-
2]C[10])"
Range("D8").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM('Залишки та втрати'!R[-2]C[-1]:R[-
2]C[10])"
Range("E5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM('Залишки та втрати'!R[5]C[-2]:R[5]C[3])"
Range("E6").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM('Залишки та втрати'!R[5]C[-2]:R[5]C[3])"
Range("E7").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM('Залишки та втрати'!R[5]C[-2]:R[5]C[3])"
Range("E8").Select

```

```
.....  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM('Залишки та втрати'!R[19]C[-  
4]:R[19]C[4])"  
Range("G6").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM('Залишки та втрати'!R[19]C[-  
4]:R[19]C[4])"  
Range("G7").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM('Залишки та втрати'!R[19]C[-  
4]:R[19]C[4])"  
Range("G8").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM('Залишки та втрати'!R[19]C[-  
4]:R[19]C[4])"  
Range("H5").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = ""  
Range("H5").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM('Залишки та втрати'!R[26]C[-5]:R[26]C)"  
Range("H6").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM('Залишки та втрати'!R[26]C[-5]:R[26]C)"  
Range("H7").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM('Залишки та втрати'!R[26]C[-5]:R[26]C)"  
Range("H8").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM('Залишки та втрати'!R[26]C[-5]:R[26]C)"  
Range("H9").Select  
End Sub
```

## **А.8 Кнопка ЗАЛИШКИ ТА ВТРАТИ**

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
    Sheets("Лист2").Select  
End Sub  
Private Sub CommandButton2_Click()  
    Sheets("Залишки та втрати").Select  
End Sub
```

## **А.9 Кнопка МОДЕЛЮВАННЯ**

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
    If OptionButton1.Value = True Then  
        Application.Goto Reference:=Worksheets("Представник А").Range("a1"), _  
        Scroll:=True  
    End If  
    If OptionButton2.Value = True Then  
        Application.Goto Reference:=Worksheets("Представник В").Range("a1"), _  
        Scroll:=True  
    End If  
    If OptionButton3.Value = True Then  
        Application.Goto Reference:=Worksheets("Представник С").Range("a1"), _  
        Scroll:=True  
    End If  
    If OptionButton4.Value = True Then  
        Application.Goto Reference:=Worksheets("Представник D").Range("a1"), _  
        Scroll:=True  
    End If
```

```
End If
If OptionButton5.Value = True Then
Application.Goto Reference:=Worksheets("Представник Е").Range("a1"), _
Scroll:=True
End If
End Sub
```

#### **A.10 Кнопка результати**

```
Private Sub CommandButton2_Click()
Лист18.Activate
End Sub
```

#### **A.11 Перехід з підсистеми моделювання до головного меню**

```
Private Sub CommandButton3_Click()
Sheets("Лист2").Select
End Sub
```