

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ

КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОБОТОТЕХНІКИ І МЕХАТРОНИКИ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи магістра

на тему: «Автоматизована система управління логістикою та запасами

виробничого підприємства на основі прогнозу попиту»

« Automated logistics and inventory management system of a manufacturing enterprise
based on demand forecast »

Виконав: студент 2 курсу, групи 6А
спеціальність 174 – «Автоматизація,
комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

Балабаненко А.С.

Керівник: к.т.н., доцент Поливода О.В.

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Херсон – 2024 рік

Херсонський національний технічний університет

Факультет

Інженерії та транспорту

Кафедра

Автоматизації, робототехніки і мехатроніки

Ступінь вищої освіти

магістр

Спеціальність

174 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри автоматизації,

робототехніки і мехатроніки

Сєліверстов І.А.

«___» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Балабаненку Антону Суниловичу

1. Тема проекту: Автоматизована система управління

логістикою та запасами виробничого підприємства на основі

прогнозу попиту

Automated logistics and inventory management system of a

manufacturing enterprise based on demand forecast

керівник проекту: к.т.н., доцент Поливода О.В.

затверджена наказом вищого навчального закладу від 28.08.2024 р. № 375-с

2. Строк подання студентом проекту «15» грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до проекту: підвищення ефективності управління

логістикою та запасами, зменшення витрат, а також забезпечення

безперебійності виробничих процесів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: 1) Вступ; 2) Аналіз

Предметної області; 3) Обґрунтування вибору методів і технологій;

4) Розробка системи; 5) Математичні розрахунки та економічне

обґрунтування; 6) Висновок; 7) Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу: Блок-схема прогнозування попиту для

Підприємства; Блок-схема планування запасів; Блок-схема для коду

системи управління запасами; Блок-схема для системи управління

аналітики та звітності; Логістична система підприємства у розрізі її

основних складових; Рівні прогнозування попиту

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Поливода О.В., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання

«28» серпня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Підбір і огляд літератури	16.09.24	
2	Аналіз існуючих рішень	24.09.24	
3	Огляд і аналіз технічних засобів автоматизації	02.10.24	
4	Аналіз архітектури автоматизованої системи управління	24.10.24	
	Характеристика виробничого підприємства	30.10.24	
5	Розрахункова частина	13.11.24	
6	Оформлення схем	11.12.24	
7	Оформлення ПЗ і графічного матеріалу	16.12.24	

Студент

Балабаненко А.С.
(підпис)

Керівник проекту

Поливода О.В.
(підпис)

[illegible]

РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизована система управління логістикою та запасами виробничого підприємства на основі прогнозу попиту».

Кваліфікаційна робота складається із пояснювальної записки та графічної частини.

Пояснювальна записка містить – 87 сторінок, 26 рисунків, 6 схем, список використаних джерел включає 32 найменування.

Метою створення цього проекту є розробка системи автоматизації управління запасами та логістикою на виробничому підприємстві.

У пункті під назвою «Технологія управління запасами» було розглянуто особливості прогнозування попиту, формування сировинних запасів та управління готовою продукцією, враховуючи їх оптимальні параметри та характеристики.

В інших пунктах слід зосередитися на автоматизації процесів логістики, розробці математичної моделі управління запасами та технічній реалізації комп'ютерної системи для інтеграції прогнозів із закупівлями, складським обліком і плануванням поставок.

У результаті система має забезпечити оптимізацію витрат на утримання запасів, скорочення обсягів ручної праці, підвищення швидкості та точності обліку, а також надання інструментарію для гнучкого управління процесами логістики й запасів відповідно до змін у попиті.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ЗАПАСИ, ЛОГІСТИКА, ПРОГНОЗУВАННЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ

					ХНТУ 174 КРМ 24.001 РФ			
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Реферат	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Балабаненко А.С.						5	87
Перевір.	Полівода О.В.							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.	Селівєрстов І.А.				ХНТУ, 6А			

ABSTRACT

Theme of the qualification work: «Automated logistics and inventory management system of a manufacturing enterprise based on demand forecast».

The qualification work consists of an explanatory note and a graphic part.

The explanatory note contains – 87 pages, 26 figures, 6 diagrams, the list of references includes 32 names.

The purpose of this project is to develop an automation system for inventory and logistics management at a manufacturing enterprise.

In the paragraph titled «Inventory Management Technology», the peculiarities of demand forecasting, formation of raw material stocks and management of finished products were considered, taking into account their optimal parameters and characteristics.

Other points should focus on the automation of logistics processes, the development of a mathematical model of inventory management, and the technical implementation of a computer system to integrate forecasts with procurement, warehouse accounting, and supply planning.

As a result, the system should optimize inventory costs, reduce manual labor, increase the speed and accuracy of accounting, and provide tools for flexible management of logistics and inventory processes in line with changes in demand.

AUTOMATION, INVENTORY, LOGISTICS, FORECASTING, OPTIMIZATION

					XHTY 174 KPM 24.001 PΦ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНІ І СКОРОЧЕНЬ	9
ВСТУП	10
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	12
1.1 Характеристика виробничого підприємства	13
1.1.1. Логістичні процеси	22
1.1.2. Складські операції	26
1.2 Огляд проблем у системах управління запасами	28
1.3 Аналіз попиту на продукцію	31
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МЕТОДІВ І ТЕХНОЛОГІЙ	37
2.1 Опис методів прогнозування попиту	37
2.2 Технічне забезпечення автоматизації	39
2.3 Порівняння альтернативних рішень	42
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИКОЮ ТА ЗАПАСАМИ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА	46
3.1 Архітектура автоматизованої системи управління	55
3.2 Алгоритми роботи системи	57
3.2.1 Прогноз попиту	59
3.2.2 Планування запасів	62
3.2.3 Маршрутизація доставки	66
4. МАТЕМАТИЧНІ РОЗРАХУНКИ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	69
4.1. Стратегії управління запасами	71
4.2. Оцінка роботи складів	80
ВИСНОВКИ	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	86
ДОДАТОК А	89

ДОДАТОК Б	93
ДОДАТОК В	94
ДОДАТОК Г	95

					ХНТУ 174 КРМ 24.001 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

АСУ – Автоматизована система управління.

ERP – Enterprise Resource Planning (система планування ресурсів підприємства).

WMS – Warehouse Management System (система управління складом).

IoT – Internet of Things (інтернет речей).

AI – Artificial Intelligence (штучний інтелект).

ML – Machine Learning (машинне навчання).

RFID – Radio Frequency Identification (радіочастотна ідентифікація).

MRP – Material Requirements Planning (планування потреб у матеріалах).

ABC-аналіз – Метод класифікації запасів за важливістю.

XYZ-аналіз – Метод класифікації запасів за стабільністю попиту.

API – Application Programming Interface (інтерфейс прикладного програмування).

KPI – Key Performance Indicator (ключовий показник ефективності).

TMS – Transportation Management System (система управління транспортом).

ROI – Return on Investment (рентабельність інвестицій).

SKU – Stock Keeping Unit (одиниця обліку запасів).

FIFO – First In, First Out (метод списання запасів за принципом "перший прийшов – перший пішов").

LIFO – Last In, First Out (метод списання запасів за принципом "останній прийшов – перший пішов").

JIT – Just In Time (концепція "точно вчасно").

SCM – Supply Chain Management (управління ланцюгом постачань).

BI – Business Intelligence (бізнес-аналітика).

ВСТУП

Сучасні виробничі підприємства функціонують в умовах високої конкуренції, нестабільності ринків та постійно змінюваного попиту на продукцію. Ефективне управління логістикою та запасами є ключовим фактором для забезпечення безперервності виробничих процесів, мінімізації витрат і підвищення якості обслуговування клієнтів. Проте традиційні методи управління запасами часто не відповідають сучасним викликам через обмежену гнучкість та низький рівень автоматизації.

У цьому контексті автоматизація управління логістичними процесами та прогнозування попиту є стратегічно важливим завданням для підприємств, які прагнуть зберегти конкурентні позиції на ринку. Інтеграція технологій прогнозування попиту, оптимізації запасів та автоматизації складських і транспортних операцій дозволяє значно підвищити ефективність управління ресурсами.

Складність сучасних логістичних ланцюгів, збільшення обсягів даних і необхідність швидкого ухвалення рішень зумовлюють актуальність використання автоматизованих систем. Такі системи дозволяють поєднувати технології машинного навчання, IoT (інтернет речей) та бізнес-аналітики для створення гнучкої і точної моделі управління. Це сприяє не лише оптимізації операційних витрат, а й підвищенню задоволеності кінцевих клієнтів через своєчасну доставку продукції.

Автоматизовані системи управління запасами також дозволяють ефективно вирішувати проблеми надлишкових запасів, затримок у постачаннях та дефіциту матеріалів, що особливо критично для підприємств з високою часткою сезонного попиту. Крім того, впровадження таких систем дає змогу підприємствам перейти від реактивного до проактивного управління запасами, використовуючи прогнозні дані для прийняття стратегічних рішень.

Метою даного проекту є розробка автоматизованої системи управління логістикою та запасами, яка базується на прогнозуванні попиту. Система має забезпечити оптимізацію рівня запасів, скорочення витрат на їх утримання, автоматизацію процесів закупівель та планування поставок, а також підвищення швидкості й точності управління.

Реалізація такого рішення дозволить підприємству:

- зменшити залежність від людського фактору;
- ефективно реагувати на зміни в попиті;
- покращити фінансові показники через зниження втрат і надлишків;
- забезпечити гнучкість у логістичних процесах.

У роботі розглядаються ключові етапи створення автоматизованої системи, включаючи аналіз сучасних методів прогнозування, побудову математичної моделі управління запасами, оптимізацію логістичних операцій та технічну реалізацію системи.

Запропонований підхід допоможе підприємству досягти нових висот в управлінні ресурсами, створити стабільну і конкурентоспроможну модель бізнесу, а також адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі завдяки використанню сучасних технологій.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

Процес управління запасами та логістикою на виробничих підприємствах є складною і багатогранною системою, яка охоплює такі ключові аспекти, як забезпечення безперебійного постачання ресурсів, ефективне управління складськими операціями, оптимізація транспортних витрат та підвищення якості обслуговування клієнтів. Основна проблема сучасних підприємств полягає в необхідності гнучко адаптуватися до швидких змін у попиті, уникати дефіциту або надлишків запасів і одночасно знижувати витрати на логістику.

У традиційних системах управління логістичними процесами часто зустрічаються такі виклики, як високі витрати на зберігання надлишкових запасів, затримки у постачанні через дефіцит матеріалів, а також значний вплив людського фактора, що призводить до помилок у розрахунках і плануванні. Крім того, зростання обсягів даних та ускладнення логістичних ланцюгів вимагають застосування більш сучасних та автоматизованих підходів до управління запасами.

Автоматизація цієї сфери дозволяє значно покращити ефективність роботи підприємства. Інтеграція таких технологій, як штучний інтелект, машинне навчання та IoT, надає можливість створювати точні прогнози попиту, знижувати рівень ручної праці та оптимізувати всі етапи управління запасами. Наприклад, за допомогою сучасних систем можна оперативно відстежувати рух запасів у реальному часі, здійснювати автоматичне замовлення необхідних ресурсів, а також планувати логістичні маршрути для доставки продукції.

Одним із ключових аспектів автоматизації є прогнозування попиту. Цей процес базується на аналізі історичних даних, сезонних трендів і зовнішніх факторів, що впливають на продажі. Завдяки використанню нейронних мереж і алгоритмів машинного навчання можна значно підвищити точність прогнозів, що дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з недостатнім або надлишковим запасом продукції.

Результат прогнозу дозволяє уникнути ситуацій, коли товарів забагато або їх не вистачає. Наприклад, якщо очікується підвищений попит у святкові періоди, підприємство може збільшити виробництво чи закупівлі.

Ефективне прогнозування також сприяє зниженню витрат, оскільки допомагає уникнути перевищення запасів, які можуть втратити актуальність або зіпсуватися.

Управління запасами нерозривно пов'язане із логістикою, яка забезпечує своєчасне постачання матеріалів і продукції. Для оптимізації цього процесу автоматизовані системи використовують алгоритми, що враховують доступність транспорту, витрати на перевезення, час доставки та географічне розташування складів. Такий підхід дозволяє мінімізувати витрати та максимально ефективно використовувати ресурси.

Таким чином, автоматизація управління логістикою та запасами є не лише необхідністю, але й потужним інструментом для підвищення конкурентоспроможності підприємства. Розробка системи, яка інтегрує сучасні технології прогнозування, складського обліку та логістики, відкриває нові можливості для зменшення витрат, підвищення продуктивності та створення стабільної бізнес-моделі в умовах швидко змінюваного ринку.

1.1 Характеристика виробничого підприємства.

Характеристика виробничого підприємства для теми «Автоматизована система управління логістикою та запасами виробничого підприємства на основі прогнозу попиту» може бути структурована наступним чином:

- Основні характеристики підприємства;
- Логістична структура;
- Особливості управління запасами;
- Проблеми, що потребують вирішення;
- Мета впровадження автоматизованої системи;
- Потенційні результати автоматизації.

Основні характеристики підприємства відображають його організаційну структуру, виробничі потужності, тип продукції, технологічні процеси, а також логістичну інфраструктуру. Виробниче підприємство, яке є об'єктом автоматизації, зазвичай займається виготовленням продукції, орієнтованої на постійний чи сезонний попит. Наприклад, це можуть бути будівельні матеріали, такі як газобетонні блоки, або продукція, яка потребує швидкої реалізації, наприклад, харчові продукти.

Виробничі потужності підприємства включають цехи або лінії, які забезпечують безперервний цикл виготовлення продукції. Часто це передбачає використання кількох технологічних стадій, таких як підготовка сировини, основне виробництво, термовологісна обробка, упаковка та зберігання готової продукції.

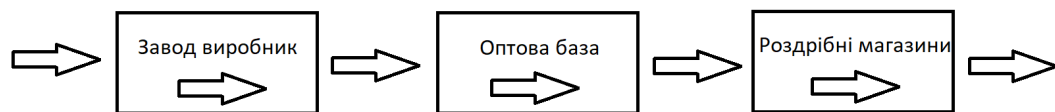


Рис. 1.1 – Логістичний підхід до управління матеріальним потоком на макрорівні

Особливу увагу приділяється складським приміщенням, які є важливим елементом логістичної системи. Склади мають бути обладнані для зберігання сировини, напівфабрикатів і готової продукції з дотриманням стандартів умов зберігання. Розподіл складських зон за функціями (прийом сировини, зберігання, відвантаження) значно впливає на ефективність роботи підприємства.

Ще одним ключовим аспектом є транспортна інфраструктура. Підприємство може використовувати як власний транспорт, так і орендований для забезпечення доставки сировини від постачальників і перевезення готової продукції до клієнтів. Ефективність транспортування залежить від оптимізації

маршрутів, швидкості виконання замовлень і контролю за логістичними процесами.

Ці характеристики визначають специфіку виробництва та є базою для впровадження автоматизованої системи управління, яка враховує потреби підприємства у прогнозуванні попиту, управлінні запасами та оптимізації логістичних операцій.

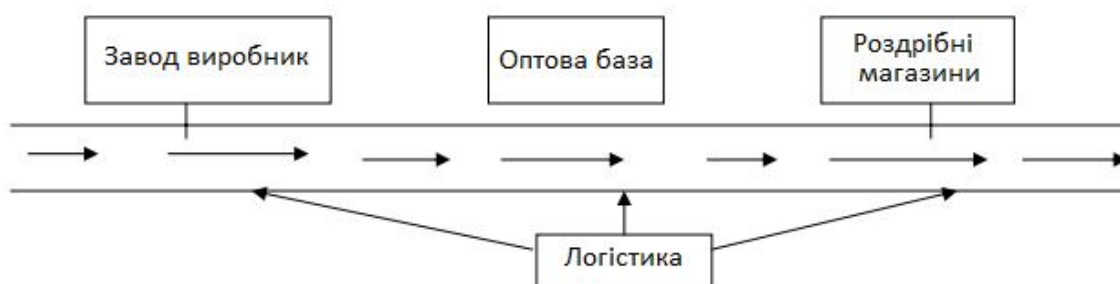


Рис 1.2 – Традиційний підхід до управління матеріальним потоком на макрорівні

Логістична структура охоплює кілька ключових аспектів, які забезпечують ефективне управління поставками і доставки продукції. Постачальники сировини можуть бути розташовані в різних регіонах або навіть на різних континентах. Це вимагає належної організації логістичних ланцюгів, щоб мінімізувати витрати на транспортування та уникати затримок у доставці. Якщо постачальники розташовані далеко, можуть виникнути додаткові витрати на митні процедури, організацію міжнародних перевезень і контроль за якістю сировини. Логістична структура повинна включати оптимальний вибір постачальників, враховуючи не тільки ціну, а й надійність та терміни поставок. Це дозволяє забезпечити безперервність виробничого процесу та уникнути перебоїв у постачаннях.

Ринки збуту є ще одним важливим аспектом логістичної структури, оскільки продукція може поставлятися як до локальних, так і міжнародних клієнтів. Це вимагає ретельного планування логістичних операцій, оскільки для різних ринків можуть бути різні вимоги до упаковки, транспортування та митного оформлення. Поставки на міжнародні ринки зазвичай включають складніші логістичні процеси через різноманітні митні правила і стандарти. У свою чергу, постачання до локальних клієнтів зазвичай є швидшим і менш затратним, але все одно потребує ефективного управління складськими запасами та координації доставки.

Управління запасами на виробничому підприємстві є важливою складовою частиною логістики, яка забезпечує оптимальне функціонування всіх етапів виробничого процесу. Однією з ключових складових є правильне класифікування запасів, яке допомагає ефективно розподіляти ресурси і знижувати витрати на їх утримання. Запаси можна поділити на три основні категорії: сировина, напівфабрикати та готова продукція. Сировина включає всі матеріали, що використовуються безпосередньо у виробничому процесі. Напівфабрикати – це продукти, що ще не завершені, але вже пройшли певні етапи обробки. Готова продукція – це кінцеві товари, готові до продажу або поставки клієнтам.

Щоб забезпечити ефективне управління запасами, часто застосовується метод класифікації запасів за важливістю, один із найпоширеніших підходів – це АВС-аналіз. За допомогою цього методу запаси поділяються на три категорії: А – це найбільш важливі та дорогі запаси, до яких слід ставитись з особливою увагою; В – запаси середнього рівня важливості, які потребують регулярного контролю, але не настільки критичні; С – менш важливі і дешевші запаси, які можна тримати на складах в більших кількостях, без значних витрат на їх облік.

Щодо технологій обліку, то на сьогодні на підприємствах часто використовуються спеціалізовані системи, такі як WMS (Warehouse

Management System) або ERP-системи для управління ресурсами. Система складського обліку (WMS) допомагає автоматизувати процеси складування, переміщення, відвантаження та обліку товарів на складі, що дозволяє знизити ризики помилок, скоротити час на операції з товарами та підвищити точність обліку. ERP-системи (Enterprise Resource Planning) є більш комплексними і інтегрують управління запасами з іншими бізнес-процесами, такими як фінанси, закупівлі, виробництво, що забезпечує більш повну картину стану ресурсів підприємства. Завдяки таким системам можна не тільки контролювати рівень запасів, а й прогнозувати потреби в матеріалах, оптимізувати закупівлі та планувати логістичні операції.

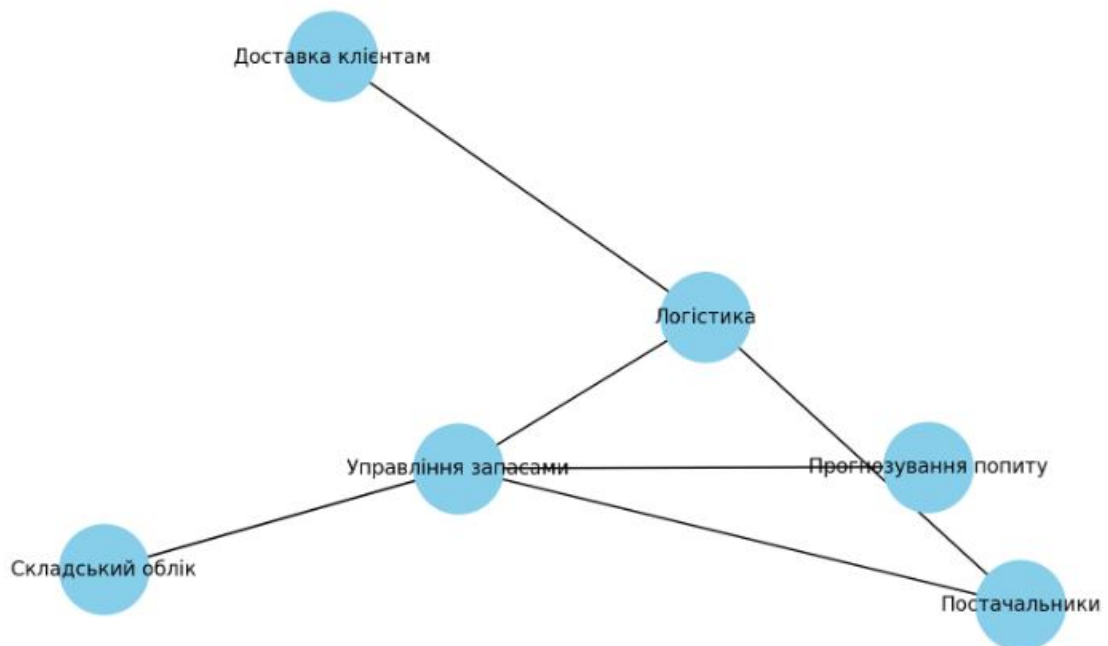


Рис. 1.3 – Загальна структура автоматизованої системи управління

Прогнозування попиту є ключовим етапом, який полягає в аналізі і передбаченні майбутніх змін у попиті на товари чи послуги. Цей процес починається з вивчення історичних даних, сезонних коливань, економічних

умов та інших чинників, що можуть впливати на попит. Використовуючи ці дані, система застосовує статистичні або методи машинного навчання для створення прогнозів, що дозволяє визначити, скільки товарів буде необхідно в майбутньому. Це дає можливість оперативно підготувати інші етапи ланцюга поставок до забезпечення попиту.

Управління запасами включає контроль рівня товарів на складах, щоб утримувати їх в оптимальній кількості, знижуючи витрати на зберігання і запобігаючи дефіциту або надлишку. Підсистема отримує прогноз попиту, що дозволяє точно визначити, скільки і коли товарів потрібно закупити для поповнення запасів. Це дає змогу своєчасно реагувати на зміни в попиті та коригувати замовлення у відповідності до ситуації.

Складський облік відповідає за точний облік товарів на складах і їх переміщення. Підсистема реєструє всі зміни, пов'язані з товарами, і забезпечує їх зберігання у належних умовах. Це включає моніторинг стану товарів, що можуть вимагати особливих умов (наприклад, температури чи вологості). Зв'язок з іншими частинами системи дозволяє автоматично оновлювати інформацію про наявність товарів і своєчасно реагувати на зміни.

Логістика, в свою чергу, координує транспортування товарів між різними точками, що включає постачальників, склади та кінцевих споживачів. Основна мета логістики — забезпечити своєчасну доставку товарів з мінімальними витратами. Це досягається шляхом оптимізації маршрутів доставки, вибору найбільш ефективних транспортних засобів та управління складськими запасами на етапах перевезення. Логістика має вирішальне значення для ефективної роботи всього ланцюга поставок, оскільки навіть незначні затримки можуть вплинути на своєчасність виконання замовлень.

Доставка клієнтам забезпечує організацію процесу отримання товарів кінцевими споживачами. Цей етап включає в себе планування доставки, вибір найбільш підходящих методів транспортування, таких як кур'єрська доставка чи пошта, а також контроль за виконанням замовлень. Важливим є також

інформування клієнтів про статус їхніх замовлень, що дозволяє підвищити рівень задоволення від обслуговування. Підсистема доставки також враховує побажання клієнтів щодо термінів і умов доставки, що дозволяє зробити процес максимально зручним для кінцевого споживача.

Постачальники виконують важливу роль у забезпеченні компанії необхідними товарами чи матеріалами, що поповнюють запаси. Взаємодія з постачальниками включає в себе управління замовленнями і моніторинг умов поставок, таких як терміни і ціни. Система постійно отримує від постачальників інформацію про доступність товарів, що дозволяє коригувати плани закупок і безперервно поповнювати запаси.

Аналіз результатів є необхідним етапом для оцінки ефективності всіх виконаних операцій. Після завершення всіх процесів система проводить моніторинг і оцінку результатів, щоб визначити, наскільки вірними були прогнози попиту і як ефективно працювали інші ланки. Це дозволяє виявити проблеми і знайти шляхи для вдосконалення процесів у майбутньому.

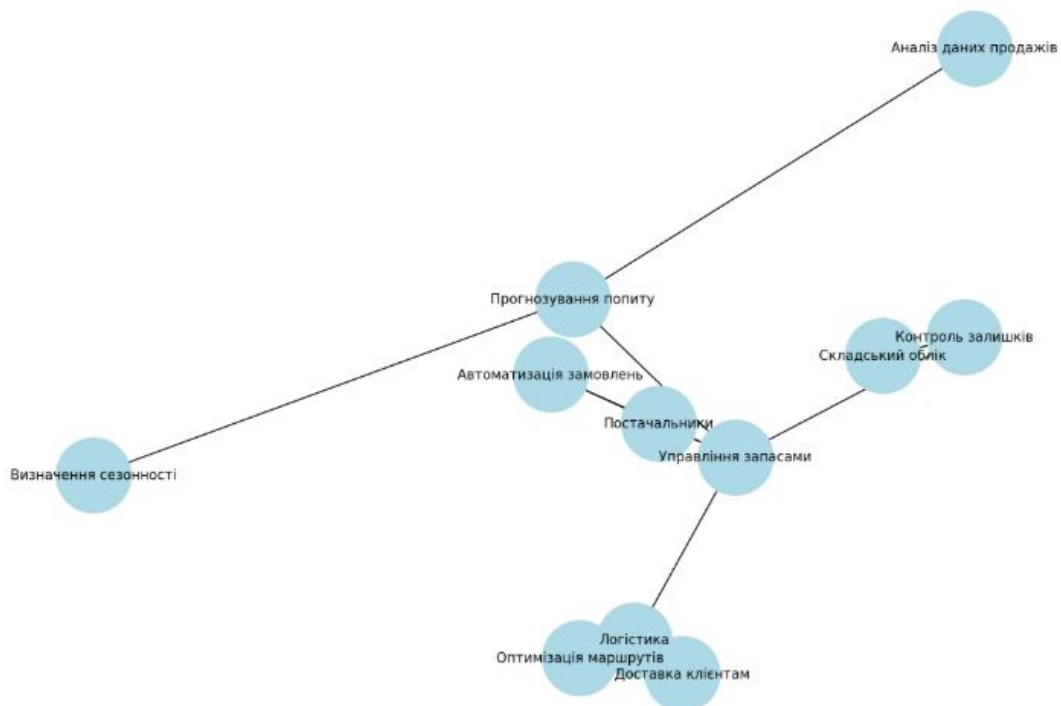


Рис. 1.4 – Детальна структура автоматизованої системи управління

На цій схемі більш детально зображено взаємодію різних компонентів. Аналіз сезонності є одним із ключових компонентів процесу прогнозування попиту, який дозволяє враховувати специфічні періодичні коливання у споживчих потребах. Використання відповідних аналітичних методів сприяє визначенню періодів підвищеного або зниженого попиту на окремі групи товарів, що забезпечує можливість своєчасного планування запасів. Це дозволяє уникнути як дефіциту продукції, що може негативно вплинути на рівень задоволеності споживачів, так і надлишкового накопичення, яке призводить до необґрунтованих витрат на зберігання. Таким чином, врахування сезонних тенденцій сприяє підвищенню адаптивності системи управління запасами та її загальної ефективності.

Автоматизація процесу формування замовлень виступає ключовим елементом безперервного управління постачанням товарів. Зокрема, при досягненні критичного рівня залишків система автоматично генерує замовлення на поповнення відповідних позицій. Це дозволяє усунути залежність від людського фактору, що знижує ймовірність помилок, та забезпечити безперебійність ланцюгів постачання. Використання таких автоматизованих рішень підвищує ефективність управління складськими запасами, сприяючи економії ресурсів і оптимізації витрат.

Оптимізація маршрутів доставки є важливим елементом управління логістичними процесами, орієнтованим на підвищення ефективності перевезень. У цьому контексті застосування алгоритмічних рішень дозволяє розробити найефективніші маршрути, що мінімізують витрати на транспортування та скорочують час доставки. Завдяки оптимізації маршрутів зменшується споживання паливних ресурсів і підвищується загальна продуктивність логістичної системи. У результаті забезпечується своєчасність

постачання продукції кінцевим споживачам, що позитивно впливає на рівень їхнього задоволення та довіри до компанії.

Система контролю залишків є важливим інструментом для підтримання оптимального рівня запасів на складах. Завдяки впровадженню автоматизованих рішень, забезпечується безперервний моніторинг кількості товарів, які знаходяться в наявності, з урахуванням поточного попиту та прогнозів. Це дозволяє оперативно реагувати на можливі відхилення, уникати дефіциту або перенасичення запасів, а також мінімізувати витрати, пов'язані з управлінням надлишковими товарами. Такий підхід забезпечує точність у прогнозуванні потреб складу і сприяє підвищенню стабільності в управлінні логістичними процесами.

Аналіз даних продажів є одним із центральних елементів у системі управління запасами та логістикою, оскільки саме на його основі здійснюється оцінка попиту і формування стратегій постачання. Цей процес передбачає збирання, обробку та інтерпретацію даних про обсяги реалізації товарів за певні періоди часу. Завдяки використанню сучасних аналітичних інструментів, система може ідентифікувати ключові закономірності та тренди, які визначають поведінку споживачів, включаючи сезонні коливання, зміни попиту в різних регіонах чи часових проміжках, а також залежність попиту від зовнішніх факторів, таких як економічна ситуація чи маркетингові активності.

Результати аналізу даних продажів дозволяють підприємству більш точно прогнозувати майбутні потреби у товарах, що є основою для оптимального планування закупівель, розподілу та управління запасами. Наприклад, ідентифікація найпопулярніших категорій товарів у певні періоди дозволяє зосередити ресурси на їх своєчасному поповненні, тоді як товари з нижчим попитом можуть бути вилучені зі складу для зменшення витрат на їх зберігання. Окрім цього, аналіз даних продажів сприяє своєчасному реагуванню на зміни у споживчих вподобаннях, що дає змогу адаптувати асортимент продукції та покращувати конкурентоспроможність компанії.

1.1.1. Логістичні процеси

Логістичні процеси являють собою комплекс взаємопов'язаних операцій, спрямованих на ефективне управління рухом товарів і послуг від постачальників до кінцевих споживачів. Основною метою цих процесів є забезпечення своєчасної та ефективної доставки продукції у необхідних обсягах та в належному стані. Логістичні процеси включають кілька етапів, кожен з яких має важливе значення для забезпечення безперервного і економічного руху товарів у ланцюзі поставок.

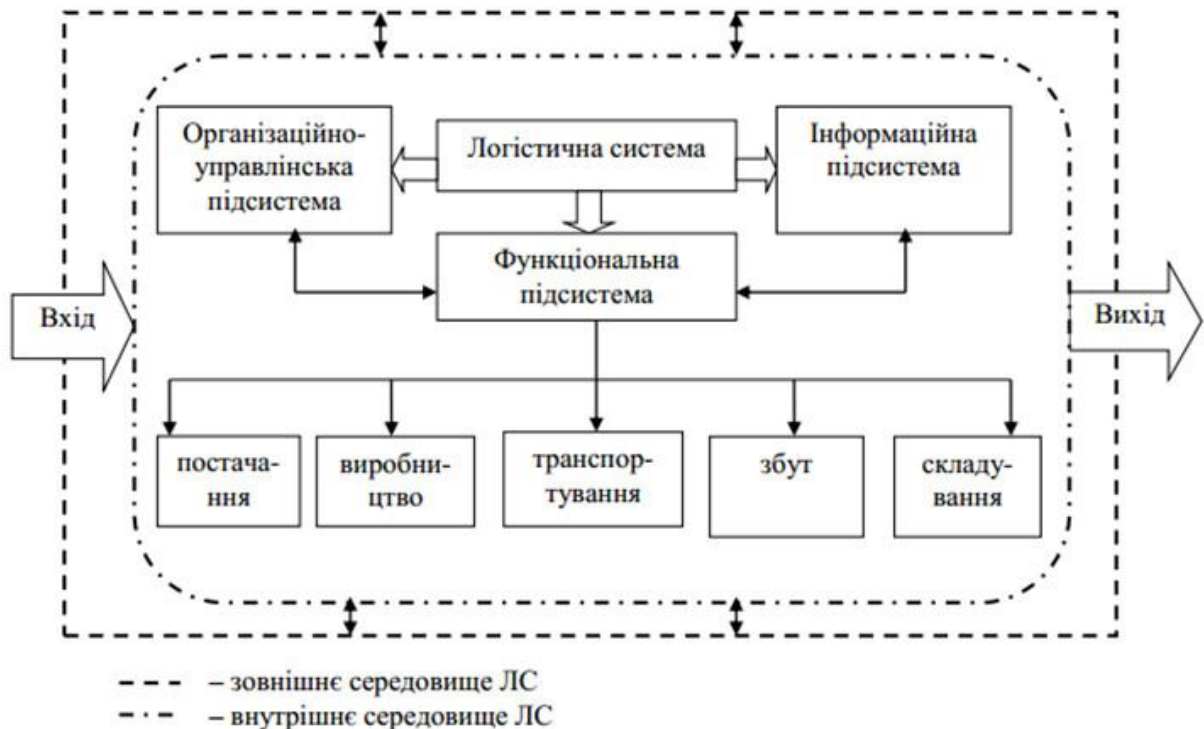


Рис. 1.5 – Логістична система підприємства у розрізі її основних складових

Початковим етапом є закупівля та постачання товарів, що передбачає взаємодію з постачальниками для своєчасного отримання необхідних матеріалів або готової продукції. Наступним етапом є зберігання товарів, що

включає організацію складських приміщень та контроль за умовами зберігання, такими як температура або вологість, що є критичними для збереження якості товарів. Після цього здійснюється переміщення товарів за допомогою транспортних засобів, що забезпечує їх доставку від постачальників до складів або від складів до кінцевих споживачів. На цьому етапі важливим є оптимальний вибір транспортних засобів та маршрутів для зниження витрат на перевезення та забезпечення своєчасності доставки.

Не менш важливим є процес управління запасами, який включає постійний моніторинг кількості товарів на складах і їх переміщення для уникнення дефіциту або надлишку продукції. Для цього використовуються системи автоматичного обліку та прогнозування попиту, що дозволяють своєчасно коригувати рівень запасів. Оптимізація маршрутів та розподілу є ключовим етапом, оскільки дозволяє визначити найефективніші способи доставки, що, в свою чергу, знижує витрати на транспортування та скорочує час доставки товарів.

Фінальним етапом логістичних процесів є обслуговування клієнтів, що включає доставку товарів кінцевим споживачам. Це передбачає не лише своєчасну доставку, але й ефективну комунікацію з клієнтами, інформування їх про статус замовлення та можливість коригування умов доставки відповідно до їхніх вимог. Всі ці етапи є взаємопов'язаними і повинні функціонувати як єдина система, що забезпечує максимальну ефективність логістичних операцій і мінімізацію витрат у ланцюзі поставок.



Рис. 1.6 – Пункти, які включає в себе логістична система

Логістична система для автоматизованої системи управління логістикою та запасами виробничого підприємства будується на основі прогнозу попиту та є комплексом інтегрованих підсистем, які забезпечують ефективне управління всіма етапами ланцюга постачання. Її основна мета — оптимізація процесів закупівлі, зберігання, транспортування та доставки продукції відповідно до реального та прогнозованого попиту, що дозволяє мінімізувати витрати та забезпечити своєчасне задоволення потреб клієнтів.

Функціонування такої системи починається з аналізу та прогнозування попиту, яке базується на використанні історичних даних про продажі, трендів ринку, сезонних коливань і зовнішніх факторів. На основі цих прогнозів формується план постачання та розподілу ресурсів, який враховує необхідні обсяги закупівель сировини, матеріалів або готової продукції. Система також враховує сезонні піки попиту, що дозволяє уникати дефіциту чи перевищення запасів на складах.

Управління запасами є центральним елементом такої логістичної системи. Завдяки впровадженню автоматизованих рішень, рівень запасів

постійно моніториться, а система оперативно реагує на зміни попиту, автоматично формуючи замовлення для постачальників у разі досягнення мінімального рівня залишків. Це забезпечує безперервність виробничих процесів і запобігає надмірним витратам на зберігання надлишкових товарів.

Логістична система також включає оптимізацію транспортних процесів, яка передбачає розробку найбільш ефективних маршрутів доставки продукції. Завдяки застосуванню алгоритмів оптимізації враховуються такі параметри, як відстань, завантаженість доріг, витрати на паливо та час доставки. Це дозволяє мінімізувати транспортні витрати та забезпечити своєчасну доставку матеріалів на виробництво або готової продукції до клієнтів.

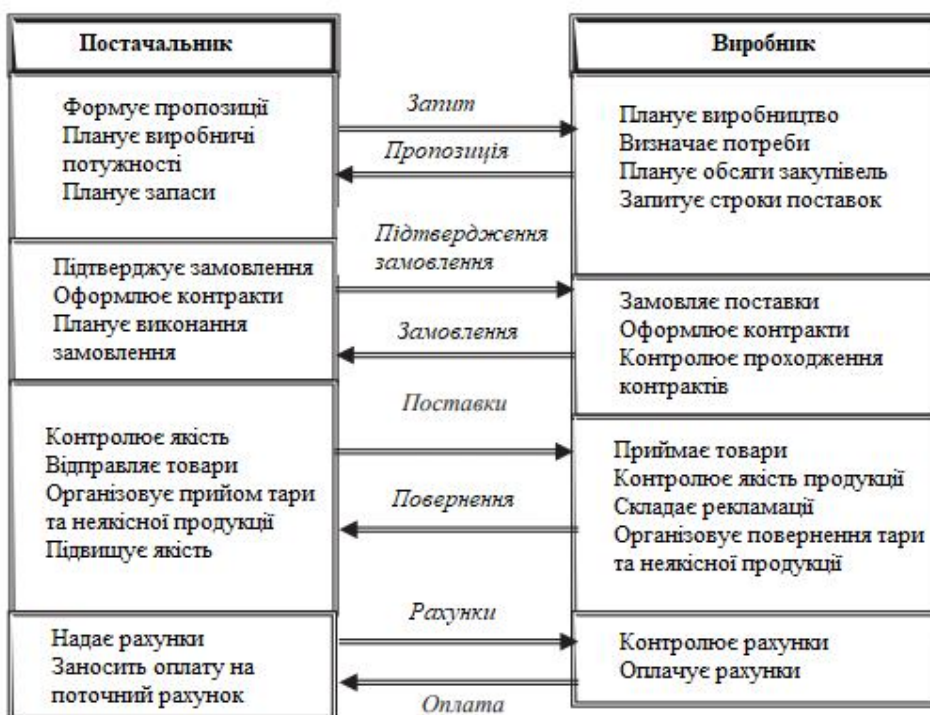


Рис. 1.7 – Логістична взаємодія підприємства-виробника і постачальника в процесі закупівель

Додатково, система контролює роботу складів, де зберігається продукція. Інтеграція автоматизованих систем складського обліку забезпечує точний облік

залишків, спрощує пошук товарів і дозволяє ефективно управляти простором складу. Такий підхід сприяє зниженню операційних витрат і підвищує загальну ефективність логістичних процесів.

Ключовою перевагою такої системи є її інтеграція з іншими управлінськими підсистемами підприємства, включаючи виробниче планування та фінансовий облік. Це створює єдине інформаційне середовище, яке сприяє прийняттю обґрунтованих рішень і забезпечує гнучкість у реагуванні на зміни ринкових умов. У результаті автоматизована система управління логістикою та запасами дозволяє не лише підвищити ефективність роботи підприємства, але й забезпечити конкурентоспроможність на сучасному ринку.

1.1.2. Складські операції

Складські операції є важливою частиною логістичних процесів на виробничих підприємствах, які спрямовані на забезпечення ефективного управління матеріальними потоками. У рамках автоматизованої системи управління логістикою та запасами ці операції виконуються з урахуванням прогнозу попиту, що дозволяє оптимізувати процеси приймання, зберігання, обробки та відвантаження товарів.

Приймання товарів включає перевірку відповідності отриманих матеріалів супровідній документації, реєстрацію їх у системі та розміщення на складі. Автоматизація цього етапу забезпечується використанням таких технологій, як штрих-кодування або RFID-мітки, які дозволяють значно скоротити час обробки даних і мінімізувати ризик помилок. Крім того, система управління враховує прогнозовані показники попиту, що дає змогу визначати пріоритетність розвантаження певних партій продукції.

Зберігання товарів на складі організовується з урахуванням таких чинників, як категорія продукції, її об'єм, термін придатності та частота використання. Автоматизована система розробляє схему розміщення матеріалів у складських зонах з метою максимального використання простору і

забезпечення швидкого доступу до потрібних позицій. Прогноз попиту на цьому етапі відіграє важливу роль, оскільки дозволяє визначати, які товари мають зберігатися ближче до зон комплектації або відвантаження.

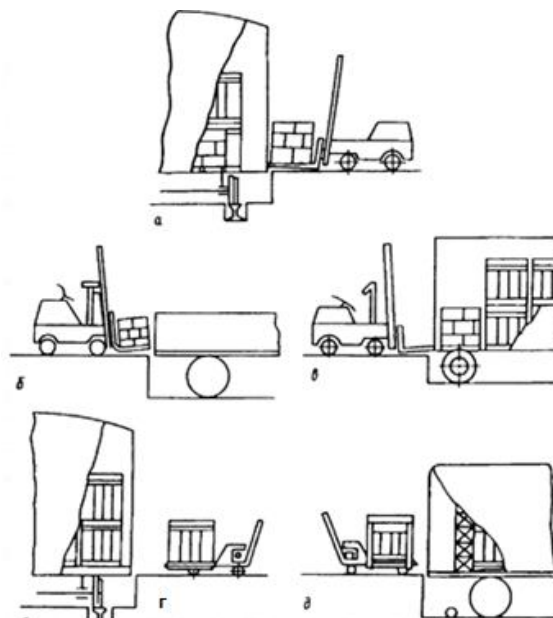


Рис. 1.8 – Різні варіанти виконання вантажно-розвантажувальних робіт із тарно-штучними вантажами: а, б, в - механізованим способом;
г, д - за допомогою засобів малої механізації

Процес обробки замовлень на складі включає підбір товарів відповідно до сформованих запитів, їхню комплектацію та підготовку до транспортування. Інтеграція системи прогнозування попиту в автоматизовану логістичну платформу забезпечує більш точну та оперативну обробку замовлень, що підвищує рівень задоволеності клієнтів.

Відвантаження продукції є заключним етапом складських операцій, який передбачає формування транспортних партій, перевірку відповідності вантажів заявленим документам і контроль передачі товарів у логістичний ланцюг. Автоматизована система, ґрунтуючись на прогнозах, може оптимізувати графік відвантажень, що сприяє скороченню витрат на транспортування та уникненню затримок у постачанні.

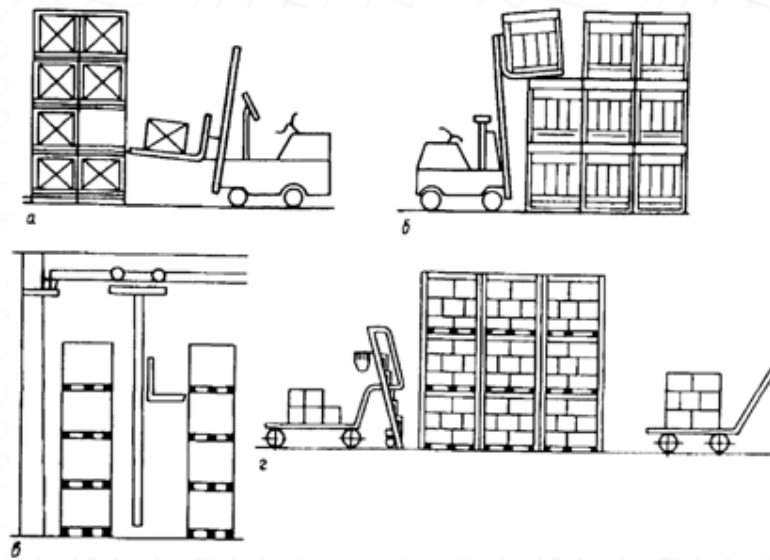


Рис. 1.9 – Виконання різних операцій у зоні зберігання: а, б, в – механізованим способом; г – за допомогою засобів малої механізації

Таким чином, автоматизація складських операцій у поєднанні з прогнозуванням попиту забезпечує інтегроване управління запасами, знижує витрати на утримання складів і підвищує загальну продуктивність логістичної системи виробничого підприємства.

1.2 Огляд проблем у системах управління запасами.

В сучасних умовах виробничі підприємства стикаються з численними проблемами в управлінні запасами, які безпосередньо впливають на ефективність їхньої діяльності. Однією з ключових проблем є недостатня точність планування потреб у матеріальних ресурсах, що зумовлено відсутністю інтегрованих механізмів прогнозування попиту. Це призводить до накопичення надмірних запасів або, навпаки, до дефіциту необхідної продукції, що негативно позначається на виробничих процесах та обслуговуванні клієнтів.

Ще однією проблемою є слабка інтеграція складських операцій і логістичних процесів із системою управління підприємством. Відсутність

злагодженого обміну даними між підрозділами може спричиняти затримки у прийнятті рішень, неефективне використання складських площ і збільшення часу на обробку замовлень. Крім того, низький рівень автоматизації складських операцій ускладнює контроль за переміщенням матеріалів і підвищує ймовірність помилок через людський фактор.

Значною перешкодою для оптимального управління запасами є обмеженість можливостей аналізу та обробки великих обсягів даних. Традиційні системи обліку часто не враховують таких важливих чинників, як сезонність, коливання попиту або специфічні особливості ринку. Як наслідок, рішення щодо поповнення запасів приймаються на основі застарілих даних або інтуїтивних припущень, що не дозволяє досягти високої точності в управлінні матеріальними потоками.

Додатково слід зазначити, що багато підприємств стикаються з проблемою високих витрат на утримання складських запасів. Це обумовлено недостатньою оптимізацією розміщення продукції, відсутністю сучасних технологій для управління складськими площами та нераціональним використанням ресурсів. Зростання витрат на логістику, включаючи транспортування і зберігання, часто є прямим наслідком відсутності інтегрованих автоматизованих систем управління.

Сучасні системи управління запасами також зазнають труднощів у забезпеченні гнучкості та адаптивності до змін у ринкових умовах. У багатьох випадках це пов'язано з низьким рівнем технологічної зрілості підприємств, відсутністю аналітичних інструментів для прогнозування та управління ризиками. Як результат, підприємства втрачають конкурентні переваги через неможливість швидко реагувати на зміну попиту або нові виклики в логістичних ланцюгах.

Таблиця 1 Аналізу проблем управління запасами та способів їх вирішення

Проблема	Вплив на систему	Можливі рішення
Недостатня точність прогнозування попиту	Накопичення надлишкових запасів або дефіцит необхідної продукції	Використання сучасних алгоритмів прогнозування (на основі штучного інтелекту чи машинного навчання)
Слабка інтеграція складських і логістичних процесів	Затримки у прийнятті рішень, неефективне використання складських площ	Впровадження ERP-систем для інтеграції підрозділів та автоматизації процесів
Низький рівень автоматизації складських операцій	Підвищення ймовірності помилок через людський фактор, уповільнення обробки замовлень	Встановлення автоматизованих систем складування (WMS)
Відсутність гнучких аналітичних інструментів	Неможливість врахування змін у попиті, сезонності та ринкових факторів	Впровадження програмного забезпечення для аналізу великих даних (Big Data)
Високі витрати на утримання запасів	Збільшення операційних витрат, низька рентабельність	Оптимізація складських площ, впровадження системи Just-In-Time
Недостатня адаптивність до ринкових змін	Втрата конкурентних переваг, зниження якості обслуговування клієнтів	Використання хмарних технологій для реагування на зміни в логістичному ланцюгу

1.3 Аналіз попиту на продукцію

Аналіз попиту на продукцію є основою для прийняття обґрунтованих рішень у системах управління запасами на виробничих підприємствах. Він дозволяє не лише оптимізувати рівень запасів, а й забезпечує своєчасну поставку необхідної продукції на етапи виробництва або до кінцевого споживача. Важливість цього етапу обумовлена тим, що неправильне прогнозування попиту може призвести до надлишкових запасів, що тягне за собою додаткові витрати на зберігання та утримання товарів, або, навпаки, до дефіциту продукції, що негативно позначається на обслуговуванні клієнтів та виконанні замовлень.

Попит на продукцію підприємства можна поділити на кілька основних типів: стабільний, сезонний і змінний. Кожен тип попиту вимагає різних підходів до прогнозування та управління запасами.

Стабільний попит характеризується низькими коливаннями обсягів продажу протягом року. Як приклад можна взяти підприємства, що займаються виробництвом базових промислових товарів, таких як металеві конструкції, будівельні матеріали або базові електричні компоненти. Для таких товарів, як правило, використовується метод прогнозування на основі історичних даних, оскільки попит на них залишається відносно постійним у часі.

Сезонний попит визначається коливаннями попиту в залежності від пори року або спеціальних свят. Прикладом такого попиту є продукція підприємств, які займаються виготовленням сезонних товарів, наприклад, одягу, взуття, або святкових товарів (новорічні прикраси, подарункові набори). У таких випадках прогнозування попиту вимагає врахування сезонних коливань, таких як зимовий попит на теплі куртки або літній попит на пляжний одяг.

Змінний попит характеризується значними коливаннями, які можуть бути викликані змінами в економічній ситуації, тенденціями на ринку чи конкурентними факторами. Прикладом можуть бути компанії, що займаються виробництвом електронних товарів або інноваційних продуктів, де попит

змінюється відповідно до нових технологічних досягнень або змін у вподобаннях споживачів. Для таких товарів прогнозування попиту є складнішим, оскільки воно потребує постійного моніторингу ринку та врахування змін у зовнішньому середовищі.

Прогнозування попиту є важливою складовою аналізу попиту, оскільки на основі отриманих прогнозів приймаються рішення щодо розміру запасів, планування виробництва і закупівель. Існує кілька методів прогнозування попиту: метод рухомого середнього, регресійний аналіз, метод експоненціального згладжування, метод машинного навчання.

Метод рухомого середнього. Цей метод є одним із найпростіших і широко застосовуваних. Він полягає в обчисленні середнього значення попиту за кілька попередніх періодів. Наприклад, для прогнозування попиту на певний товар можна використовувати середнє значення попиту за останні 3-6 місяців. Цей метод добре підходить для товарів з відносно стабільним попитом, таких як базові матеріали або продукція без сезонних коливань.

Регресійний аналіз. Цей метод використовує статистичні залежності між попитом і іншими змінними, такими як ціна, економічні показники або рекламні кампанії. Наприклад, якщо підприємство виробляє електроніку, регресійний аналіз може допомогти прогнозувати попит залежно від змін в цінах на компоненти або рівня маркетингових витрат.

Метод експоненціального згладжування. Цей метод враховує як історичні дані, так і більш актуальні зміни попиту, що дозволяє швидше реагувати на зміни у попиті. Він застосовується для товарів, попит на які змінюється в умовах постійних економічних коливань, наприклад, для продукції, що підлягає швидкому моральному старінню або має короткий життєвий цикл.

Моделі машинного навчання. Для підприємств з високою варіативністю попиту і великими обсягами даних використовуються складні алгоритми машинного навчання, які здатні аналізувати великі масиви даних і передбачати майбутній попит з високою точністю. Наприклад, такі моделі можуть

застосовуватися на підприємствах, що займаються виробництвом споживчої електроніки або швидко змінюваних товарів. Використання алгоритмів дозволяє передбачити не тільки сезонні коливання, але й врахувати різноманітні фактори, які можуть вплинути на попит.

При прогнозуванні попиту на продукцію важливо враховувати не тільки історичні дані, але й зовнішні фактори, що можуть суттєво вплинути на попит. До таких факторів належать:

Зміни в економічному середовищі. Наприклад, підвищення рівня безробіття може призвести до зниження попиту на товари, які не є першочерговими для споживачів. У свою чергу, підвищення доходів населення може збільшити попит на преміум-продукцію.

Конкурентне середовище. Поява нових конкурентів або зміна цінової політики може значно вплинути на попит на продукцію. Наприклад, якщо конкурент знижує ціни на аналогічну продукцію, це може призвести до падіння попиту на товар підприємства.

Маркетингові кампанії та акції. Впровадження нових рекламних кампаній або сезонних акцій може значно збільшити попит на продукцію в короткостроковій перспективі.

До прикладу можна взяти використання прогнозування попиту на підприємстві, яке виробляє кондиціонери. Прогнозування попиту для цієї продукції включає аналіз сезонних коливань, оскільки попит на кондиціонери зазвичай зростає в літній період, зокрема в умовах тривалих спекотних літ. Для прогнозування попиту підприємство може застосовувати метод експоненціального згладжування, враховуючи попит за попередні роки та коригуючи дані з урахуванням поточних змін у кліматичних умовах. Крім того, важливим фактором є врахування впливу рекламних кампаній, що може значно збільшити попит в певний період.

Завдяки аналізу попиту підприємство може не тільки точно визначити оптимальний рівень запасів, але й спрогнозувати майбутні потреби в

матеріальних ресурсах, знизивши таким чином витрати на зберігання товарів і забезпечивши стабільність виробничих процесів. Використання сучасних методів прогнозування попиту в рамках автоматизованої системи управління запасами дозволяє забезпечити точність, оперативність та гнучкість в управлінні логістичними процесами.

Таблиця 2 Приклад таблиці для прогнозування попиту на продукцію підприємства, яке виробляє кондиціонери.

Місяць	Рік 1: Реальний попит (одиниці)	Рік 2: Реальний попит (одиниці)	Рік 3: Реальний попит (одиниці)	Середній попит (3 роки)	Прогноз попиту на наступний рік (одиниці)	Коригування (за сезонністю)
Січень	300	320	310	310	310	1.1 (зростання попиту через зимові акції)
Лютий	280	300	290	290	290	1.0
Березень	400	420	410	410	410	1.0
Квітень	450	460	440	450	450	1.1 (підвищення попиту до літнього сезону)
Травень	600	620	630	617	617	1.2 (пік попиту на кондиціонери)
Червень	800	820	830	817	817	1.3 (максимальний)

						попит через жарку погоду)
Липень	850	860	870	860	860	1.3
Серпень	820	830	810	820	820	1.2
Вересень	500	510	520	510	510	1.1
Жовтень	450	460	470	460	460	1.0
Листопад	350	340	330	340	340	1.0
Грудень	320	310	300	310	310	1.0

Рік 1, Рік 2, Рік 3: Реальний попит (одиниці) – фактичний попит на кондиціонери у кожному місяці протягом трьох років.

Середній попит (3 роки) – середнє значення попиту на основі даних за попередні три роки.

Прогноз попиту на наступний рік (одиниці) – прогнозований попит на основі середнього значення попиту за останні три роки.

Коригування (за сезонністю) – коригування прогнозу з урахуванням сезонних коливань попиту, таких як підвищення попиту в літній період або зниження в зимовий.

Ця таблиця дає змогу на основі попередніх років спрогнозувати попит на кондиціонери з урахуванням сезонних змін, що дозволяє підприємству планувати обсяги виробництва і закупівлі матеріалів.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МЕТОДІВ І ТЕХНОЛОГІЙ

Для розробки автоматизованої системи управління логістикою та запасами виробничого підприємства обрано середовище розробки Python. Цей вибір обґрунтовано низкою технічних, функціональних та економічних переваг, які забезпечують ефективне виконання поставлених задач.

Python є одним із найпопулярніших мов програмування, що пропонує широкий спектр бібліотек і фреймворків для реалізації складних алгоритмів прогнозування та управління запасами. Основні переваги Python включають:

- Легкість в освоєнні та написанні коду, що зменшує час на розробку.
- Масштабованість і підтримка інтеграції з іншими системами, такими як бази даних (SQL та NoSQL), API або платформи управління підприємствами (ERP).
- Розвинена екосистема бібліотек для роботи з даними, машинного навчання та автоматизації, зокрема NumPy, Pandas, SciPy для обробки та аналізу даних; scikit-learn, TensorFlow, PyTorch для побудови моделей прогнозування попиту; Matplotlib, Seaborn для візуалізації результатів аналізу.

2.1 Опис методів прогнозування попиту.

Методи прогнозування попиту є важливим елементом автоматизованої системи управління логістикою та запасами на виробничих підприємствах. Для розробки таких систем необхідно використовувати сучасні аналітичні підходи, орієнтовані на дані, які дозволяють точно передбачати майбутні потреби. Python пропонує широкий набір інструментів для реалізації цих методів, що вже активно застосовуються в різних галузях промисловості.

Одним із найбільш поширених інструментів для прогнозування попиту є регресійні моделі, які використовуються для аналізу залежностей між різними факторами, що впливають на попит. Наприклад, компанія Coca-Cola застосовує лінійну регресію для оцінки впливу погодних умов, сезонних коливань та

маркетингових заходів на обсяг споживання її напоїв. Для реалізації такого підходу в Python використовуються бібліотеки, такі як scikit-learn і statsmodels, які забезпечують можливості побудови та оцінки регресійних моделей. Подібні методи можуть бути використані на виробничих підприємствах для прогнозування попиту на сировину або готову продукцію, залежно від економічних факторів або замовлень клієнтів.

Аналіз часових рядів є ще одним важливим методом прогнозування попиту, який активно застосовується у практиці. Наприклад, компанія Amazon використовує методи аналізу часових рядів для прогнозування попиту на товари в різних регіонах, що дозволяє ефективно управляти запасами та оптимізувати витрати на зберігання товарів. Для роботи з часовими рядами в Python використовуються бібліотеки ARIMA, SARIMA та Prophet, які дозволяють моделювати сезонні тренди, зміни попиту в часі та виявляти аномалії.

У випадках, коли мова йде про великі обсяги даних, компанії, такі як Bosch або Toyota, використовують глибокі нейронні мережі для аналізу складних патернів у попиті. Моделі типу Long Short-Term Memory (LSTM) дозволяють враховувати динаміку попиту на основі історичних даних про продажі. Для реалізації таких моделей в Python часто застосовуються бібліотеки TensorFlow або PyTorch, які забезпечують гнучкість при побудові та тренуванні моделей машинного навчання.

Іншим корисним підходом є кластеризація, яка дозволяє виявляти групи товарів з подібними характеристиками попиту. Це дозволяє підприємствам, наприклад, Walmart, ефективно сегментувати товари і адаптувати стратегію закупівель для кожної групи. Для виконання кластеризації в Python використовуються методи, реалізовані в бібліотеці scikit-learn, зокрема алгоритми K-середніх і DBSCAN.

Використання методів прогнозування попиту з застосуванням Python дозволяє підприємствам знижувати витрати, уникати дефіциту товарів і

оптимізувати логістичні процеси. Успішні приклади таких технологій, як у Coca-Cola, Amazon чи Toyota, свідчать про їхню універсальність і можливість адаптації до потреб будь-яких виробничих підприємств.

2.2 Технічне забезпечення автоматизації.

Технічне забезпечення автоматизації для теми "Автоматизована система управління логістикою та запасами виробничого підприємства на основі прогнозу попиту" потребує комплексного підходу до вибору обладнання та програмного забезпечення. Серверне обладнання повинно бути оснащено багатоядерними процесорами, такими як Intel Xeon або AMD EPYC, які забезпечують високу продуктивність для обробки великих обсягів даних у реальному часі. Для стабільної роботи системи необхідно використовувати оперативну пам'ять обсягом не менше 64 ГБ із можливістю розширення до 128 ГБ і більше.

Для зберігання даних використовуються SSD-накопичувачі, які забезпечують швидкий доступ до інформації, та HDD-диски великого обсягу для архівування даних. Оптимальною є конфігурація з масивами RAID, що гарантує високу надійність і відмовостійкість. У разі потреби розподіленого зберігання даних можна інтегрувати хмарні платформи, такі як Amazon S3 або Google Cloud Storage.

Мережеве обладнання повинно забезпечувати безперебійну передачу даних між компонентами системи. Рекомендується використовувати маршрутизатори та комутатори з підтримкою високошвидкісних стандартів, таких як Gigabit Ethernet або 10GbE. Важливо також впровадити резервні канали зв'язку для уникнення простоїв у роботі системи.

Робочі станції для операторів і аналітиків повинні бути оснащені сучасними багатоядерними процесорами, високоякісними моніторами з високою роздільною здатністю для зручного аналізу даних, а також мати достатній обсяг пам'яті для обробки великих файлів. Для інтеграції сенсорних

пристроїв на складах і виробничих майданчиках використовуються IoT-пристрої, оснащені датчиками для моніторингу стану запасів і відстеження товарних потоків.

Технічне забезпечення включає також програмні рішення для обробки даних, моделювання та прогнозування попиту. Для реалізації алгоритмів прогнозування попиту можуть бути використані сервери з GPU, що підтримують машинне навчання, такі як NVIDIA Tesla або AMD Radeon Instinct. Крім того, необхідно впроваджувати спеціалізоване програмне забезпечення для обробки часових рядів і кластеризації даних, наприклад Python з бібліотеками scikit-learn, TensorFlow, Prophet, ARIMA.

Система резервного копіювання даних є ключовим компонентом інфраструктури, що забезпечує збереження інформації у разі технічних збоїв. Усі компоненти повинні інтегруватися в єдину мережу, керовану централізованою системою моніторингу та адміністрування для забезпечення безперервності бізнес-процесів.

Технічне забезпечення автоматизації для автоматизованої системи управління логістикою та запасами включає не лише фізичне обладнання, але й програмні інструменти, системи безпеки та технології інтеграції. Успішне впровадження такої системи залежить від наявності модульної архітектури, що забезпечує гнучкість, масштабованість і адаптивність до змін у бізнес-процесах підприємства.

Ключовим елементом є використання систем управління базами даних (СУБД), таких як PostgreSQL, MySQL або Oracle Database, для зберігання, обробки та аналізу великих обсягів даних. Дані повинні бути структуровані так, щоб забезпечувати швидкий доступ до інформації для прогнозування, а також для формування звітів і управління запасами. У хмарному середовищі можуть використовуватися платформи, як-от Microsoft Azure SQL Database або Amazon RDS, що надають додаткові можливості масштабування.

Для забезпечення безпеки даних необхідно впроваджувати технології шифрування на рівні зберігання та передачі даних, використовуючи протоколи SSL/TLS. Захист від несанкціонованого доступу забезпечується багаторівневими механізмами аутентифікації та авторизації, такими як багатофакторна аутентифікація (MFA) і система управління ролями (RBAC). Крім того, впроваджуються інструменти для виявлення та реагування на кіберзагрози, наприклад, SIEM-системи (Security Information and Event Management).

У складських приміщеннях інтегруються автоматизовані системи збору даних (АСЗД), які включають сканери штрихкодів, RFID-мітки та відповідні зчитувачі, що забезпечують точність і оперативність обліку. Поряд із цим використовуються автоматизовані конвеєрні системи, роботи-маніпулятори та технології управління автономними транспортними засобами (AGV), які оптимізують логістичні потоки.

Для візуалізації даних і моніторингу роботи системи використовуються програмні рішення, такі як Power BI або Tableau. Ці інструменти забезпечують створення інтерактивних панелей управління, які дозволяють відстежувати стан запасів у реальному часі, оцінювати ефективність логістичних процесів і приймати оперативні рішення.

Ключову роль у впровадженні системи відіграє інтеграція з іншими інформаційними системами підприємства, такими як ERP-системи (Enterprise Resource Planning). Відомі рішення, наприклад SAP, Oracle NetSuite або Microsoft Dynamics, забезпечують централізоване управління виробничими, фінансовими й логістичними процесами. Інтеграція здійснюється за допомогою API або платформ інтеграції даних, таких як Apache Kafka чи MuleSoft.

Особливу увагу слід приділити впровадженню технологій штучного інтелекту та машинного навчання, які забезпечують не лише прогнозування попиту, а й оптимізацію логістичних процесів, управління транспортом і формування стратегії закупівель. У перспективі можуть використовуватися

більш досконалі алгоритми, що враховують специфічні аспекти виробництва, зміни у споживчій поведінці та зовнішні фактори, як-от економічні тенденції чи кліматичні умови.

2.3 Порівняння альтернативних рішень.

Порівняння альтернативних рішень передбачає аналіз різних підходів до створення автоматизованої системи управління логістикою та запасами, що базується на прогнозуванні попиту. Одним із можливих рішень є використання локальних програмних комплексів, які встановлюються безпосередньо на обладнанні підприємства. Такі системи забезпечують повний контроль над даними та процесами, дозволяючи адаптувати рішення під специфічні потреби підприємства. Основною перевагою є висока швидкість обробки інформації у закритому середовищі, що мінімізує ризики витоку даних. Проте цей підхід вимагає значних капіталовкладень у придбання серверного обладнання та постійну підтримку IT-інфраструктури.

Іншим підходом є впровадження хмарних рішень, які працюють на основі сервісів SaaS (Software as a Service). Такі системи пропонують гнучкість у масштабуванні, доступність з будь-якої точки світу та суттєве зниження витрат на підтримку IT-інфраструктури. За допомогою хмарних платформ, таких як Microsoft Azure, Amazon Web Services або Google Cloud, можна інтегрувати передові інструменти для аналізу великих даних, машинного навчання та прогнозування. Незважаючи на очевидні переваги, основним недоліком є залежність від стабільності інтернет-з'єднання, а також ризики, пов'язані із зберіганням конфіденційної інформації у зовнішньому середовищі.

Гібридний підхід, що поєднує локальні рішення та хмарні технології, забезпечує баланс між безпекою та доступністю. У цьому випадку критично важливі дані обробляються локально, тоді як менш чутлива інформація зберігається та обробляється в хмарі. Такий підхід дозволяє підприємству користуватися перевагами обох технологій, зокрема скороченням витрат на

обладнання та можливістю інтеграції з сучасними інструментами прогнозування.

Ще одним варіантом є використання спеціалізованих ERP-систем, таких як SAP, Oracle NetSuite або Microsoft Dynamics 365. Ці платформи надають готові модулі для управління логістикою, прогнозування попиту та контролю запасів. Вони забезпечують високу інтеграцію з іншими бізнес-процесами підприємства, такими як фінанси, виробництво чи постачання. Водночас такі системи часто є дорогими, а їхнє впровадження потребує значного часу і додаткового навчання персоналу.

Для кожного підходу є ключові аспекти, які впливають на вибір: вартість впровадження та підтримки, рівень захисту даних, можливість інтеграції з іншими системами підприємства та адаптивність до змін бізнес-середовища. Оптимальний вибір залежить від потреб конкретного підприємства, його фінансових ресурсів, масштабів діяльності та технічних можливостей.

У процесі порівняння альтернативних рішень важливо також враховувати особливості функціонування виробничих підприємств, які суттєво впливають на вимоги до автоматизованої системи управління. Одним із таких аспектів є складність логістичних потоків, які можуть включати різні рівні постачальників, проміжні склади та мережу дистрибуції. У цьому контексті локальні рішення забезпечують більшу автономність і контроль, але часто мають обмежену масштабованість у випадку розширення підприємства або входження на нові ринки.

Хмарні рішення, навпаки, демонструють значно вищу гнучкість і здатність швидко адаптуватися до змін. Це особливо актуально для підприємств, які працюють у галузях із високою динамікою попиту, наприклад, у харчовій промисловості або виробництві споживчих товарів. Такі системи також дозволяють легко інтегрувати інноваційні підходи, як-от машинне навчання для прогнозування попиту чи оптимізації складських запасів, що значно підвищує їхню конкурентоспроможність.

Крім технічних параметрів, важливим є також вплив автоматизації на організаційні аспекти діяльності підприємства. Вибір ERP-систем або розробка спеціалізованого програмного забезпечення потребує тісної співпраці між технічними фахівцями та бізнес-аналітиками для точного визначення ключових вимог. Наприклад, у складних виробничих циклах може виникати потреба в урахуванні багаторівневих залежностей між компонентами, зокрема, залежностей між сировиною, напівфабрикатами та готовою продукцією. У таких випадках ERP-системи, які мають вбудовані модулі для планування матеріальних ресурсів (MRP), демонструють значні переваги. Вони дозволяють автоматично визначати оптимальні обсяги замовлень, строки постачання та необхідність додаткових ресурсів. Це особливо важливо для підприємств, що працюють із сезонними коливаннями попиту або мають тривалі цикли виробництва.

Інтеграція обраного рішення з існуючими інформаційними системами підприємства є ще одним критичним аспектом. Для локальних систем процес інтеграції може бути більш трудомістким, оскільки потрібна розробка спеціалізованих інтерфейсів обміну даними між різними програмними модулями. Хмарні платформи зазвичай надають стандартні API, які полегшують інтеграцію, але можуть обмежувати можливості налаштування відповідно до унікальних потреб підприємства. Гібридні рішення надають певну гнучкість, дозволяючи поєднати переваги двох підходів, проте вони часто вимагають значних ресурсів на етапі впровадження та налаштування.

Вибір програмної архітектури також впливає на стратегію підтримки та оновлення системи. Локальні рішення зазвичай потребують регулярного обслуговування з боку внутрішніх ІТ-фахівців або зовнішніх підрядників, що може створювати додаткове фінансове навантаження. Хмарні системи дозволяють уникнути цих витрат, оскільки оновлення програмного забезпечення здійснюється автоматично постачальником. Проте залежність від

хмарних сервісів може створювати ризики у разі технічних проблем на стороні постачальника чи обмежень доступу до платформи.

Важливим критерієм оцінки є час впровадження обраного рішення. Локальні системи часто потребують більше часу через необхідність індивідуального налаштування та тестування. Хмарні рішення впроваджуються швидше, оскільки зазвичай вже мають готові інструменти для стандартних процесів. Це дозволяє підприємствам скоротити період переходу до нової системи та швидше отримати переваги від автоматизації. Гібридні підходи знаходяться між цими двома крайнощами, забезпечуючи певний баланс між часом впровадження та функціональними можливостями.

Розглядаючи альтернативні рішення, необхідно також враховувати можливості масштабування системи в майбутньому. Для підприємств, які планують розширення виробництва, відкриття нових складів або вихід на нові ринки, хмарні та гібридні підходи є більш перспективними. Вони дозволяють оперативно нарощувати обчислювальні потужності та підключати нові модулі без необхідності значних інвестицій у фізичну інфраструктуру. У той же час локальні системи можуть стати економічно вигідними для стабільних підприємств, які не планують масштабних змін і мають достатньо ресурсів для підтримки власної IT-інфраструктури.

Загалом, кожне з альтернативних рішень має свої переваги та недоліки, які потрібно ретельно оцінити з урахуванням особливостей конкретного виробничого підприємства, його цілей, ресурсів та технічних вимог. Вибір оптимального варіанту залежить від пріоритетів: чи то забезпечення максимальної безпеки даних, чи швидкість впровадження, чи довгострокова економічна ефективність.

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИКОЮ ТА ЗАПАСАМИ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА

Система управління логістикою та запасами виробничого підприємства для автоматизованої системи на основі прогнозу попиту повинна включати кілька ключових компонентів, які забезпечують повний цикл управління процесами. Кожен із цих компонентів сприяє ефективному використанню ресурсів, мінімізації витрат та забезпеченню стабільного функціонування підприємства. Основні пункти, з яких має складатися така система, можуть бути структуровані наступним чином:

Модуль збору та обробки даних є базовою складовою, яка відповідає за інтеграцію інформації з різних джерел, таких як постачальники, склади, виробничі лінії та точки продажу. У цьому модулі реалізується механізм автоматичного оновлення даних у реальному часі для забезпечення точності прогнозів.

Модуль прогнозування попиту базується на алгоритмах машинного навчання або статистичних методах аналізу. Він виконує моделювання майбутніх потреб підприємства, враховуючи історичні дані, сезонність, економічні фактори та інші показники, що впливають на попит. Цей модуль дозволяє ефективно планувати закупівлі, виробництво та розподіл ресурсів.

Модуль управління запасами відповідає за контроль рівнів сировини, напівфабрикатів та готової продукції. У його функціонал входить визначення оптимальних обсягів запасів, розрахунок точок замовлення та моніторинг поточного стану складів. Додатково він забезпечує автоматичне генерування замовлень у разі досягнення критичного рівня запасів.

Модуль управління логістикою координує процеси переміщення матеріалів і готової продукції між виробничими лініями, складами та кінцевими

споживачами. Він реалізує оптимізацію маршрутів транспортування, управління автопарком і контроль виконання графіків доставки.

Модуль інтеграції з постачальниками забезпечує автоматизовану взаємодію з партнерами, зокрема обмін даними про запити, терміни постачання та специфікації товарів. Це дозволяє знизити час узгодження умов співпраці та підвищити прозорість у відносинах із постачальниками.

Модуль аналітики та звітності забезпечує формування детальних звітів про ефективність управління запасами, логістичні витрати, рівень обслуговування клієнтів та інші ключові показники. Він також дозволяє виявляти слабкі місця у процесах і приймати відповідні управлінські рішення.

Модуль безпеки відповідає за захист даних системи, забезпечуючи аутентифікацію користувачів, розмежування доступу до модулів та використання методів шифрування. Це необхідно для збереження конфіденційності даних підприємства та захисту від кіберзагроз.

Модуль інтеграції з ERP-системами дозволяє з'єднати автоматизовану систему управління логістикою та запасами з іншими бізнес-процесами підприємства, такими як фінанси, бухгалтерія чи управління виробництвом. Така інтеграція забезпечує узгодженість усіх операцій на підприємстві.

Крім цього, система може включати механізми для виявлення та аналізу відхилень у процесах, використовуючи штучний інтелект для побудови рекомендацій щодо підвищення ефективності управління. Реалізація таких модулів дозволяє створити комплексне рішення, яке відповідає сучасним викликам виробничого бізнесу.

Програмний код нижче створює базову автоматизовану систему прогнозування попиту для підприємства. Він завантажує історичні дані про попит із файлу CSV, потім створює додаткові характеристики для покращення прогнозів, наприклад, місяць, день тижня тощо. Далі навчає модель (Random Forest Regressor) для прогнозування попиту. Також оцінює точність моделі за

допомогою MAE (середньої абсолютної помилки) і прогнозує попит на задані дати в майбутньому.

Для запуску необхідно замінити `historical_demand.csv` на шлях до необхідного файлу з даними, встановити необхідні бібліотеки: `pandas`, `numpy`, `scikit-learn`, виконати код у Python середовищі.

```
import pandas as pd
import numpy as np
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.ensemble import RandomForestRegressor
from sklearn.metrics import mean_absolute_error
```

```
# Step 1: Load and preprocess the data
```

```
def load_data(file_path):
```

```
    """Load historical demand data from a CSV file."""
```

```
    data = pd.read_csv(file_path)
```

```
    data['Date'] = pd.to_datetime(data['Date'])
```

```
    data.set_index('Date', inplace=True)
```

```
    return data
```

```
# Step 2: Feature engineering
```

```
def create_features(data):
```

```
    """Create time-based features for better forecasting."""
```

```
    data['Month'] = data.index.month
```

```
    data['Day'] = data.index.day
```

```
    data['Day_of_Week'] = data.index.dayofweek
```

```
    data['Week_of_Year'] = data.index.isocalendar().week
```

```
    return data
```

```

# Step 3: Split the data into training and testing sets
def split_data(data):
    """Split data into training and testing sets."""
    X = data[['Month', 'Day', 'Day_of_Week', 'Week_of_Year']]
    y = data['Demand']
    X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2,
random_state=42)
    return X_train, X_test, y_train, y_test

# Step 4: Train the model
def train_model(X_train, y_train):
    """Train a random forest regressor on the data."""
    model = RandomForestRegressor(n_estimators=100, random_state=42)
    model.fit(X_train, y_train)
    return model

# Step 5: Evaluate the model
def evaluate_model(model, X_test, y_test):
    """Evaluate the model using Mean Absolute Error (MAE)."""
    predictions = model.predict(X_test)
    mae = mean_absolute_error(y_test, predictions)
    print(f'Mean Absolute Error: {mae:.2f}')
    return predictions

# Step 6: Predict future demand
def predict_future_demand(model, future_dates):
    """Predict future demand based on given dates."""

```

```

future_features = create_features(pd.DataFrame({'Date':
future_dates}).set_index('Date'))

predictions = model.predict(future_features[['Month', 'Day', 'Day_of_Week',
'Week_of_Year']])

return pd.DataFrame({'Date': future_dates, 'Predicted_Demand': predictions})

# Main function to execute the workflow
def main():

    # Load data

    file_path = 'historical_demand.csv' # Replace with your file path
    data = load_data(file_path)

    # Prepare features
    data = create_features(data)

    # Split data
    X_train, X_test, y_train, y_test = split_data(data)

    # Train model
    model = train_model(X_train, y_train)

    # Evaluate model
    evaluate_model(model, X_test, y_test)

    # Predict future demand
    future_dates = pd.date_range(start='2025-01-01', end='2025-01-31')
    predictions = predict_future_demand(model, future_dates)
    print(predictions)

```

```
if __name__ == "__main__":
    main()
```

Для використання бібліотеки ARIMA для прогнозування часових рядів у Python, можна скористатися бібліотекою statsmodels. Кроки для використання:

Необхідно встановити необхідні бібліотеки: `pip install statsmodels pandas matplotlib`.

Програмний код для встановлення:

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from statsmodels.tsa.arima.model import ARIMA
from statsmodels.graphics.tsaplots import plot_acf, plot_pacf

# Створення часових рядів
# Замініти цей рядок на ваші дані (наприклад, з CSV)
data = pd.Series([100, 120, 130, 110, 105, 115, 125, 130, 135, 140, 150, 160,
170, 180, 190])

# Візуалізація даних
plt.plot(data)
plt.title("Часовий ряд")
plt.show()

# Перевірка на стаціонарність (можна провести додаткові тести, такі як
ADF-тест)

# Розбиття на навчальний та тестовий набори
```

```

train = data[:int(len(data) * 0.8)] # 80% для навчання
test = data[int(len(data) * 0.8):] # 20% для тестування

# Побудова моделі ARIMA
# Параметри (p, d, q) слід обирати за допомогою аналізу ACF/PACF або
тестів

# Для цього прикладу ми використовуємо (p=1, d=1, q=1)
model = ARIMA(train, order=(1, 1, 1)) # ARIMA(p, d, q)
model_fit = model.fit()

# Прогнозування
forecast = model_fit.forecast(steps=len(test))

# Візуалізація результатів
plt.plot(train, label='Навчальний набір')
plt.plot(test.index, test, label='Тестовий набір', color='orange')
plt.plot(test.index, forecast, label='Прогноз ARIMA', color='red')
plt.legend()
plt.title("Прогнозування за допомогою ARIMA")
plt.show()

# Оцінка точності прогнозу (наприклад, за допомогою RMSE)
from sklearn.metrics import mean_squared_error
import math

rmse = math.sqrt(mean_squared_error(test, forecast))
print(f"RMSE: {rmse}")

```

	A	B	C	D	E	F
1	Product_ID	Product_Name	Category	Current_Stock	Reorder_Level	Lead_Time_Days
2	P001	Widget A	Electronics	120	50	5
3	P002	Widget B	Furniture	80	30	7
4	P003	Widget C	Electronics	200	100	4
5	P004	Widget D	Appliances	50	20	10
6	P005	Widget E	Furniture	150	60	6

G	H	I	J	K
Demand_Forecast_30_Days	Supplier_ID	Supplier_Name	Unit_Cost	Selling_Price
300	S001	ElectroParts Ltd.	15,5	25
150	S002	FurniCo	45	60
400	S001	ElectroParts Ltd.	20	30
80	S003	AppliMart	120	180
250	S002	FurniCo	55	80

Рис. 3.1,2 – Ключова інформація для автоматизованої системи

Ця таблиця є основою для автоматизованої системи управління логістикою та запасами виробничого підприємства на основі прогнозу попиту. Вона дозволяє ефективно відстежувати запаси, прогнозувати потреби та оптимізувати роботу складу.

Таблиця складається з наступних колонок:

Product_ID — унікальні ідентифікатори товарів, наприклад, "P001" чи "P002". Product_Name — назви товарів, як-от "Widget A" або "Widget B".

Category вказує на тип товару: "Electronics", "Furniture" або "Appliances". Current_Stock показує кількість товару на складі в даний момент, а Reorder_Level вказує мінімальний запас, після якого слід замовити нову партію.

Lead_Time_Days відображає час (у днях), необхідний постачальнику для доставки товару.

Колонка Demand_Forecast_30_Days містить прогноз попиту на наступні 30 днів. Supplier_ID та Supplier_Name допомагають ідентифікувати постачальника. Для розрахунку витрат і прибутку є колонки Unit_Cost (вартість закупівлі за одиницю) та Selling_Price (ціна продажу за одиницю).

```

import pandas as pd

# Створення таблиці даних для логістичної системи
data = {
    "Product_ID": ["P001", "P002", "P003", "P004", "P005"],
    "Product_Name": ["Widget A", "Widget B", "Widget C", "Widget D",
"Widget E"],
    "Category": ["Electronics", "Furniture", "Electronics", "Appliances",
"Furniture"],
    "Current_Stock": [120, 80, 200, 50, 150],
    "Reorder_Level": [50, 30, 100, 20, 60],
    "Lead_Time_Days": [5, 7, 4, 10, 6],
    "Demand_Forecast_30_Days": [300, 150, 400, 80, 250],
    "Supplier_ID": ["S001", "S002", "S001", "S003", "S002"],
    "Supplier_Name": ["ElectroParts Ltd.", "FurniCo", "ElectroParts Ltd.",
"AppliMart", "FurniCo"],
    "Unit_Cost": [15.50, 45.00, 20.00, 120.00, 55.00],
    "Selling_Price": [25.00, 60.00, 30.00, 180.00, 80.00]
}

# Перетворення на DataFrame
data_table = pd.DataFrame(data)

# Виведення таблиці
data_table

```

Код створює таблицю даних для логістичної системи та виводить її в зручному табличному форматі за допомогою бібліотеки pandas в Python.

Бібліотека pandas використовується для роботи з табличними даними. Вона дозволяє створювати, змінювати та аналізувати дані у форматі DataFrame. `data = { ... }` призначений для того, щоб кожен ключ (наприклад, "Product_ID") відповідав назві стовпця таблиці. Значення ключів – це списки, які містять дані для кожного рядка таблиці. Наприклад, «Product_ID» містить унікальні ідентифікатори продуктів, а «Product_Name» – їхні назви. Частка коду `data_table = pd.DataFrame(data)` відповідає за конвертування словника `data` в об'єкт DataFrame, тобто в основну структуру даних у pandas, схожу на таблицю Excel. `data_table` виводить створену таблицю. Це дозволяє переглядати дані у табличному форматі, зручному для аналізу.

3.1 Архітектура автоматизованої системи управління

Архітектура автоматизованої системи управління для логістики та запасів виробничого підприємства на основі прогнозу попиту повинна бути спрямована на інтеграцію різних функціональних модулів для оптимізації процесів управління запасами, постачанням і логістикою. Вона включає в себе модулі збору даних, прогнозування попиту, планування запасів, управління постачанням, а також модуль моніторингу та звітності. Основна мета такої системи – забезпечення безперебійного постачання необхідних ресурсів при мінімальних витратах, шляхом точного прогнозування потреб у матеріалах і компонентах на основі історичних даних та сучасних тенденцій попиту. Система має взаємодіяти з іншими внутрішніми інформаційними системами підприємства, такими як бухгалтерія, фінансовий облік та виробниче планування, для забезпечення єдиного потоку інформації та оперативного прийняття рішень. Архітектура повинна бути побудована на основі сучасних інформаційних технологій, що забезпечують високу швидкість обробки даних і зручність для користувачів, а також включати можливості для масштабування та інтеграції з іншими системами.

Для забезпечення ефективного функціонування автоматизованої системи управління логістикою та запасами, архітектура повинна базуватися на принципах гнучкості, масштабованості та інтеграції з іншими інформаційними системами підприємства. Важливою складовою є використання прогнозних моделей попиту, які дозволяють аналізувати історичні дані, сезонні коливання та інші фактори, що можуть вплинути на необхідні обсяги запасів. Це дозволяє підприємству точніше планувати свої запаси і вчасно реагувати на зміни в попиті, знижуючи ризик надлишкових або недостатних запасів.

Ключовими компонентами архітектури є модулі для збору даних з різних джерел, таких як внутрішні бази даних, системи управління виробництвом, постачальники та зовнішні джерела інформації (наприклад, ринкові тренди або погодні умови, які можуть впливати на попит). Ці дані обробляються за допомогою алгоритмів прогнозування, які враховують різноманітні параметри, включаючи попередні замовлення, історію продажів, економічну ситуацію та тенденції ринку.

Модуль управління запасами використовує прогнози попиту для визначення оптимальних рівнів запасів на кожному етапі виробничого процесу. Це дозволяє мінімізувати витрати на зберігання і транспортування, одночасно забезпечуючи безперервність виробництва. Інтеграція з модулем управління постачанням дозволяє здійснювати автоматичне формування замовлень постачальникам на основі аналізу поточних і прогнозованих запасів, що також підвищує ефективність процесу.

Модуль моніторингу та звітності є важливою складовою для забезпечення контролю за всіма процесами та їх оптимізації. За допомогою цього модуля керівництво отримує оперативні дані про стан запасів, виконання замовлень, витрати на логістику, а також результати прогнозування попиту. Це дозволяє не тільки виявляти потенційні проблеми, але й коригувати стратегії управління запасами і постачанням для досягнення кращих результатів.

Інтерфейси користувача повинні бути інтуїтивно зрозумілими та зручними для роботи співробітників різних рівнів, від операторів складу до керівників відділів. Для цього використовуються графічні інтерфейси та інструменти для аналізу даних у реальному часі, що дозволяють приймати швидкі й обґрунтовані рішення.

Загалом, архітектура такої системи повинна бути спрямована на досягнення високої продуктивності, зниження витрат і підвищення рівня обслуговування клієнтів шляхом інтеграції новітніх технологій прогнозування та автоматизації.

3.2 Алгоритми роботи системи

Алгоритми роботи автоматизованої системи управління логістикою та запасами виробничого підприємства на основі прогнозу попиту спрямований на оптимізацію процесів постачання, зберігання та транспортування матеріалів і готової продукції. Система передбачає використання різних технологій для забезпечення високої ефективності, серед яких машинне навчання, великий аналіз даних, Інтернет речей та хмарні обчислення. Центральним елементом роботи системи є алгоритм прогнозування попиту, який обробляє історичні дані про продажі, сезонні коливання, економічні фактори та інші зовнішні впливи. Цей алгоритм дозволяє створити точні прогнози щодо майбутнього попиту на продукти та матеріали, що допомагає уникнути як надлишку запасів, так і їх нестачі.

Зібрані дані про попит обробляються за допомогою технологій машинного навчання, що дозволяє моделі адаптуватися до змін у ринкових умовах та коригувати прогнози з урахуванням нових трендів. Великий аналіз даних використовується для обробки величезних обсягів інформації з різних джерел, що дозволяє створити більш точну картину попиту і на основі цього коригувати стратегію управління запасами. Паралельно з прогнозуванням попиту система здійснює моніторинг реального стану запасів через пристрої

Інтернету речей (IoT), які в режимі реального часу передають дані про рівень запасів, умови зберігання та транспортування.

Для зберігання даних і забезпечення доступу до них у будь-який час використовуються хмарні технології, що дають можливість масштабувати систему та інтегрувати її з іншими бізнес-процесами підприємства. Взаємодія з ERP-системами дозволяє автоматизувати планування ресурсів, замовлення товарів у постачальників та облік запасів. Алгоритм управління запасами працює на основі отриманих прогнозів і реальних даних, автоматично коригуючи рівні запасів на складах та формуючи замовлення на постачання, що дає можливість знижувати витрати на зберігання та транспортування.

Ключовим етапом є збір та обробка даних з різних джерел. Алгоритми системи отримують інформацію про поточні та минулі запаси, стан постачання, продажі, а також зовнішні фактори, такі як економічні тенденції, зміни у ринковому попиті або погодні умови, що можуть вплинути на попит. Дані з різних джерел передаються до центральної бази даних через використання технологій Інтернету речей (IoT), що дозволяє отримувати актуальну інформацію в реальному часі.

Після збору даних алгоритм прогнозування попиту аналізує історичні тренди та застосовує методи машинного навчання для створення моделей, що здатні передбачити майбутні зміни в попиті. Ці моделі можуть враховувати сезонні коливання, свята, зміни в економічній ситуації, а також поведінку споживачів. За допомогою таких алгоритмів, як регресія, нейронні мережі або дерева рішень, система може генерувати точні прогнози щодо потреб у запасах на майбутній період, що дозволяє оптимізувати замовлення на постачання та запобігти утворенню надлишкових чи нестачних запасів.

Паралельно з прогнозуванням попиту система враховує поточний стан запасів та обробляє дані про наявність товарів на складах. Якщо рівень запасів наближається до мінімального порогу, алгоритм автоматично генерує рекомендації для поповнення запасів або формує замовлення до

постачальників. Це забезпечує безперервний процес виробництва та доставку продукції, а також знижує ймовірність простоїв через відсутність необхідних матеріалів.

Важливою складовою є інтеграція системи з ERP-платформами підприємства, що дозволяє забезпечити безперебійну взаємодію між різними підрозділами, такими як фінанси, бухгалтерія, виробництво та логістика. З одного боку, це дозволяє автоматизувати процеси закупівель, обліку та планування, а з іншого — дозволяє в реальному часі відслідковувати фінансові витрати та оптимізувати витрати на запаси.

Алгоритм управління запасами активно взаємодіє з зовнішніми постачальниками, здійснюючи автоматичне формування замовлень на основі прогнозів та актуального стану запасів. Інтеграція з блокчейн-технологіями дає змогу створювати прозорі та безпечні ланцюги постачання, що мінімізує ризики шахрайства або помилок при оформленні транзакцій.

Система також забезпечує моніторинг та звітність у реальному часі, що дозволяє керівництву підприємства отримувати актуальні дані щодо запасів, витрат на логістику, виконання замовлень та прогнозованого попиту. Це дає змогу своєчасно коригувати стратегію управління запасами та логістичними процесами в залежності від змін в попиті, забезпечуючи високий рівень обслуговування клієнтів та оптимізацію витрат.

3.2.1 Прогноз попиту

Прогнозування попиту є корисним інструментом, оскільки дозволяє відстежувати зміни у попиті на ваші товари та послуги протягом певного періоду. Отримані дані можна застосовувати для ефективного управління запасами, щоб на складі завжди знаходилася оптимальна кількість продукції для задоволення поточного попиту. Якщо ж попит не прогнозується або прогнози виявляться неточними, існує ризик недооцінити попит, що призведе до втрати потенційних продажів, або, навпаки, переоцінити його, внаслідок

чого склад буде переповнений непроданими товарами. Обидві ситуації призводять до фінансових втрат для бізнесу.



Рис. 3.3 – Рівні прогнозування попиту

Прогнозування попиту відіграє ключову роль для виробників, оскільки отримані дані впливають як на обсяги виробництва, так і на формування цін. Виробляти все більше продукції немає жодного сенсу, якщо вона згодом лише накопичуватиметься на складі та залишатиметься там протягом тривалого часу.

Методи прогнозування попиту: евристичні: соціологічні – опитування покупців тощо; експертні методи – базуються на підборі та формуванні групи досить компетентних фахівців, які висловлюють свою думку на основі знань, досвіду, інтуїції, і вона розглядається як експертна оцінка.

Економіко-математичні: статистичні методи – моделювання (будується прогнозна модель, яка характеризує залежність досліджуваного параметра від ряду факторів), розрахунок коефіцієнта еластичності попиту, екстраполяція (базується на минулому досвіді, що проєктується на майбутнє).

Спеціальні методи – трендові моделі у графічному або математичному вигляді.

Такий підхід має певні маркетингові переваги, зокрема в період Різдвяних свят, коли пропозицію іноді свідомо обмежують, щоб стимулювати зростання попиту. Однак загалом більш ефективно виробляти лише ту кількість продукції, яка необхідна для задоволення попиту. Перевищення цих обсягів призводить до марнування часу, фінансових ресурсів та виробничих потужностей.

Прогнозування попиту допомагає знайти відповіді на багато важливих бізнес-питань, зокрема такі:

- Скільки кожного продукту ми, ймовірно, продамо в найближчі місяці?
- Скільки кожної послуги ми, ймовірно, надамо в найближчі місяці?
- Як змінюється попит на наші товари чи послуги?
- Які існують тренди, пов'язані з попитом, і чи є в ньому постійні піки та спади, про які нам слід знати?

Прогнозування попиту може здійснюватися за допомогою різних методів, зокрема через аналіз часових рядів. Однак важливо розуміти, що прогнозування не є абсолютно точним процесом, і жодна модель не є ідеальною. Немає жодного універсального інструменту, який би дозволяв точно передбачити майбутнє. Проте певні методи можуть бути корисними. Наприклад, методи інтелектуального аналізу даних допомагають уникнути зайвих витрат, що виникають через надлишок або дефіцит пропозиції. Для прогнозування попиту також можна використовувати нейромережевий аналіз.

Традиційно більшість прогнозів базується на аналізі попередніх продажів, але завдяки новим інструментам та доступним наборам даних цей тип аналітики став значно точнішим. Прогнозування попиту також може бути

підтримане аналізом текстів із публікацій у соціальних мережах, форумів про продукти та оглядових матеріалів на вебсайтах. У цьому контексті корисними можуть бути інструменти, такі як Google Trends, які дозволяють дізнатися, що обговорюється, що шукають люди, та що поширюється серед користувачів, тобто аналізувати інформацію, яка допомагає спрогнозувати попит.

Використовуючи ці методи для прогнозування попиту можна краще підготуватися до ринкових умов та точніше задовольнити реальні потреби своїх клієнтів.

3.2.2 Планування запасів

Планування запасів є важливим елементом ефективного управління логістикою на виробничому підприємстві, і автоматизована система, що базується на прогнозуванні попиту, може значно підвищити ефективність цього процесу. Прогнозування попиту допомагає точно визначити необхідний обсяг продукції для зберігання на складі, що дозволяє мінімізувати ризик як надлишкових запасів, так і їх дефіциту. Відповідно, завдяки точним прогнозам, підприємство може зменшити витрати на зберігання та управління запасами, звільнивши ресурси для більш ефективного використання в інших сферах діяльності.

Автоматизована система дозволяє враховувати різні фактори, що впливають на попит, включаючи сезонні коливання, тенденції ринку та зміни в поведінці споживачів, тим самим забезпечуючи точніші прогнози і дозволяючи приймати обґрунтовані рішення для планування запасів. Завдяки інтеграції цих даних з іншими логістичними процесами система дає змогу оптимізувати рівні запасів, що зменшує витрати на їх підтримку, знижує ризики від дефіциту продукції та покращує обслуговування клієнтів.

У результаті, автоматизоване планування запасів на основі прогнозу попиту дозволяє підприємствам не лише знизити витрати, але й підвищити

загальну ефективність виробництва та продажів, забезпечуючи стабільне задоволення потреб ринку.

Для планування запасів можна використати простий програмний код на Python, який допоможе визначити оптимальний обсяг замовлення та рівень запасів на основі методу економічного розміру замовлення (EOQ). Цей метод використовує три основні змінні: попит на продукцію, витрати на замовлення та витрати на зберігання товарів.

Програмний код розраховує економічний розмір замовлення (EOQ) і допомагає визначити, коли та скільки товару варто замовити, щоб мінімізувати загальні витрати на зберігання та поповнення запасів.

```
import math

# Вхідні дані
demand = 10000 # річний попит (одиниць продукції)
order_cost = 50 # витрати на одне замовлення
holding_cost = 2 # витрати на зберігання одиниці товару на складі
протягом року

# Розрахунок економічного розміру замовлення (EOQ)
EOQ = math.sqrt((2 * demand * order_cost) / holding_cost)

# Розрахунок загальних витрат на замовлення і зберігання
total_order_cost = (demand / EOQ) * order_cost # витрати на замовлення
total_holding_cost = (EOQ / 2) * holding_cost # витрати на зберігання

# Виведення результатів
print(f"Економічний розмір замовлення (EOQ): {EOQ:.2f} одиниць")
print(f"Загальні витрати на замовлення: {total_order_cost:.2f} грн")
```

```
print(f"Загальні витрати на зберігання: {total_holding_cost:.2f} грн")
print(f"Загальні витрати на управління запасами: {total_order_cost +
total_holding_cost:.2f} грн")
```

Цей код виконує кілька ключових розрахунків. Спочатку на основі введених даних, таких як річний попит, витрати на замовлення та витрати на зберігання, програма обчислює економічний розмір замовлення (EOQ). Це дозволяє визначити, скільки одиниць товару потрібно замовляти кожного разу, щоб мінімізувати загальні витрати. Витрати на замовлення визначаються шляхом множення кількості замовлень на рік (що розраховується через річний попит та EOQ) на вартість одного замовлення. Витрати на зберігання обчислюються як витрати на зберігання одиниці товару, помножені на середній рівень запасів (який дорівнює половині економічного розміру замовлення).

Програма виводить на екран значення економічного розміру замовлення, загальні витрати на замовлення, витрати на зберігання та сумарні витрати на управління запасами. Це дає змогу підприємствам приймати обґрунтовані рішення про розмір замовлень і стратегію управління запасами, знижуючи витрати на складування та поповнення запасів.

Цей простий підхід є базовим, але він дає розуміння того, як можна інтегрувати прогноз попиту та фінансові витрати для автоматизації планування запасів на підприємстві.

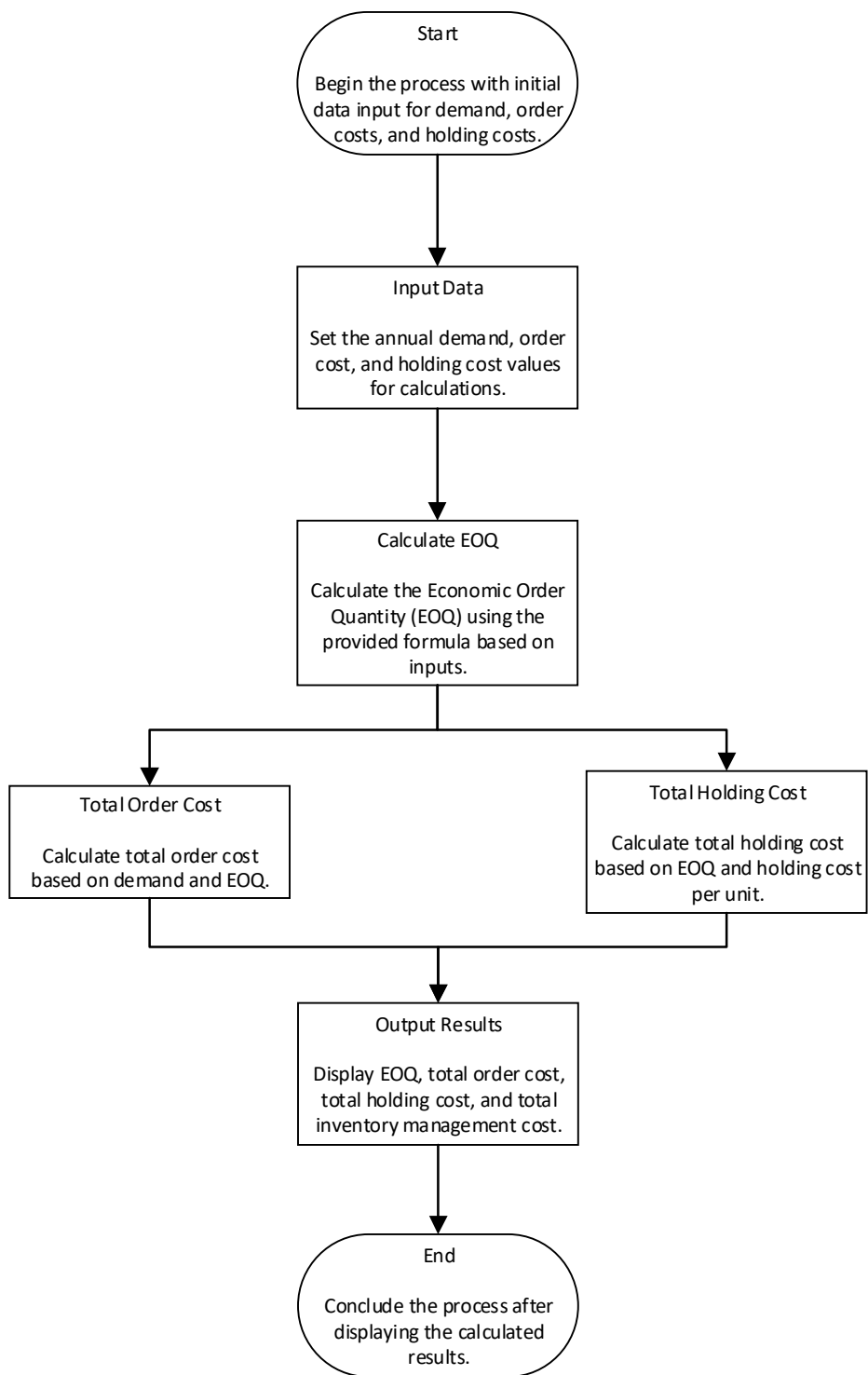


Рис. 3.4 – Блок-схема до алгоритму роботи системи по впровадженню запасів

3.2.3 Маршрутизація доставки

Маршрутизація доставки є важливою частиною логістичної стратегії виробничого підприємства, оскільки вона забезпечує ефективний та економічний процес переміщення товарів від складу до кінцевих споживачів. У контексті автоматизованої системи управління логістикою та запасами, що базується на прогнозі попиту, маршрутизація доставки дозволяє оптимізувати час доставки та витрати на транспортування, сприяючи зменшенню загальних витрат і підвищенню задоволеності клієнтів.

Основною метою маршрутизації є оптимізація використання ресурсів — транспортних засобів, водіїв і часу доставки. Автоматизовані системи використовують дані про попит, що прогнозується, для планування маршрутів доставки, а також враховують реальні умови на дорогах, сезонні коливання попиту та інші фактори, що можуть впливати на ефективність перевезень. З огляду на це, системи маршрутизації можуть інтегрувати різні моделі прогнозування попиту, які визначають оптимальну кількість товарів для доставки в кожному конкретному випадку.

Використання прогнозів попиту в процесі маршрутизації дозволяє підприємству заздалегідь визначити, які товари та в якій кількості необхідно відправити в конкретні регіони або торгові точки. Це знижує ймовірність виникнення ситуацій із надлишковими або недостатніми запасами на складах або в точках продажу, що є особливо важливим в умовах змінного попиту.

Автоматизована система може враховувати не тільки прогнози попиту, але й інші дані, такі як поточний стан дорожнього руху, прогнози погоди та інші зовнішні фактори. Наприклад, якщо прогноз попиту вказує на підвищення продажів у певному регіоні, система може оптимізувати маршрут доставки таким чином, щоб задовольнити підвищений попит, зменшуючи час доставки та витрати на транспортування. Крім того, система може допомогти у вирішенні проблеми недостатнього попиту в іншому регіоні, дозволяючи перенаправити ресурси, щоб не створювати надлишкових запасів.

Технічні аспекти маршрутизації можуть включати використання алгоритмів оптимізації, таких як методи пошуку найкоротших шляхів або генетичні алгоритми, що дозволяють ефективно знаходити найкращі маршрути для доставки. Ці алгоритми можуть враховувати різні фактори, такі як відстань, час, витрати на паливо, затори, вартість доставки та інші параметри, що впливають на загальні витрати.

Удосконалена маршрутизація доставки в автоматизованій системі управління логістикою та запасами, побудована на основі прогнозу попиту, дозволяє враховувати не тільки базові логістичні параметри, але й специфічні потреби споживачів, сезонні коливання попиту, а також інші змінні фактори, які можуть впливати на ефективність доставки. Зокрема, такі системи можуть прогнозувати можливі зміни у попиті, які можуть виникнути через святкові періоди, зміни в економічній ситуації або зміни в поведінці споживачів.

Однією з основних переваг використання прогнозів попиту в маршрутизації є можливість зменшити затримки в доставці та уникнути ситуацій, коли в окремих регіонах або магазинах виникає дефіцит товарів. Водночас прогноз попиту дозволяє оптимізувати інвентаризацію, адже в системі прогнозуються найбільш ймовірні зміни попиту в різних точках продажу або регіонах. Це дає змогу забезпечити рівномірне поповнення запасів, запобігаючи перенавантаженню складів у деяких регіонах і недостачі товарів в інших.

Інтеграція прогнозу попиту з маршрутними системами також дозволяє знизити витрати на транспортування. Наприклад, система може автоматично коригувати маршрути доставки таким чином, щоб використовувати мінімальну кількість транспортних одиниць для перевезення продукції з урахуванням змін попиту. Таке динамічне планування дає змогу ефективно розподіляти вантажі, знижуючи витрати на паливо та експлуатацію транспорту.

Що важливо, автоматизовані маршрутизаційні системи здатні працювати в реальному часі, враховуючи зміни в умовах доставки. Наприклад, якщо

раптово виникають затори на дорогах або прогнозується погіршення погодних умов, система може миттєво переобчислити оптимальний маршрут та змінити напрямок доставки, щоб уникнути затримок. Це забезпечує гнучкість і дозволяє мінімізувати можливі негативні наслідки для клієнтів і кінцевих споживачів.

Також важливим аспектом є інтеграція таких систем із іншими компонентами автоматизованої логістичної мережі, такими як система управління складуванням (WMS) і система управління транспортуванням (TMS). Це дозволяє координувати всі етапи логістичного ланцюга, забезпечуючи безперервний потік товарів від постачальників до кінцевих споживачів. Зв'язок між прогнозуванням попиту і маршрутизацією доставки дозволяє не лише ефективно управляти поточними поставками, а й у реальному часі реагувати на зміни в попиті або непередбачені обставини.

Насамкінець, автоматизована маршрутизація доставки на основі прогнозу попиту дозволяє не лише знижувати витрати та підвищувати ефективність, але й забезпечує більш високий рівень обслуговування клієнтів. Клієнти отримують точніші і швидші доставки, а підприємство досягає більшої стабільності та знижує ризики, пов'язані з перевищенням або нестачею запасів. Це дозволяє підтримувати конкурентоспроможність на ринку та задовольняти потреби споживачів, що змінюються у реальному часі.

4. МАТЕМАТИЧНІ РОЗРАХУНКИ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

У цьому розділі буде проведено математичні розрахунки та надано економічне обґрунтування впровадження автоматизованої системи управління логістикою і запасами виробничого підприємства на основі прогнозу попиту. Основна мета цих розрахунків – оцінити ефективність запропонованої системи, визначити її вплив на оптимізацію запасів, зменшення витрат на їх зберігання та покращення логістичних процесів.

Для розрахунку оптимального розміру замовлення (EOQ – Economic Order Quantity) використовується формула:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (4.1)$$

де:

D – річний обсяг попиту на матеріальні ресурси (одиниць);

S – витрати на оформлення одного замовлення (грошових одиниць);

H – витрати на зберігання одиниці запасів протягом року (грошових одиниць).

Використання EOQ дозволяє мінімізувати загальні витрати на замовлення та зберігання запасів. Для цього проводяться розрахунки із врахуванням реальних даних підприємства: середнього обсягу попиту, частоти замовлень та пов'язаних витрат.

Ефективність системи оцінюється через порівняння загальних витрат до та після впровадження автоматизації, зокрема, витрат на зберігання запасів, замовлення та втрат через дефіцит матеріалів. Витрати на зберігання включають оренду складів, амортизацію обладнання, оплату праці складського персоналу та інші фактори. Витрати на замовлення охоплюють підготовку

документів, логістичне забезпечення та транспортування матеріалів. Втрати через дефіцит запасів визначаються на основі упущеного прибутку через неможливість виконання замовлень через брак матеріалів. Очікується, що впровадження автоматизованої системи управління дозволить знизити витрати на зберігання завдяки скороченню обсягів надлишкових запасів, зменшить кількість термінових замовлень, що призведе до зниження витрат на транспортування, а також оптимізує використання складських приміщень і дозволить зменшити необхідну площу для зберігання. Розрахунки проводяться на основі реальних даних підприємства, що дає змогу оцінити ефективність автоматизації.

Для моделювання оптимальних маршрутів доставки застосовується методика вирішення задачі комівояжера. Мета – мінімізувати загальну довжину маршрутів або витрати на транспортування. Формула загальних витрат на доставку виглядає так:

$$C = \sum_{i=1}^n (d_i \cdot t_i) \quad (4.2)$$

де:

d_i – відстань між пунктами;

t_i – транспортні витрати на одиницю відстані.

Оптимізація маршрутів за допомогою алгоритмів (наприклад, жадібний алгоритм, алгоритм гілок і меж) дозволяє мінімізувати витрати на логістику.

Для оцінки економічної ефективності системи використовується розрахунок таких показників:

Рентабельність інвестицій (ROI)

$$ROUI = \frac{\text{Економія_витрат} - \text{Вартість_впровадження}}{\text{Вартість_впровадження}} \times 100\% \quad (4.3)$$

Термін окупності:

$$T = \frac{\text{Вартість_впровадження}}{\text{Економія_витрат_за_рік}} \quad (4.4)$$

4.1. Стратегії управління запасами

Управління запасами включає організацію контролю їх поточного стану.

Контроль запасів полягає у моніторингу та регулюванні рівнів матеріальних ресурсів виробничого чи споживчого призначення з метою виявлення відхилень від встановлених норм та вжиття оперативних заходів для їх коригування.

На практиці використовуються різні системи контролю стану запасів, які можна класифікувати відповідно до наступних ознак:

- порядку перевірки: періодична чи безперервна;
- порогового рівня запасів: відсутній – присутній;
- розміру партії, що замовляється: однакова – різна.

В залежності від притаманних системам контролю запасів названих ознак виділяють наступні їх види.

Система оперативного управління (Т (період поновлення запасів) – стала; Р1, Р2, Р3 (розмір замовлень) – окремі замовлення) (рис 8.1) – за умови використання даної системи контролю запасів надходження товарів відбувається через рівні регулярні проміжки часу, що постійно повторюються (періоди перевірки наявності запасів). При кожній перевірці запасів визначають готівковий залишок, після чого оформляють замовлення, розмір якого залежить від інтенсивності споживання матеріалів. Розмір замовлення дорівнює максимальному запасу за вирахуванням поточного рівня запасів у момент перевірки матеріалів.

$$q = q_{\max} - q_r + q_{\text{стр}} \quad (4.5)$$

де q – розмір замовлення; $q_{\max}$ – максимальний рівень замовлення; q_r – фактичний об'єм запасу у момент замовлення (перевірки матеріалів); $q_{\text{стр}}$ – страховий запас, що встановлюється в залежності від наявних ризиків постачання, в окремих випадках він може бути відсутнім.

Замовлений обсяг перевищує економічно обґрунтований розмір у випадку, якщо фактичний попит вищий за очікуваний. І навпаки, розмір замовлення буде зменшено, якщо попит є нижчим за прогнозовану середню величину. Таким чином, у періодичній системі управління запасами інтервал між замовленнями залишається незмінним, тоді як обсяг замовлення змінюється залежно від рівня споживання, тобто є варіативною величиною.

Основною перевагою такої системи є її простота, оскільки регулювання здійснюється лише один раз протягом кожного інтервалу між постачаннями. Однак є і недоліки: необхідність оформлювати замовлення навіть на незначну кількість матеріалів, а також ризик вичерпання запасів через раптове підвищення інтенсивності їх використання до наступного запланованого замовлення.

Ця система з фіксованою періодичністю замовлення є найбільш ефективною за умов рівномірного і незначного споживання матеріалів. Вона також використовується в ситуаціях із нестабільним попитом, коли існує можливість часто та різко змінювати обсяги замовлень.

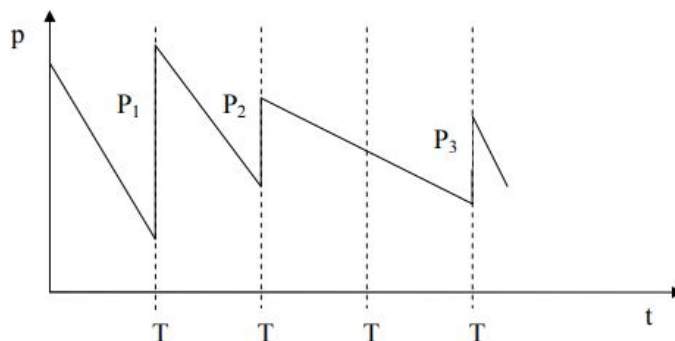


Рис. 4.1 – Система оперативного управління запасами

система рівномірних поставок (T – стала; P - стала) (рис 4.2) – відповідно до даної системи контролю запасів, через фіксовані відрізки часу здійснюється поновлення запасів на однакову кількість.

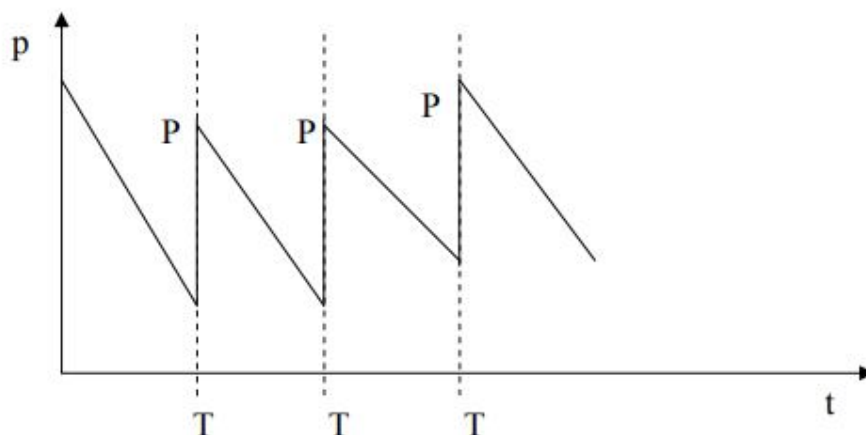


Рис. 4.2 Система рівномірних поставок

Ця система застосовується за умови відсутності обмежень щодо складських приміщень, можливих труднощів із постачальниками або ризику дефіциту товару на ринку. Її основна мета полягає в переважному формуванні запасів.

Система поповнення запасів до максимального рівня (T – стала; P_1, P_2, P_3, P_4 – окремі замовлення) (рис 4.3) – особливістю даної системи контролю запасів є те, що їх поповнення здійснюється через рівні проміжки часу до якогось певного фіксованого рівня. Може використовуватися при обмежених складських площах.

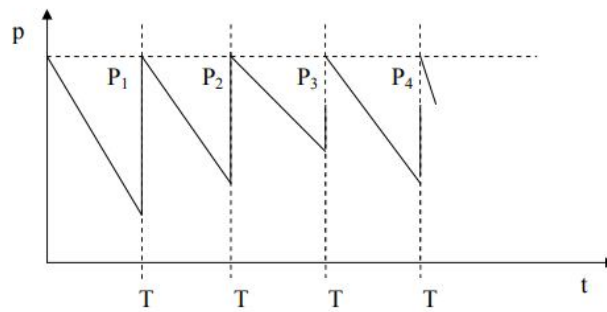


Рис. 4.3 Система поповнення запасів до максимального рівня

Система з фіксованим рівнем замовлення при періодичній перевірці фактичного рівня запасів (з пороговим рівнем запасу) (T – стала; P – стала) (рис 4.4) – дана система контролю запасів передбачає встановлення так званого порогового (страхового) рівня запасів. Перевірка рівня запасів здійснюється через рівні проміжки часу, рішення про поповнення запасів приймається лише в тому випадку, коли рівень запасів дорівнює або є нижчим за встановлений пороговий рівень. При цьому запаси завжди поповнюються на одну й ту ж саму кількість товарів. Таку систему контролю запасів доцільно використовувати при малих відрізках між перевірками стану запасів, якщо існує можливість затримки доставки.

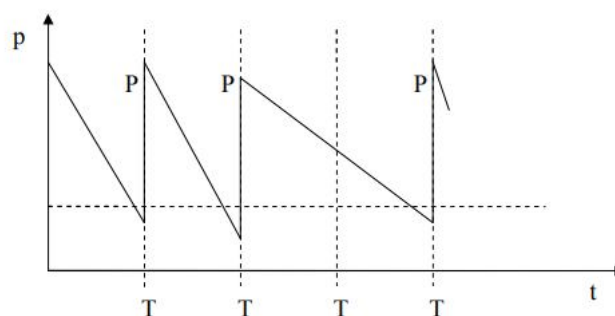


Рис. 4.4 Система з фіксованим рівнем замовлення при періодичній перевірці фактичного рівня запасів

Система з фіксованим рівнем замовлення при безперервній перевірці фактичного рівня запасів (з пороговим рівнем запасу) (P – стала; T_1, T_2, T_3 – випадкові періоди часу між окремими замовленнями) (рис 4.5) – при використанні даної системи контролю запасів також, які в попередньому випадку встановлюється пороговий (страховий) рівень запасів, проте, відмінністю є те, що поновлення запасів відбувається тоді, коли їх рівень досягає встановленого порогового значення. Така система є ефективною при значному розриві в часі між формуванням замовлення на доставку і доставкою товарів при нестійкому попиті.

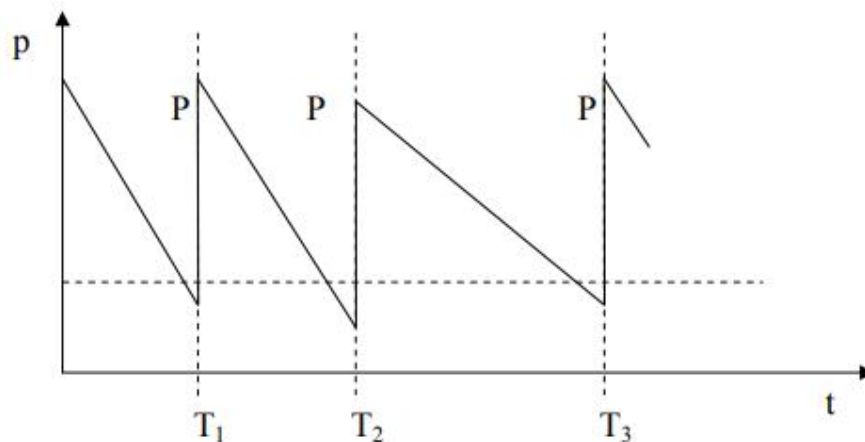


Рис. 4.5 Система з фіксованим рівнем замовлення при безперервній перевірці фактичного рівня запасів (з пороговим рівнем запасу)

Система з двома рівнями при періодичній перевірці фактичного рівня запасів (з пороговим рівнем) (T – стала; P_1, P_2, P_3 , – окремі замовлення) (рис 4.6) – використання останньої системи контролю запасів передбачає перевірку їх стану через фіксовані відрізки часу. При цьому встановлюються два порогові рівні – максимально можливий рівень запасів та мінімальний (страховий) рівень. Якщо, при перевірці обсяг запасів досяг мінімального (страхового) рівня, то здійснюється їх поповнення до максимального рівня. Така система

контролю запасів покликана забезпечити фірму від можливих затримок при доставці товарів, за умови обмеженості складських площ.

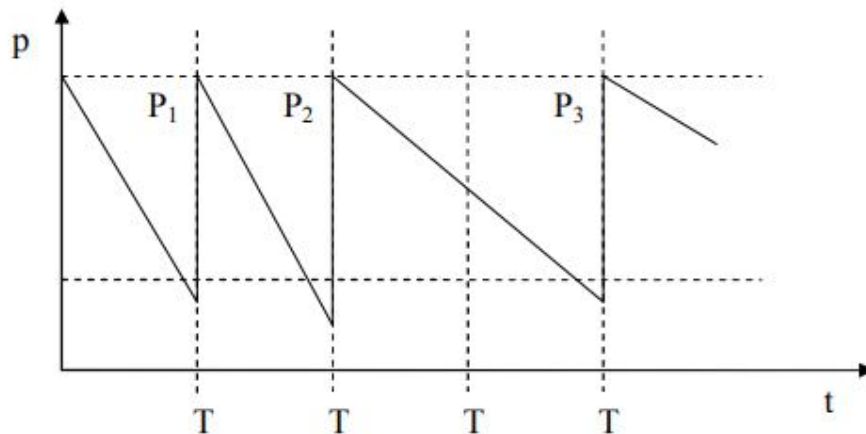


Рис. 4.6 Система з двома рівнями при періодичній перевірці фактичного рівня запасів (з пороговим рівнем)

Одним з найскладніших етапів робіт після вибору системи поповнення запасів є кількісне визначення розміру замовлення, а також інтервалу часу, через який замовлення буде повторюватися.

Оптимальний розмір партії товарів, що постачаються, і, відповідно, частота їх завезення залежать від наступних факторів:

- об'єм попиту (обороту);
- транспортно-заготівельні витрати;
- витрати на зберігання запасів.

В якості критерію оптимальності вибирають мінімальну суму транспортних витрат і витрат на зберігання:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{збер}} + C_{\text{трансп}} \rightarrow \min \quad (4.7)$$

де $C_{заг}$ – загальні витрати на транспортування і зберігання; $C_{збер}$ – затрати на зберігання продукції; $C_{трансп}$ – транспортно-заготівельні витрати.

Зберігання запасів за період T обійдеться нам в:

$$C_{збер} + M \times \frac{S}{2} \quad (4.6)$$

де M – доля, яку складають витрати на зберігання за період T у вартості середнього запасу за цей же період; S – розмір партії, що замовляється (допускаємо, що нова партія завозиться після того, як закінчилася попередня: середня величина запасу дорівнює $S/2$).

Розмір транспортно-заготівельних витрат за період T визначається за формулою:

$$C_{трансп} = K \times \frac{Q}{S} \quad (4.8)$$

де Q – розмір обороту (попиту); Q/S – кількість завезень за період часу; K – транспортно-заготівельні витрати, пов'язані з розміщенням і доставкою одного замовлення.

Існує кілька підходів до управління запасами, які дають змогу працівникам відповідних підрозділів визначати політику підприємства щодо управління запасами на основі нескладних наближених розрахунків.

Стратегія максимальної обережності. Цей підхід передбачає визначення необхідного запасу шляхом множення максимального рівня щоденного споживання запасів (по кожній позиції) на найдовший зафіксований період постачання відповідно до попередніх замовлень підприємства. Такий підхід

дозволяє створювати запаси, які практично неможливо повністю використати до моменту оформлення нового замовлення на їх поповнення.

Стратегія створення додаткового резерву. Забезпечення потреб у цьому випадку досягається за рахунок формування додаткових резервів матеріальних ресурсів. Розмір резерву можна визначити за одним із методів:

Резерв обчислюється як середній рівень попиту, помножений на середній час очікування постачання, скоригований на коефіцієнт надійності. Зазвичай значення коефіцієнта становить від 1,25 до 1,40.

Резервна кількість визначається як квадратний корінь із середнього обсягу споживання за період, що відповідає часу очікування постачання.

Стратегія на основі відсотка від попиту. У цьому випадку аналізується частота попиту на матеріальні запаси за результатами роботи протягом певного часу. Величина попиту фіксується в графіку розподілів наростаючим підсумком. Далі визначається частка періодів, у яких допустимо повне використання запасів без порушення виробничого процесу. За цією часткою на графіку встановлюється обсяг попиту, який відповідає таким випадкам повного використання запасів.

Сучасний підхід до організації управління запасами часто вимагає від фахівців виконання розрахунків, пов'язаних із прогнозуванням потреб у запасах та визначенням оптимального розміру замовлення. Цей показник можна обчислити за трьома методами: табличним, графічним або з використанням формули Вільсона.

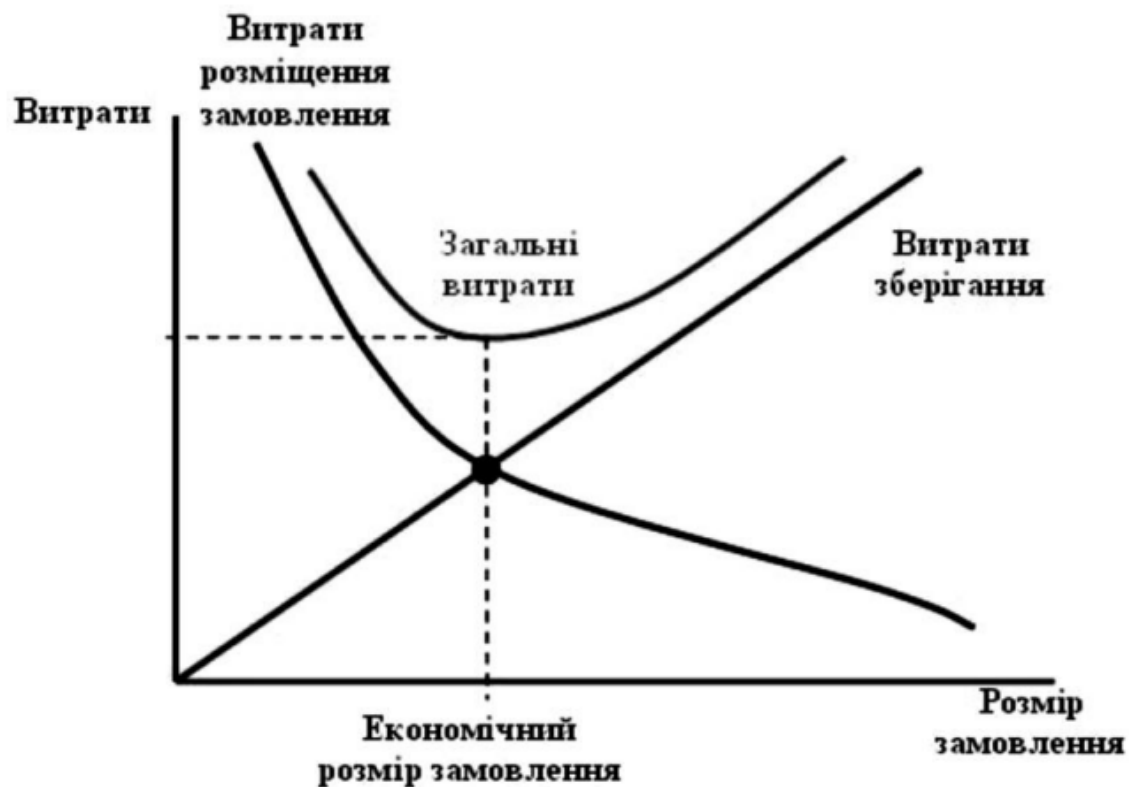


Рис.4.7 – Графічний метод

Для розрахунку оптимального розміру замовлення використовують 3 формули.

Розрахунок загальних витрат на створення і підтримання запасу розраховується за формулою:

$$T = \frac{Q}{2} \times 1 + \frac{S}{Q} \times A \times C \times S \quad (4.9)$$

T – загальні витрати на створення і підтримання замовлення, грош. од.; Q – розмір замовлення для поповнення запасу, грош. або натур. од.; I – витрати на зберігання одиниці запасу в плановому періоді часу, грош. од. виміру / одиниця

запасу. S – потреба в запасі в плановому періоді, грош. або натур. од.; A – вартість розміщення одного замовлення, грош. од.; C – ціна одиниці запасу, грош. од.

Формула Вільсона:

$$q_{opt} = \frac{\sqrt{2 \cdot A \cdot S}}{I} \quad (4.10)$$

q_{opt} – грош. од. або натур. од.; I – витрати на зберігання одиниці запасу в плановому періоді часу, грош. од. / од. запасу; S – потреба в запасі в плановому періоді, грош. або натур. од.; A – вартість розміщення одного замовлення, грош. од., C – ціна одиниці запасу, грош. од.

Формула Вільсона при обліку ціни в затратах на зберігання запасів:

$$q_{opt} = \frac{\sqrt{2 \cdot A \cdot S}}{I \cdot C} \quad (4.11)$$

A – вартість розміщення одного замовлення, грош. од.; S – потреба в запасі в плановому періоді, грош. або натур. од.; i – частка ціни продукції, що припадає на витрати по зберіганню, грош. од. / од. запасу; C – ціна одиниці запасу, грош. од.

4.2. Оцінка роботи складів

Оцінка роботи діючих складів, а також вибір найбільш вигідного варіанту тих, що будуються і реконструюються, здійснюється, за такими групами техніко-економічних показників:

- інтенсивності роботи складів;
- ефективності використання площі складу;
- механізації складських робіт.

Показники інтенсивності роботи складів охоплюють складський товарообіг і вантажообіг, а також показники оборотності матеріалів на складі.

Складський товарообіг – показник, що характеризує кількість реалізованої продукції за відповідний період (місяць, квартал, рік) окремими складами підприємства, торгово-посередницьких організацій і т. д.

Складський вантажообіг – натуральний показник, що характеризує обсяг роботи складів. Обчислюється кількістю відпущених (відправлених) матеріалів упродовж певного часу (односторонній вантажообіг).

Для визначення вантажообігу використовується формула:

$$A = \frac{Q}{T} \quad (4.12)$$

де Q – кількість тонн, що надійшли на склад за період часу; T – тривалість періоду часу.

Вантажопотік – кількість вантажів, що проходять через ділянку в одиницю часу.

Вантажопереробка – кількість перевантажень під час переміщення вантажу. Відношення вантажопереробки до вантажообігу складу характеризується коефіцієнтом переробки, який може бути більше вантажопотоку в 2–5 разів. Зниження коефіцієнта вантажопереробки підтверджує поліпшення технології переробки вантажів і впровадження комплексної механізації і автоматизації на складі.

Коефіцієнт оборотності матеріалів – це відношення річного (піврічного, квартального) обороту матеріалів до середнього залишку його на складі за той же період. Швидкість обороту матеріалів визначається через коефіцієнт оборотності матеріалів і розраховується за формулою:

$$K_0 = \frac{Q}{\frac{q_1}{2} + q_2 + \dots + q_{n-1} + \frac{q_n}{2}} \quad (4.13)$$

де Q – витрата матеріалу на складі за якийсь календарний період (рік, квартал, місяць); q – залишок матеріалу на складі на перше число першого місяця; q_1 – залишок матеріалу на складі на перше число другого місяця; q_{n-1} – залишок матеріалу на складі на перше число передостаннього місяця; q_n – залишок матеріалу на складі на кінець останнього місяця; n – кількість залишків, використаних для розрахунку.

Зауважимо, що коефіцієнт K_0 завжди повинен бути більше одиниці. В іншому випадку склад працюватиме неефективно.

Коефіцієнт нерівномірності K_n надходження (відвантаження) вантажів зі складу визначається відношенням максимального надходження (відвантаження) вантажу в тонах $Q_{\max}$ за конкретний період часу до середнього надходження (відвантаження) $Q_{\text{ср}}$, тобто:

$$K_n = \frac{Q_{\max}}{Q_{\text{ср}}} \quad (4.14)$$

Нерівномірність надходження (відвантаження) вантажів неабияк впливає на розміри приймальних (відпускних) майданчиків та роботу підйомно-транспортних механізмів.

До показників ефективності використання площі складу можуть бути віднесені:

- коефіцієнт використання складської площі;
- коефіцієнт використання об'єму складу;
- питоме середнє навантаження на 1 м² корисної площі;
- вантажонапруженість.

Основним завданням логістики складування є забезпечення максимального використання площі і висоти складу. Є такі основні види складування:

- в штабелі блоками;
- на поличних стелажах до 6 м;
- в прохідних (виїзних) стелажах;
- в пересувних стелажах;
- в елеваторних стелажах і т. д.

Рівень механізації складських робіт визначають за допомогою таких показників:

- ступінь охоплення робочих механізованою працею: визначається відношенням числа робочих, що виконують роботу механізованим способом, до загального числа робочих, зайнятих на складських роботах;
- рівень механізації складських робіт: визначається відношенням об'єму механізованих робіт до об'єму виконаних робіт;
- обсяг механізованих робіт: визначається як добуток вантажопотоку, що переробляється механізмами, на кількість перевалок вантажів механізмами.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі детально досліджено можливість впровадження автоматизованої системи управління логістикою та запасами на виробничому підприємстві з використанням прогнозування попиту. Особлива увага приділена сучасним методам прогнозування, таким як евристичні, економіко-математичні та спеціальні підходи, що дозволяють підвищити точність прогнозів та забезпечити ефективну роботу системи. Автоматизована система сприяє оптимізації запасів, мінімізуючи як дефіцит продукції, так і перевищення складських залишків, які призводять до додаткових витрат.

Також впровадження автоматизації значно підвищує ефективність логістичних процесів завдяки скороченню витрат на транспортування, облік і зберігання товарів. Це створює умови для оперативного прийняття управлінських рішень, оскільки система забезпечує швидкий збір, обробку та аналіз великих обсягів даних, що мінімізує вплив людського фактора. Крім того, автоматизація дозволяє раціонально використовувати виробничі потужності, знижуючи витрати на сировину та енергію відповідно до реального обсягу попиту.

Запропонована система інтегрується з іншими управлінськими інструментами, що створює єдине інформаційне середовище для управління виробництвом, логістикою та збутом. Використання сучасних технологій, зокрема аналізу великих даних та прогнозової аналітики, надає підприємству можливість адаптуватися до ринкових змін та працювати на випередження, забезпечуючи гнучке реагування на динаміку споживчого попиту.

Застосування автоматизованої системи управління логістикою та запасами дозволяє досягти підвищення рівня обслуговування клієнтів завдяки своєчасному забезпеченню продукцією у потрібній кількості. Це також сприяє скороченню операційних витрат та підвищенню ефективності використання

ресурсів і виробничих потужностей. У результаті підприємство покращує свою конкурентоспроможність, оптимізує роботу основних процесів і створює міцну основу для сталого розвитку в умовах мінливого ринку.

Таким чином, автоматизація управління логістикою та запасами на основі прогнозування попиту є стратегічно важливим рішенням, що дозволяє підприємству працювати більш ефективно, зменшувати витрати та адаптуватися до сучасних викликів ринкової економіки.

					ХНТУ 174 КРМ 24.001 ПЗ	Арк.
						84
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Афанасенко І.Д. Економічна логістика / І.Д. Афанасенко., 2013.
2. Неруш Ю.М. Практикум / Ю.М. Неруш.- М.: Юрайт, 2014.221 с.
3. Ніколайчук В. Є. Транспортно-складська логістика / В.Є. Ніколайчук. В.Є. Ніколайчук.- М.: Дашков і К°, 2012.
4. Тяпухін А.П. Логістика / А.П. Тяпухін.- М.: Юрайт, 2012.
5. Григор'єв М.М. Логістика. Базовий курс / М.М. Григор'єв. М. : Юрайт, 2011.
6. Каніс О.О. Основи логістики / О.О. Каніс, - М.: КНОРУС, 2010.
7. Федоров Л.С. Загальний курс логістики / Л.С. Федоров.- М. : КНОРУС, 2010.
8. Гаджинський А.М. Практикум з логістики / А. М. Гаджинский, М.: Дашков і К°, 2009.
9. Гаджинський А.М. Логістика / А.М. Гаджинський, - М.: ІВЦ «Маркетинг», 2008.
10. Логістика: навчальний посібник / під ред. Б. А. Анікіна. - М. : ІНФРАМ, 2008.
11. Алькема В.Г. Логістика. Теорія та практика. Навчальний посібник. / В.Г.Алькема, О.М.Сумець. – К.: «Видавничий дім «Професіонал», 2008. – 272 с.
12. Бауэрсокс Д.Д., Клосс Д.Д.
13. Гриненко С.П. Логістика як інструмент розвитку підприємництва у цукробуряковому підкомплексі // Економіка АПК. 2004. - № 7. – С. 140-144.
14. Гриненко С.П. Логістичний напрям розвитку інтеграційних формувань у агробізнесі // Економіка АПК. – 2002. - № 9. – С.132-137.
15. Кальченко А.Г. Основи логістики.- Київ: "Знання", 1999.-135с.
16. Кальченко А.Г., Кривещенко В.В. Логістика : Навч. посіб. - 2-ге вид. - Київ : КНЕУ, 2008. - 472 с.

17. Кислий В. М., Біловодська О. А., Олефіренко О. М., Смоляник О. М. Логістика: Теорія та практика : навч. посіб. - К. : ЦУЛ, 2010. - 360 с.
18. Колодізева Т. О., Руденко Г. Р. Інноваційні технології в логістиці: навчальний посібник. Харків: Вид. ХНЕУ, 2013. 268 с.
19. Колодійчук В., Попівняк Р. Еволюція управління логістичною діяльністю. Підприємництво та інновації. 2017. Випуск 3. С. 25–30.
20. Комарницький І. М., Питуляк Н. С. Структуризація складських приміщень як фактор організації логістики на підприємствах. Економічний вісник Національного гірничого університету. 2008. № 4. С. 92–97. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/evngu_2008_4_16.
21. Комеліна О. В., Гаманко Р. С. Логістичне управління збутовою діяльністю підприємства: концептуальний підхід. Економіка і суспільство. 2017. Випуск 13. С. 518–524. URL: <http://www.economyandsociety.in.ua/journal13/20-stati-13/1494-komelina-o-v-gamanko-r-s>.
23. Кондратенко Н. О., Новікова М. М. Побудова логістичної стратегії підприємств. Науковий вісник Чернівецького університету. Економіка. 2014. Випуск 717. С. 78–81. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvchu_ec_2014_717_18.
25. Корнієцький О. В. Логістична система розподілу продукції в умовах транспортно-логістичного комплексу. Економічний аналіз. 2014. Т. 17 (3). С. 35–41. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecan_2014_17\(3\)_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecan_2014_17(3)_8).
26. Криворучко О. М. Поняття «логістичний сервіс» і «логістичне обслуговування». Економіка транспортного комплексу. 2019. Вип. 33. С. 31–44. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ektk_2019_33_4.
27. Кривов'язюк І. В., Смерічевський С. Ф., Кулик Ю. М. Ризикменеджмент логістичної системи машинобудівних підприємств: монографія. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2018. 200 с.

28. Крикавський Є. В., Чернописька Н. В. Логістичні системи : навч. посіб. Львів: Вид. Національного університету «Львівська політехніка», 2009. 264 с.

29. Круш П. В., Мегедь Ю. В. Особливості організації складської логістики. Глобальні та національні проблеми економіки. 2018. Випуск 22. С. 423–425. URL: <http://global-national.in.ua/issue-22-2018/30-vipusk-22-kviten2018>.

30. Костюк О. С., Мулярчик М. Б., Крикавська І. В. Застосування інновацій в логістичній діяльності. Наукові записки Львівського університету бізнесу та права. 2012. Вип. 8. С. 71–74. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nzlubp_2012_8_20.

31. Кучмеев О. О. Особливості управління матеріальними потоками в логістичних системах торговельних підприємств. Причорноморські економічні студії. 2018. Вип. 30(1). С. 99–103. URL: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/bses201823>

32. Логістика постачання, виробництва і дистрибуції: навч. посібник / М. Ю. Григорак, О. В. Карпунь, О. К. Катерна, К. М. Молчанова. Київ: НАУ, 2017. 364 с.

ДОДАТОК А

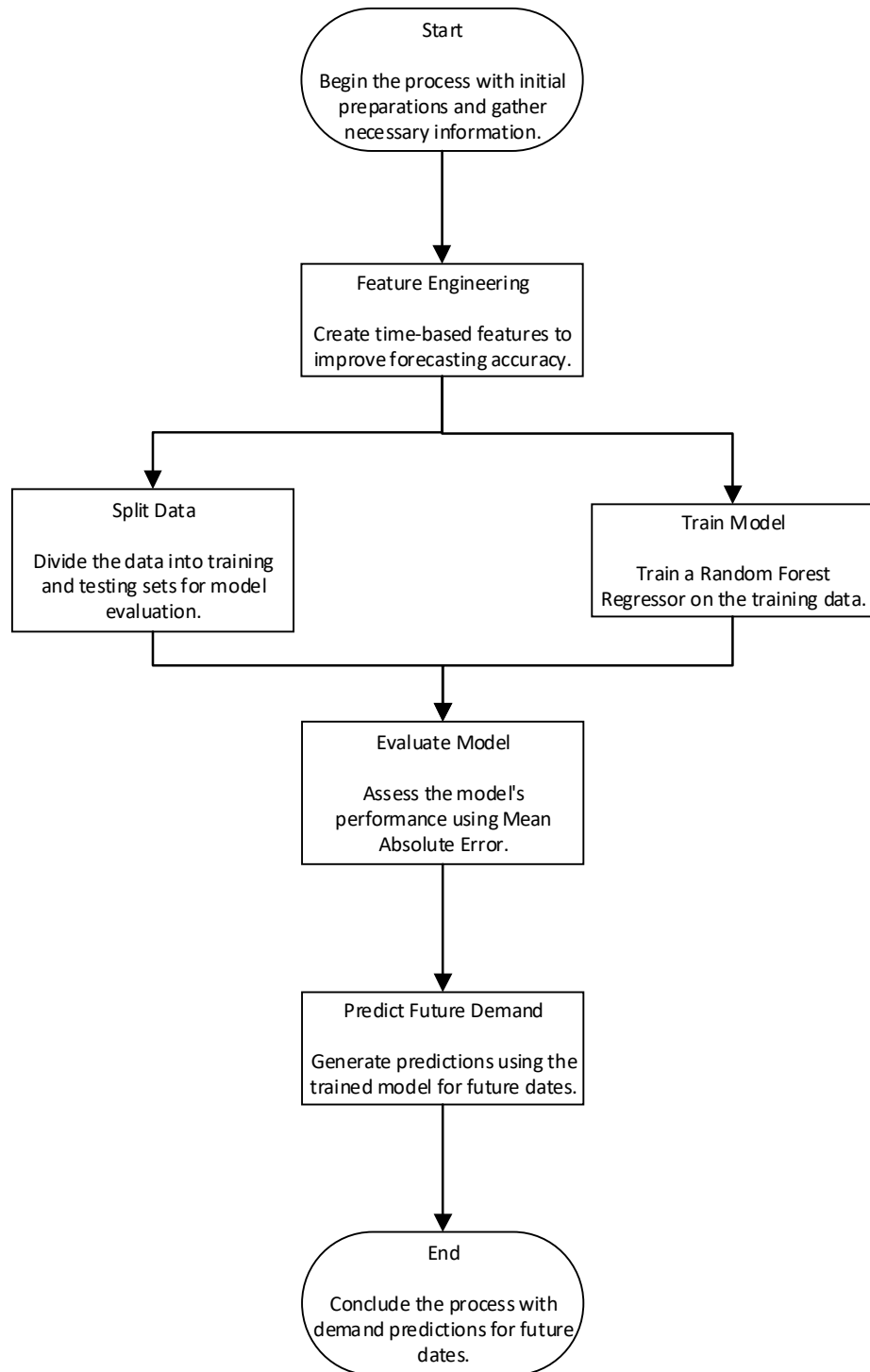


Рис А.1 – Блок схема для коду автоматизованої системи прогнозування попиту для підприємства

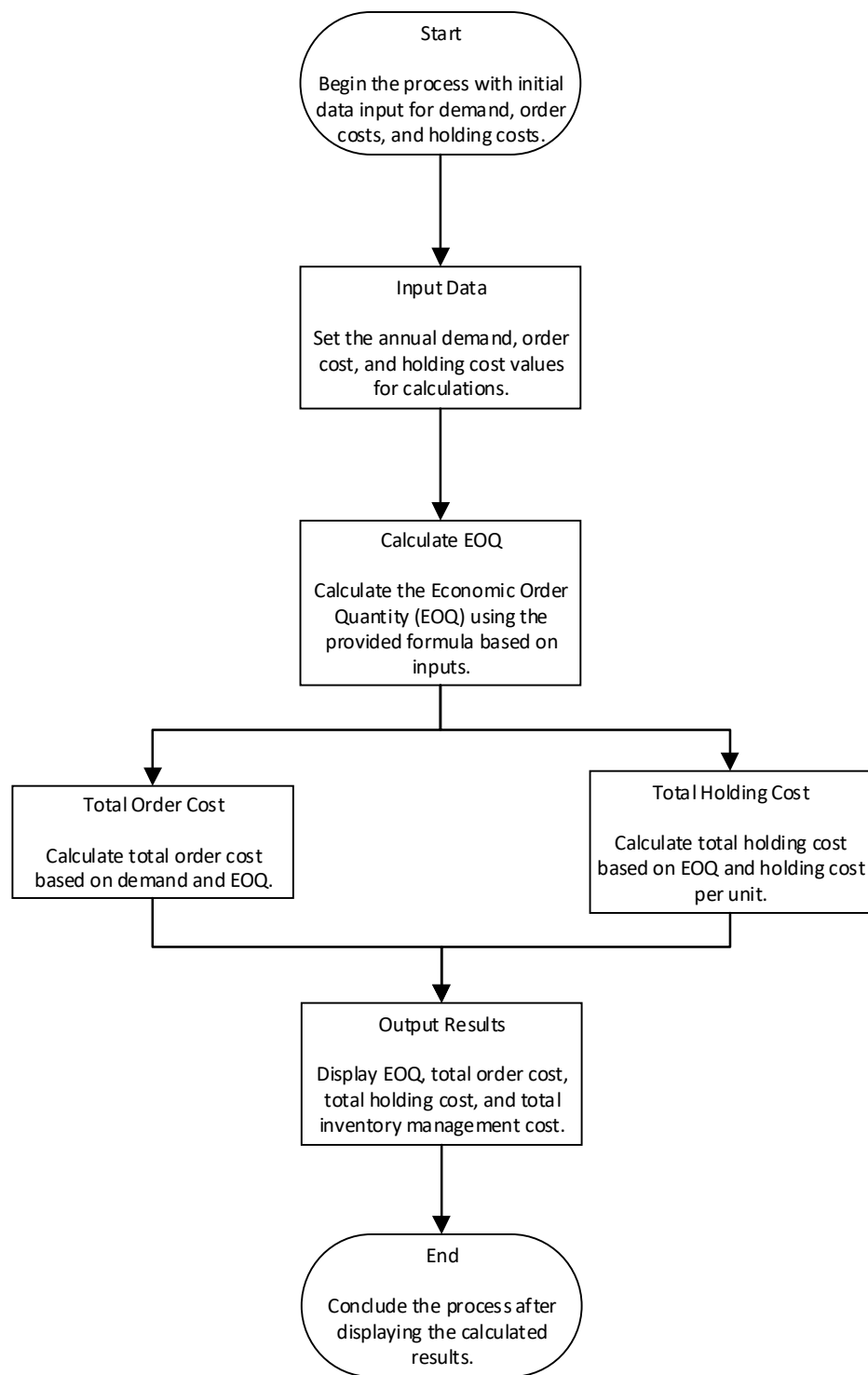


Рис А.2 – Блок схема для коду автоматизованої системи планування запасів

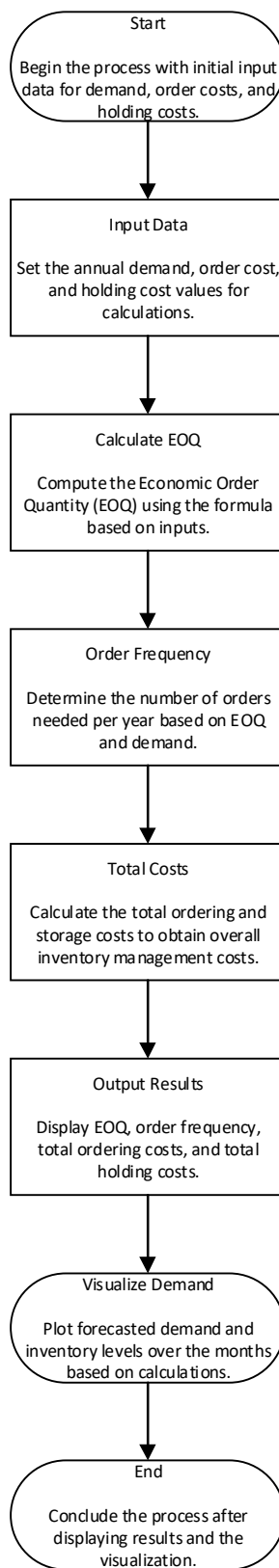


Рис А.3 – Блок схема для коду системи управління запасами

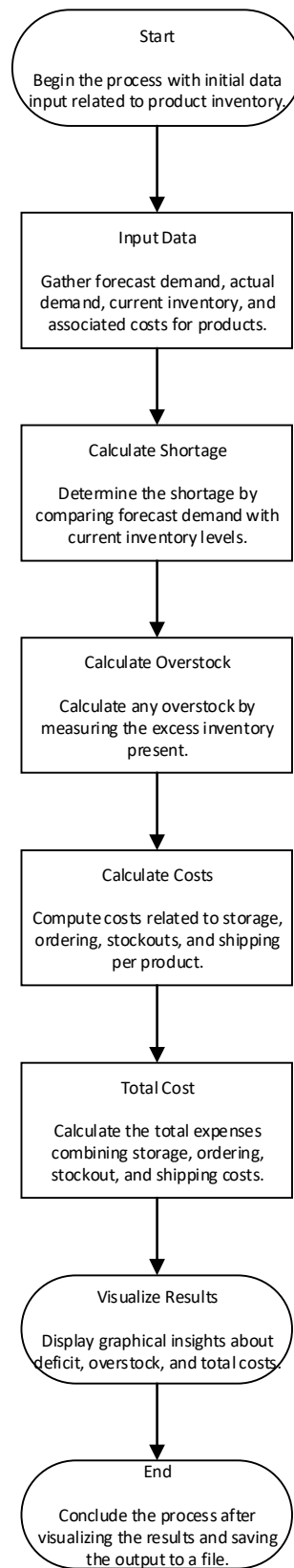


Рис А.4 – Блок схема для системи управління аналітики та звітності

ДОДАТОК Б

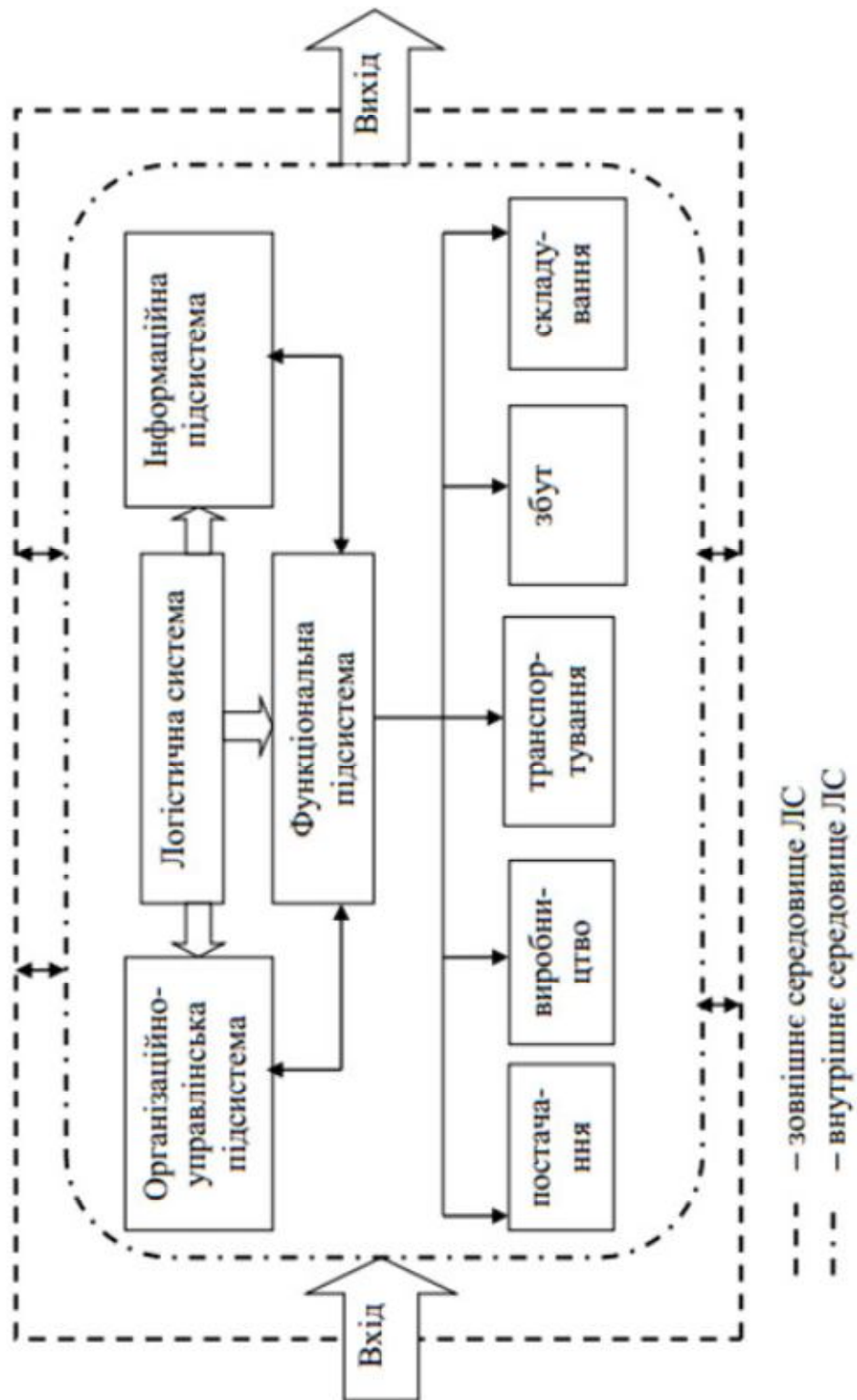


Рис Б.1 – Блок схема для системи управління аналітики та звітності

ДОДАТОК В

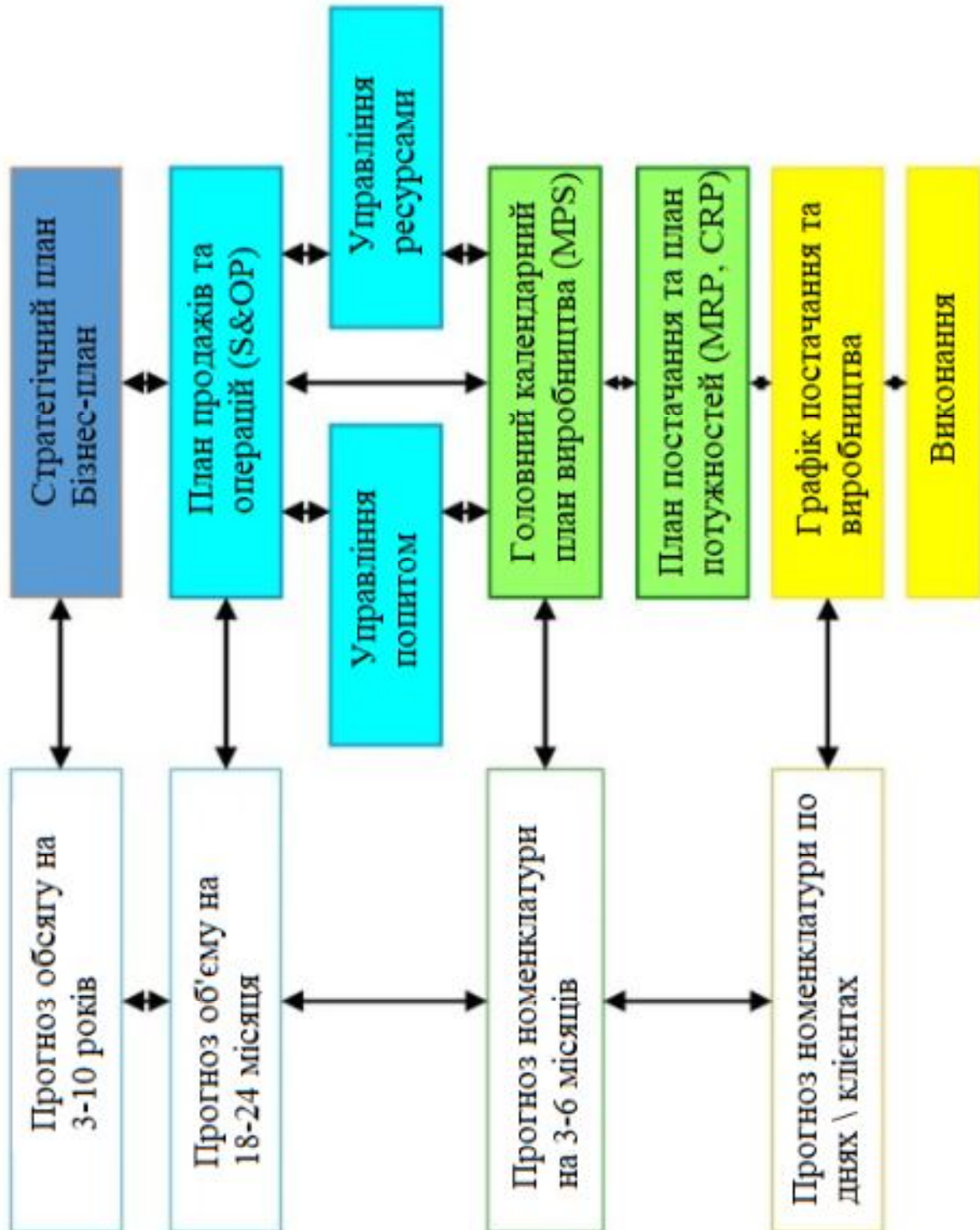


Рис В.1 – Рівні прогнозування попиту

ДОДАТОК Г

ПРОГРАММА ДЛЯ МОДУЛЮ ЗБОРУ ТА ОБРОБКИ ДАНИХ

```
import pandas as pd
import sqlalchemy
from sqlalchemy import create_engine
import requests
import json
from kafka import KafkaConsumer

# Налаштування бази даних
DATABASE_URI = "postgresql://user:password@localhost/logistics_db"
engine = create_engine(DATABASE_URI)

def fetch_supplier_data(api_url):
    """Отримання даних від постачальників через API"""
    try:
        response = requests.get(api_url)
        response.raise_for_status()
        data = response.json()
        print("Дані від постачальника успішно отримано.")
        return pd.DataFrame(data)
    except requests.RequestException as e:
        print(f"Помилка під час отримання даних від постачальника: {e}")
        return pd.DataFrame()

def fetch_warehouse_data():
    """Отримання даних зі складів із локальної бази даних"""
    try:
```

```

query = "SELECT * FROM warehouse_inventory"
data = pd.read_sql(query, engine)
print("Дані зі складу успішно отримано.")
return data

except sqlalchemy.exc.DatabaseError as e:
    print(f"Помилка під час отримання даних зі складу: {e}")
    return pd.DataFrame()

def fetch_production_line_data(kafka_topic, kafka_server):
    """Отримання даних з виробничих ліній через Kafka"""
    try:
        consumer = KafkaConsumer(
            kafka_topic,
            bootstrap_servers=[kafka_server],
            auto_offset_reset='earliest',
            value_deserializer=lambda x: json.loads(x.decode('utf-8'))
        )
        data = [message.value for message in consumer]
        print("Дані з виробничої лінії успішно отримано.")
        return pd.DataFrame(data)
    except Exception as e:
        print(f"Помилка під час отримання даних з виробничої лінії: {e}")
        return pd.DataFrame()

def fetch_sales_data(file_path):
    """Отримання даних про продажі з файлу"""
    try:
        data = pd.read_csv(file_path)
        print("Дані про продажі успішно отримано.")
        return data

```

```

except FileNotFoundError as e:

    print(f"Помилка під час читання файлу продажів: {e}")

    return pd.DataFrame()

def process_and_store_data():

    """Обробка даних і збереження у центральній базі"""

    # Збір даних

    supplier_data = fetch_supplier_data("https://api.supplier.com/data")

    warehouse_data = fetch_warehouse_data()

    production_data = fetch_production_line_data("production_topic",
"localhost:9092")

    sales_data = fetch_sales_data("sales_data.csv")

    # Обробка даних (наприклад, перевірка на пропущені значення)

    if not supplier_data.empty:

        supplier_data.fillna("N/A", inplace=True)

    if not warehouse_data.empty:

        warehouse_data.drop_duplicates(inplace=True)

    if not production_data.empty:

        production_data.fillna(method="ffill", inplace=True)

    if not sales_data.empty:

        sales_data['total_sales'] = sales_data['quantity'] * sales_data['price']

    # Збереження даних у базу

    if not supplier_data.empty:

        supplier_data.to_sql('supplier_data', engine, if_exists='replace', index=False)

    if not warehouse_data.empty:

        warehouse_data.to_sql('warehouse_data', engine, if_exists='replace',
index=False)

    if not production_data.empty:

```

```

        production_data.to_sql('production_data', engine, if_exists='replace',
index=False)

    if not sales_data.empty:
        sales_data.to_sql('sales_data', engine, if_exists='replace', index=False)

    print("Дані успішно оброблено та збережено.")

# Основний цикл для автоматичного оновлення даних
if __name__ == "__main__":
    import schedule
    import time

    # Планування регулярного оновлення даних
    schedule.every(1).hour.do(process_and_store_data)

    print("Модуль збору та обробки даних запущено.")
    while True:
        schedule.run_pending()
        time.sleep(1)

```

ПРОГРАММНИЙ КОД МОДУЛЮ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ

```

import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from statsmodels.tsa.holtwinters import ExponentialSmoothing

# Приклад даних (місячний попит)
data = {
    'month': ['2023-01', '2023-02', '2023-03', '2023-04', '2023-05', '2023-06',

```

```

        '2023-07', '2023-08', '2023-09', '2023-10', '2023-11', '2023-12'],
        'demand': [200, 220, 215, 210, 240, 250, 265, 275, 300, 310, 330, 350]
    }

# Створення DataFrame
df = pd.DataFrame(data)
df['month'] = pd.to_datetime(df['month'], format='%Y-%m')

# Побудова моделі експоненціального згладжування
model = ExponentialSmoothing(df['demand'], trend='add', seasonal='add',
seasonal_periods=12)
fit_model = model.fit()

# Прогнозування попиту на наступні 6 місяців
forecast = fit_model.forecast(steps=6)

# Виведення прогнозу
forecast_dates = pd.date_range(df['month'].iloc[-1], periods=7, freq='M')[1:]
forecast_df = pd.DataFrame({
    'month': forecast_dates,
    'forecast_demand': forecast
})

# Візуалізація результатів
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(df['month'], df['demand'], label='Actual Demand', marker='o')
plt.plot(forecast_df['month'], forecast_df['forecast_demand'], label='Forecast
Demand', marker='o', linestyle='--')

plt.title('Прогнозування попиту на основі експоненціального згладжування')
plt.xlabel('Місяць')

```

```
plt.ylabel('Попит')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()

# Виведення результату
print(forecast_df)
```

ПРОГРАММНИЙ КОД МОДУЛЮ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ

```
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

# Вхідні дані
D = 5000 # річний попит (передбачений прогноз попиту на рік)
S = 100 # витрати на оформлення одного замовлення
H = 5 # витрати на зберігання одиниці товару за рік

# Розрахунок економічного розміру замовлення (EOQ)
EOQ = np.sqrt((2 * D * S) / H)

# Визначення кількості замовлень на рік
order_frequency = D / EOQ

# Визначення загальних витрат на замовлення та зберігання
total_ordering_cost = (D / EOQ) * S
total_storage_cost = (EOQ / 2) * H
total_cost = total_ordering_cost + total_storage_cost
```

```

# Виведення результатів
print(f"Економічний розмір замовлення (EOQ): {EOQ:.2f} одиниць")
print(f"Кількість замовлень на рік: {order_frequency:.2f}")
print(f"Загальні витрати на замовлення: {total_ordering_cost:.2f}")
print(f"Загальні витрати на зберігання: {total_storage_cost:.2f}")
print(f"Загальні витрати на управління запасами: {total_cost:.2f}")

# Візуалізація
months = np.arange(1, 13)
forecast_demand = np.array([200, 220, 215, 210, 240, 250, 265, 275, 300, 310, 330,
350]) # приклад прогнозу попиту

# Прогнозовані запаси для кожного місяця
cumulative_demand = np.cumsum(forecast_demand)
initial_inventory = 1000 # початковий запас
inventory_levels = initial_inventory - cumulative_demand

plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(months, forecast_demand, label='Прогнозований попит', marker='o')
plt.plot(months, inventory_levels, label='Рівень запасів', marker='x')
plt.title('Прогноз попиту та рівні запасів протягом року')
plt.xlabel('Місяць')
plt.ylabel('Кількість одиниць')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()

```

ПРОГРАММНИЙ КОД МОДУЛЮ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИКОЮ

```
import numpy as np
from scipy.optimize import linprog
import matplotlib.pyplot as plt

# 1. Прогноз попиту
# Попит на товар у 3 точках призначення (наприклад, магазини)
demand = np.array([500, 400, 600]) # кількість одиниць товару для кожного
пункту призначення

# 2. Пропозиція товару зі складів (наприклад, склади)
supply = np.array([600, 500, 400]) # кількість одиниць товару, доступного на
кожному складі

# 3. Витрати на доставку з кожного складу до кожного пункту призначення
# Матриця витрат: rows — склади, columns — пункти призначення
costs = np.array([
    [2, 4, 5], # Витрати на доставку з першого складу до кожного пункту
    [3, 1, 4], # Витрати на доставку з другого складу до кожного пункту
    [5, 2, 3]  # Витрати на доставку з третього складу до кожного пункту
])

# 4. Формулювання задачі лінійного програмування для мінімізації витрат на
транспортування
# Мета — мінімізувати загальні витрати на доставку
```

Змінні: $x[i,j]$ — кількість товару, яку ми доставляємо з складу i до пункту призначення j

Мінімізуємо: $x[0,0]*costs[0,0] + x[0,1]*costs[0,1] + x[0,2]*costs[0,2] + \dots$

Обмеження: сума товару, що виходить зі складу, не перевищує наявного запасу на складі.

Сукупний попит на кожному пункті не повинен перевищувати прогнозованого попиту.

5. Побудова лінійного програмування для вирішення задачі мінімізації витрат

Можемо сформулювати задачу як лінійне програмування:

$c = costs.flatten()$ # Мета-функція: витрати на транспортування

$A_eq = []$ # Обмеження по поставкам (сума товару з кожного складу не повинна перевищувати наявний запас)

$b_eq = supply$ # Наявний запас товару на складах

Обмеження по попиту (сума товару, який йде до кожного пункту призначення, повинна дорівнювати попиту)

$A_ub = np.zeros((3, 9))$ # 3 пункти призначення (по кожному пункту створюємо обмеження)

$b_ub = demand$ # Попит на кожному пункті призначення

for i in range(3):

$A_ub[i, i::3] = 1$ # кожне обмеження по попиту

Рішення задачі лінійного програмування

$result = linprog(c, A_eq=A_eq, b_eq=b_eq, A_ub=A_ub, b_ub=b_ub, bounds=[(0, None)]*9, method='highs')$

```

# Виведення результатів
if result.success:
    print("Оптимальний розподіл товару між складами і пунктами
призначення:")
    optimal_shipment = result.x.reshape(3, 3) # Перетворення результату в
матрицю (склади x пункти призначення)
    print(optimal_shipment)

    total_cost = result.fun # Загальні витрати на транспортування
    print(f"Загальні витрати на транспортування: {total_cost:.2f}")

# Візуалізація
plt.figure(figsize=(8, 5))
plt.imshow(optimal_shipment, cmap='Blues', interpolation='nearest')
plt.colorbar(label='Кількість одиниць товару')
plt.title('Оптимальний розподіл товару між складами і пунктами
призначення')
plt.xlabel('Пункти призначення')
plt.ylabel('Склади')
plt.xticks(np.arange(3), ['Магазин 1', 'Магазин 2', 'Магазин 3'])
plt.yticks(np.arange(3), ['Склад 1', 'Склад 2', 'Склад 3'])
plt.show()
else:
    print("Рішення задачі не знайдено.")

```

ПРОГРАММНИЙ КОД МОДУЛЮ ІНТЕГРАЦІЇ З ПОСТАЧАЛЬНИКАМИ

```

import requests
import json

```

					ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		103

Прогноз попиту на товар

```
forecast_demand = {  
    "Product_A": 1000,  
    "Product_B": 800,  
    "Product_C": 1500  
}
```

Наявні запаси на складі

```
current_inventory = {  
    "Product_A": 300,  
    "Product_B": 500,  
    "Product_C": 200  
}
```

API постачальників для перевірки наявності товару та формування замовлення

```
supplier_api_url = "https://api.supplier.com/check_availability"
```

Функція для перевірки наявності товару у постачальника

```
def check_availability(product, quantity_needed):  
    params = {"product": product, "quantity": quantity_needed}  
    response = requests.get(supplier_api_url, params=params)  
  
    if response.status_code == 200:  
        data = response.json()  
        if data['available_quantity'] >= quantity_needed:  
            return True, data['available_quantity']  
        else:  
            return False, data['available_quantity']
```

					ПЗ	Арк.
						104
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

```

else:
    print(f'Error checking availability for {product}. Status code:
{response.status_code}')
    return False, 0

# Функція для автоматичного створення замовлення постачальнику
def create_order(product, quantity_needed):
    order_data = {
        "product": product,
        "quantity": quantity_needed
    }
    # Замовлення через API
    order_response = requests.post("https://api.supplier.com/create_order",
json=order_data)
    if order_response.status_code == 201:
        print(f'Order for {quantity_needed} units of {product} has been placed
successfully.")
    else:
        print(f'Error placing order for {product}. Status code:
{order_response.status_code}')

# Перевірка наявності товару та автоматичне замовлення
def manage_inventory():
    for product, demand in forecast_demand.items():
        current_stock = current_inventory.get(product, 0)
        if current_stock < demand:
            quantity_needed = demand - current_stock
            print(f'Product {product} needs {quantity_needed} more units.")

# Перевірка наявності у постачальника

```

```

        available, available_quantity = check_availability(product, quantity_needed)
    if available:
        print(f'Supplier has enough stock. Available quantity:
{available_quantity}')
    else:
        print(f'Supplier has {available_quantity} units. Creating order for the
missing quantity.')
        create_order(product, quantity_needed)
    else:
        print(f'Product {product} is sufficiently stocked.')

# Запуск модуля управління запасами і взаємодії з постачальниками
manage_inventory()

```

ПРОГРАММНИЙ КОД АНАЛІТИКИ ТА ЗВІТНОСТІ

```

import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Приклад даних
data = {
    'product': ['Product_A', 'Product_B', 'Product_C'],
    'forecast_demand': [1000, 800, 1500],
    'actual_demand': [950, 850, 1400],
    'current_inventory': [300, 500, 200],
    'storage_cost_per_unit': [5, 5, 5], # Вартість зберігання одиниці товару
    'order_cost_per_unit': [10, 10, 10], # Вартість обробки одного замовлення
    'stockout_cost_per_unit': [50, 50, 50], # Вартість втрат через дефіцит
    'shipping_cost_per_unit': [3, 3, 3], # Вартість транспортування

```

```

    }

    # Створення DataFrame для зручності аналізу
    df = pd.DataFrame(data)

    # Розрахунки
    df['shortage'] = np.maximum(df['forecast_demand'] - df['current_inventory'], 0) #
Дефіцит
    df['overstock'] = np.maximum(df['current_inventory'] - df['forecast_demand'], 0) #
Надлишок
    df['storage_cost'] = df['current_inventory'] * df['storage_cost_per_unit'] # Витрати
на зберігання
    df['order_cost'] = df['shortage'] * df['order_cost_per_unit'] # Витрати на
замовлення
    df['stockout_cost'] = df['shortage'] * df['stockout_cost_per_unit'] # Витрати через
дефіцит запасів
    df['shipping_cost'] = df['forecast_demand'] * df['shipping_cost_per_unit'] #
Витрати на транспортування

    # Загальні витрати
    df['total_cost'] = df['storage_cost'] + df['order_cost'] + df['stockout_cost'] +
df['shipping_cost']

    # Аналіз результатів
    print(df[['product', 'shortage', 'overstock', 'storage_cost', 'order_cost', 'stockout_cost',
'shipping_cost', 'total_cost']])

    # Візуалізація даних
    fig, ax = plt.subplots(2, 2, figsize=(12, 10))

```

```

# Графік дефіциту та надлишку запасів
df[['product', 'shortage', 'overstock']].set_index('product').plot(kind='bar',
stacked=True, ax=ax[0, 0])
ax[0, 0].set_title('Deficit and Overstock of Products')
ax[0, 0].set_ylabel('Units')

# Графік витрат на зберігання
df[['product', 'storage_cost']].set_index('product').plot(kind='bar', color='lightblue',
ax=ax[0, 1])
ax[0, 1].set_title('Storage Costs per Product')
ax[0, 1].set_ylabel('Cost')

# Графік витрат на транспортування
df[['product', 'shipping_cost']].set_index('product').plot(kind='bar',
color='lightgreen', ax=ax[1, 0])
ax[1, 0].set_title('Shipping Costs per Product')
ax[1, 0].set_ylabel('Cost')

# Графік загальних витрат
df[['product', 'total_cost']].set_index('product').plot(kind='bar', color='orange',
ax=ax[1, 1])
ax[1, 1].set_title('Total Costs per Product')
ax[1, 1].set_ylabel('Cost')

plt.tight_layout()
plt.show()

# Збереження результатів у файл
df.to_csv('inventory_management_report.csv', index=False)

```

ПРОГРАММНИЙ КОД МОДУЛЬ БЕЗПЕКИ

```
import hashlib

from cryptography.fernet import Fernet

from flask import Flask, request, redirect, url_for, session

from flask_login import LoginManager, UserMixin, login_user, login_required,
logout_user, current_user


# Ініціалізація Flask додатку
app = Flask(__name__)
app.secret_key = 'supersecretkey' # Для сесій


# Ініціалізація Flask-Login
login_manager = LoginManager()
login_manager.init_app(app)


# Створення користувачів для тесту
users = {
    'admin': {'password': 'adminpassword', 'role': 'admin'},
    'user1': {'password': 'userpassword', 'role': 'user'}
}


# Ініціалізація шифрування
key = Fernet.generate_key()
cipher_suite = Fernet(key)


# Клас користувача
class User(UserMixin):

    def __init__(self, id, role):
```

```

        self.id = id

        self.role = role

# Логіка для пошуку користувача
@login_manager.user_loader
def load_user(user_id):
    if user_id in users:
        return User(user_id, users[user_id]['role'])
    return None

# Хешування паролів
def hash_password(password):
    return hashlib.sha256(password.encode()).hexdigest()

# Створення користувача з хешованим паролем
def create_user(username, password, role):
    hashed_password = hash_password(password)
    users[username] = {'password': hashed_password, 'role': role}

# Функція для аутентифікації
def authenticate(username, password):
    if username in users:
        hashed_password = hash_password(password)
        if users[username]['password'] == hashed_password:
            return True
    return False

# Функція для перевірки прав доступу
def check_access(role):
    if current_user.role != role:

```

```

        return redirect(url_for('unauthorized'))

    return None

# Стартова сторінка
@app.route('/')
def home():
    return 'Welcome to the Logistics System'

# Сторінка входу
@app.route('/login', methods=['GET', 'POST'])
def login():
    if request.method == 'POST':
        username = request.form['username']
        password = request.form['password']
        if authenticate(username, password):
            user = User(username, users[username]['role'])
            login_user(user)
            return redirect(url_for('dashboard'))
        else:
            return 'Invalid credentials'
    return '''
    <form method="post">
        Username: <input type="text" name="username"><br>
        Password: <input type="password" name="password"><br>
        <input type="submit" value="Login">
    </form>
    '''

# Сторінка при вході
@app.route('/dashboard')

```

```

@login_required
def dashboard():
    return f'Hello, {current_user.id}. Your role is {current_user.role}.'

# Сторінка для користувачів, які не мають доступу
@app.route('/unauthorized')
def unauthorized():
    return 'You do not have the necessary permissions.'

# Вихід
@app.route('/logout')
@login_required
def logout():
    logout_user()
    return redirect(url_for('home'))

# Запуск додатку
if __name__ == '__main__':
    app.run(debug=True)

```

ПРОГРАММНИЙ КОД ІНТЕГРАЦІЇ З ERP-СИСТЕМАМИ

```

import requests
import json

# Конфігурація API ERP-системи
erp_url = "https://your-erp-system.com/api/v1"
api_key = "your_api_key_here" # Ключ доступу для ERP-системи

# Функція для отримання інформації про запаси з ERP-системи

```

```

def get_inventory_data():
    headers = {
        "Authorization": f"Bearer {api_key}",
        "Content-Type": "application/json"
    }

    # URL для отримання даних про запаси
    inventory_url = f"{erp_url}/inventory"

    # Відправка GET-запиту до ERP-системи
    response = requests.get(inventory_url, headers=headers)

    if response.status_code == 200:
        inventory_data = response.json()
        print("Дані про запаси:")
        print(json.dumps(inventory_data, indent=4)) # Виведення отриманих даних
        return inventory_data
    else:
        print(f"Помилка при отриманні даних: {response.status_code}")
        return None

# Функція для оновлення даних про запаси в ERP-системі
def update_inventory_data(product_id, new_quantity):
    headers = {
        "Authorization": f"Bearer {api_key}",
        "Content-Type": "application/json"
    }

    # Підготовка даних для оновлення
    data = {

```

```

        "product_id": product_id,
        "quantity": new_quantity
    }

    # URL для оновлення даних про запаси
    update_url = f'{erp_url}/inventory/{product_id}'

    # Відправка PUT-запиту для оновлення даних про запаси
    response = requests.put(update_url, headers=headers, json=data)

    if response.status_code == 200:
        print(f"Запаси для товару {product_id} успішно оновлені.")
    else:
        print(f"Помилка при оновленні даних: {response.status_code}")

# Функція для створення нового замовлення в ERP-системі
def create_order(customer_id, product_id, quantity, delivery_date):
    headers = {
        "Authorization": f"Bearer {api_key}",
        "Content-Type": "application/json"
    }

    # Підготовка даних для нового замовлення
    order_data = {
        "customer_id": customer_id,
        "product_id": product_id,
        "quantity": quantity,
        "delivery_date": delivery_date
    }

```

```

# URL для створення замовлення
order_url = f"{erp_url}/orders"

# Відправка POST-запиту для створення нового замовлення
response = requests.post(order_url, headers=headers, json=order_data)

if response.status_code == 201:
    order_info = response.json()
    print(f"Замовлення успішно створене. Деталі замовлення: {json.dumps(order_info, indent=4)}")
else:
    print(f"Помилка при створенні замовлення: {response.status_code}")

# Основна логіка
def main():
    # Отримання даних про запаси з ERP-системи
    inventory = get_inventory_data()

    if inventory:
        # Оновлення запасів для конкретного товару (приклад)
        product_id = 101 # ID товару
        new_quantity = 50 # Нова кількість
        update_inventory_data(product_id, new_quantity)

        # Створення нового замовлення
        customer_id = 202 # ID клієнта
        order_product_id = 101 # ID товару
        order_quantity = 10 # Кількість замовленого товару
        delivery_date = "2024-12-25" # Дата доставки
        create_order(customer_id, order_product_id, order_quantity, delivery_date)

```

					ПЗ	Арк.
						115
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

```
if __name__ == "__main__":  
    main()
```