

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет менеджменту та маркетингу

Кафедра економічної кібернетики

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО

Завідувач кафедри

_____ Катерина БОЯРИНОВА

«_____» червня 2024 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

**на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо–професійною програмою
«Економічна кібернетика»
спеціальності 051 «Економіка»**

**на тему: «Економіко-математичне моделювання рівня запасів підприємства
в умовах кризи»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи УК–01

Шкурко Вероніка Миколаївна

Керівник:

доцент кафедри економічної кібернетики, к.ф.-м.н.

Черноусова Жанна Трохимівна

Рецензент:

професор кафедри міжнародної економіки, д.т.н., професор

Гавриш Олег Анатолійович

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студентка

Київ – 2024

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Факультет менеджменту та маркетингу

Кафедра економічної кібернетики

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 051 «Економіка»

Освітньо– професійна програма «Економічна кібернетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ Катерина БОЯРИНОВА

«6» лютого 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ**

Шкурко Вероніці Миколаївні

1. Тема роботи: «Економіко-математичне моделювання рівня запасів підприємства в умовах кризи»

керівник роботи **Черноусова Жанна Трохимівна**, к.ф.-м.н.

затверджені наказом по університету від 30.05.2024 р. № 2222–с

2. Термін подання студентом роботи: 05.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: наукова та навчально-методична література, інформація про підприємство ПрАТ «Вентиляційні системи», фінансова звітність (форма № 1 «Баланс», форма №2 «Звіт про фінансові результати» за 2021-2023 рр.); звіти про продаж продукції за 2020-2023 рр., дані про формування ціни на продукцію на підприємстві.

4. Зміст пояснювальної записки

а) теоретична частина:

- розкрити сутність поняття «запаси», їх облік та класифікацію, функції у діяльності підприємства та процес керування запасами;
- розглянути основні системи керування рівнями запасів та модель EOQ;
- визначити ризики при оптимізації рівня запасів в умовах кризи та важливість резерву на підприємстві;

б) аналітична частина:

- провести аналіз стану та основних фінансово-економічних показників керування рівнями запасів на підприємстві ПрАТ «Вентиляційні системи»;
- побудувати економіко-математичну модель рівня запасів на підприємстві під час кризи;
- здійснити економіко-математичне моделювання рівнів запасу підприємства в кризових умовах;

в) рекомендаційна частина:

- проаналізувати отримані результати моделювання;
- сформулювати рекомендації для ефективного керування рівнями запасів під час кризи.

5. Перелік ілюстративного матеріалу

1. Графіки основних систем керування запасами підприємства;
2. Динаміка змін активів, пасивів та запасів ПрАТ «Вентиляційні системи» за 2021 – 2023 рр;
3. Динаміка змін основних економічних показників ПрАТ «Вентиляційні системи» за 2021 – 2023 рр;
4. Динаміка змін показників керування запасами ПрАТ «Вентиляційні системи» за 2021 – 2023 рр;
5. Графіки попиту та згладженого попиту на готову продукцію АЛТ 050/50 за 2020-2023 рр;
6. Автокореляційна функція згладженого попиту на готову продукцію АЛТ 050/50;
7. Гістограма розподілу залишків прогнозу попиту на готову продукцію;
8. Економічні результати роботи моделі при різних сценаріях.

6. Дата видачі завдання: «06» лютого 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Збір необхідної інформації теоретичного, методичного та практичного змісту, вивчення та аналіз літературних джерел щодо моделювання рівнів запасів на підприємстві	07.02.2024 – 19.02.2024	
2.	Розгляд теоретико-методичних засад дослідження оптимізації рівня запасів на підприємстві	20.02.2024 – 18.03.2024	
3.	Вибір підприємства для дослідження та постановка економічної задачі	19.03.2024 – 25.03.2024	
4.	Аналіз балансу підприємства та його основних показників керування запасами	26.03.2024 – 03.04.2024	
5.	Побудова економіко-математичної моделі, методики розрахунків, вибір програмного забезпечення для моделювання рівнів запасу на підприємстві в умовах кризи	04.04.2024 – 22.04.2024	
6.	Економіко-математичне моделювання рівня запасів підприємства в умовах кризи	23.04.2024 – 30.04.2024	
7.	Економічна аналітика результатів моделювання та оцінка ефективності моделі	01.05.2024 – 12.05.2024	
8.	Розроблення рекомендацій з удосконалення керування рівнями запасів в умовах кризи	13.05.2024 – 24.05.2024	
9.	Оформлення дипломної роботи першого (бакалаврського) рівня вищої освіти	25.05.2024 – 01.06.2024	

Студентка

_____ Вероніка ШКУРКО

(підпис)

Керівник дипломної роботи

_____ Жанна ЧЕРНОУСОВА

(підпис)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота першого (бакалаврського) рівня вищої освіти на тему: **«Економіко-математичне моделювання рівня запасів підприємства в умовах кризи»** містить 91 сторінок, 24 таблиць, 16 рисунків, 6 додатків. Перелік посилань нараховує 36 найменування.

Метою роботи є визначення теоретико-методичних засад керування запасами для виробничого підприємства, економіко-математичне моделювання системи керування рівнями запасів та розроблення практичних рекомендацій щодо оптимізації товарно-матеріальних ресурсів.

Об'єктом дипломної роботи є керування рівнями запасів.

Предмет дипломної роботи є сукупність напрямів оптимізації рівнів запасів на підприємстві, моделювання економічної ефективності керування запасами та надання практичних рекомендацій щодо часу та розміру замовлення.

Методи дослідження. У процесі виконання дипломної роботи першого (бакалаврського) рівня вищої освіти було використано методи аналізу збору даних, класифікації та узагальнення (при описі теоретичних аспектів управління рівнями запасу), обробки статистичних даних та порівняння (при дослідженні стану підприємства), економічного аналізу, прогнозування, економіко-математичного моделювання, експеримент.

Результати роботи. За результатами проведеного аналізу та дослідження було проведено фінансово-економічний аналіз підприємства, пораховано основні показники ефективності керування рівнями запасів. Було реалізовано прогнозування попиту та побудовано динамічну економіко-математичну модель рівнів запасу на підприємстві. Здійснено аналіз отриманих результатів та розроблено рекомендації щодо ефективного керування рівнями запасів на підприємстві під час кризи.

Рекомендації щодо використання результатів роботи. Результати роботи та надані рекомендації можуть бути використані для підвищення ефективності оптимізації рівня запасів задля забезпечення безперебійного виробництва, економії коштів підприємства та пристосування до кризових умов.

Ключові слова: моделювання, запаси, система керування, рух запасів, розмір замовлення, час замовлення.

ABSTRACT

Thesis of the first (bachelor's) level of higher education on «Economic and mathematical modelling of the level of enterprise stocks in the crisis» contains 91 pages, 24 tables, 16 figures, 6 appendices. The list of references includes 36 items.

The purpose of the work is aimed at defining the theoretical and methodological foundations of inventory management for a manufacturing enterprise, economic and mathematical modelling of the inventory management system, and developing practical recommendations for optimising inventory resources.

The object of the work is to manage inventory levels.

The subject of the work is a combination of areas of optimising inventory levels at an enterprise, modelling the economic efficiency of inventory management and providing practical recommendations on order timing and size.

Research methods. In the process of performing the thesis of the first (bachelor's) level of higher education, the methods of analysis of data collection, classification and generalisation (when describing the theoretical aspects of inventory management), statistical data processing and comparison (when studying the state of the enterprise), economic analysis, forecasting, economic and mathematical modelling, experiment were used.

Results of work. Based on the results of the analysis and research, a financial and economic analysis of the enterprise was carried out, and the main indicators of the effectiveness of inventory level management were calculated. Demand forecasting was implemented and a dynamic economic and mathematical model of inventory levels at the enterprise was built. The results obtained are analysed and recommendations for effective management of inventory levels at an enterprise during a crisis are developed.

Recommendations for the use of work results. The results and recommendations can be used to improve the efficiency of optimising inventory levels to ensure uninterrupted production, save costs and adapt to crisis conditions.

Keywords: *modelling, inventory, management system, inventory movement, order size, order time.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ КЕРУВАННЯ ЗАПАСАМИ НА ПІДПРИЄМСТВІ... 10	10
1.1 Визначення поняття «запаси», їх класифікація, функції у діяльності підприємства та показники їх керування.....	10
1.2 Основні системи керування рівнями запасів та модель EOQ.....	15
1.3. Ризики при процесах оптимізації рівнів запасів в умовах кризи.....	21
Висновки до першого розділу.....	26
2 ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РІВНЯ ЗАПАСІВ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ КРИЗИ.....	27
2.1 Аналіз стану підприємства та його фінансово-економічних показників.....	27
2.2 Побудова економіко-математичної моделі рівня запасів під час кризи.....	36
2.3 Економіко-математичне моделювання рівня запасів на підприємстві в кризових умовах.....	45
Висновки до другого розділу.....	61
3 АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО КЕРУВАННЯ ЗАПАСАМИ ПІД ЧАС КРИЗИ.....	63
3.1 Економічна аналітика результатів моделювання.....	63
3.2 Оцінка ефективності моделі та розроблення рекомендацій з удосконалення керування рівнями запасів в умовах кризи.....	68
Висновки до третього розділу.....	73
ВИСНОВКИ.....	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	76
ДОДАТКИ.....	80

ВСТУП

Актуальність дипломної роботи. Функціонування підприємств є однією з основних складових економіки. Адже вони забезпечують виробництво товарів та послуг, що необхідні населенню для задоволення своїх потреб, а також є одними із найбільших платників податків кожної країни. В умовах кризи ведення підприємницької діяльності ускладнюється через створення додаткових ризиків, що можуть перешкоджати їх роботі. Особливо це стосується рівня запасів, адже їх кількість на підприємстві залежить від багатьох факторів, якими не можна керувати, але існує можливість зменшити їх вплив одночасно із збільшенням прибутку підприємства. Для цього доцільно використовувати економіко-математичне моделювання рівнів запасу, що може допомогти проаналізувати сучасний стан керування, створити або адаптувати модель, яка мінімізуватиме загальні витрати та зменшить вплив ризиків на роботу виробництва.

Метою дипломної роботи є визначення теоретико-методичних засад керування запасами для виробничого підприємства, економіко-математичне моделювання системи керування рівнями запасів та розроблення практичних рекомендацій щодо оптимізації товарно-матеріальних ресурсів.

Для досягнення поставленої мети було визначено наступні **завдання**:

- розкрити сутність «запаси», їх облік та класифікацію, основні функції у діяльності підприємства та процес керування запасами;
- розглянути основні системи керування рівнями запасів та модель EOQ;
- визначити ризики, що можуть впливати на оптимізацію рівнів запасів під час кризи, та важливість резерву на підприємстві;
- провести аналіз стану та основних фінансово-економічних показників керування рівнями запасів на підприємстві ПрАТ «Вентиляційні системи»;
- побудувати економіко-математичну модель оптимізації рівнів запасів на підприємстві під час кризи;
- здійснити економіко-математичне моделювання рівнів запасу підприємства в кризових умовах;

- проаналізувати отримані результати моделювання;
- сформулювати рекомендації для ефективного керування рівнями запасів під час кризи.

Об'єкт дипломної роботи: керування рівнями запасів.

Предмет дипломної роботи: сукупність напрямів оптимізації рівнів запасів на підприємстві, моделювання економічної ефективності керування запасами та надання практичних рекомендацій щодо часу та розміру замовлення.

База дослідження: ПрАТ «Вентиляційні системи».

Під час виконання дипломної роботи було використано **методи дослідження:** збору даних, класифікації та узагальнення (при описі теоретичних аспектів оптимізації рівня запасів), обробки статистичних даних та порівняння (при дослідженні стану підприємства), економічного аналізу, прогнозування, економіко-математичного моделювання, експеримент.

Результати дослідження: під час виконання дипломної роботи було проведено фінансово-економічний аналіз підприємства, пораховано основні показники ефективності керування рівнями запасів. Було реалізовано прогнозування попиту та побудовано динамічну економіко-математичну модель рівнів запасу на підприємстві. Здійснено аналіз отриманих результатів та розроблено рекомендації щодо ефективного керування рівнями запасів на підприємстві під час кризи.

1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ КЕРУВАННЯ ЗАПАСАМИ НА ПІДПРИЄМСТВІ

1.1 Визначення поняття «запаси», їх класифікація, функції у діяльності підприємства та показники їх керування

В умовах сучасного ринку ефективність роботи виробничих підприємств значно залежить від раціонального використання їх ресурсів. Однією із цих складових є запаси. Вони є значною частиною активів компаній, що займаються виготовленням товарів, та утворюють велику частину загальних витрат у роботі підприємства.

Згідно з П(С)БО 9, запаси – це матеріальні ресурси, які утримуються для подальшого продажу за умов звичайної господарської діяльності, або перебувають у процесі виробництва з метою подальшого продажу продукту виробництва, або утримуються для споживання під час виробництва продукції, виконання робіт та надання послуг, а також управління підприємством [1].

Незалежно від розмірів чи спеціалізації підприємства, кількість його запасів постійно змінюється. Для того щоб контролювати даний процес, існує потреба постійно вести облік матеріальних ресурсів для володіння точною інформацією на основі якої воно плануватиме свою роботу.

Облік запасів – це система контролю для узагальнення інформації про наявність та рух товарно-матеріальних цінностей на підприємстві, що призначені для обробки, переробки, використання у виробництві чи реалізації кінцевому споживачу. Його основними аспектами є:

- надходження запасів – це реєстрація всіх отриманих запасів від постачальника, їх кількість, вартості та дати доставки;
- зберігання запасів – це розміщення товарно-матеріальних цінностей у відповідних складських приміщеннях з врахуванням умов зберігання;
- переміщення запасів – це фіксація внутрішнього переміщення товарів між різними підрозділами виробництва чи складами;

- витрачання запасів – це реєстрація витрат запасів на виробництво, продаж чи інші потреби підприємства;
- інвентаризація запасів – це періодична перевірка фактичної кількості товарно-матеріальних ресурсів з метою звірки з обліковими даними;
- оцінка запасів – це визначення вартості запасів, що перебувають на складі підприємства.

Щоб чітко вести облік товарно-матеріальних ресурсів на підприємстві та ефективно керувати ними, їх класифікують за різними ознаками. У сфері логістики їх поділяють на товарні та виробничі:

- товарні запаси – це частина активів підприємства, що не потребують переробки та готові для продажу споживачам або посередникам.
- виробничі запаси – це матеріали, компоненти чи напівфабрикати, які призначені для переробки та створення готової продукції [2].

На підприємствах, що займаються виготовленням товарів, запаси мають ширший розподіл. Вони поділяються на чотири основні групи:

- запаси купованих матеріальних ресурсів (виробничі запаси) – призначені для забезпечення безперервного виробництва. Це сировини, комплектуючі, напівфабрикати та матеріали, що знаходяться на складах і не були використані у виробничій діяльності підприємства;
- запаси незавершеного виробництва – це ресурси, що приймають участь у виробничому процесі, але ще не пройшли повний цикл для перетворення у готову продукцію. Прикладом є напівфабрикати власного виробництва;
- готова продукція – це запаси, що пройшли повний виробничий цикл та готові для реалізації, щоб задовільнити попит кінцевих споживачів, але ще знаходяться на складах підприємства;
- товарні запаси – це товари, що закупаються підприємством для майбутнього перепродажу [3].

Класифікація запасів дає чітке уявлення про різноманітність матеріальних ресурсів, які підприємство використовує у своїй роботі. Розуміння цих категорій є

ключовим для раціонального керування матеріалами та готовою продукцією. Також, важливо розглянути, які основні функції вони виконують:

- задоволення ринкового попиту. Запаси, що присутні на підприємстві, дозволяють оперативно реагувати на замовлення споживачів шляхом зменшення часу їх очікування між створенням замовлення та доставкою сировини чи готової продукції;
- забезпечення безперебійного продажу та виробництва. Сировина та готова продукція, що знаходяться на складах, дозволяють підтримувати діяльність підприємства, поки їде нова поставка матеріальних ресурсів;
- оптимізація виробничих процесів. Запаси допомагають ефективно планувати виробництво, зменшувати час простою обладнання та забезпечувати більш раціональне використання ресурсів;
- забезпечення гнучкості роботи підприємства. Сформовані запаси дозволяють краще адаптуватися до змін, що можуть статися в будь-який момент часу. Наприклад: різке підвищення попиту, непередбачувана затримка поставки чи природна катастрофа.

Щоб забезпечити роботу підприємств, створюється необхідність постійного поповнювання запасів на складах, адже вони витрачаються з часом. Даний процес формує потребу в керуванні матеріальними ресурсами.

Керування запасами – це сукупність дій та стратегій, що використовуються для ефективного управління обсягами запасів з метою зменшення загальних витрат, задоволення потреб виробництва та ринкового попиту [4]. Його основним завданням є визначення оптимального розміру замовлення та час, коли доцільно замовляти нову поставку матеріальних ресурсів. Для цього необхідно враховувати безліч факторів, що можуть впливати на ефективність керування запасами:

- попит на ринку. В залежності від споживачів, що готові купити продукцію, розмір запасів на складах повинна регулюватися для зменшення витрат на їх зберігання. Окрім цього виробництво може планувати свої дії в залежності від попиту, адже виготовлення товарів, що має невелику кількість покупців у великих партіях недоцільно та навпаки.

- надійність постачальників. Процес оптимізації рівня запасів на пряму залежить від постачальників та запасів, що вони доставляють. Адже стабільність може допомогти зменшити кількість витрат на зберігання запасів на складах, а якість матеріально-товарних ресурсів виготовити чи реалізувати високоякісну готову продукцію, що задовольнить попит та збільшить довіру споживачів;
- швидкість обертання запасів. Деякі ресурси на складах можуть використовуватися дуже рідко. Їх постійна поставка може призвести до нагромадження непотрібних запасів, що можуть перетворитися на неліквідні. Це створює додаткові втрати та займає місце, яке можна використати для ресурсів, що постійно використовують на підприємстві;
- надійність логістичних шляхів. Правильно створений маршрут може забезпечити вчасні доставки запасів, безпеку ресурсів під час транспортування, щоб уникнути пошкоджень чи втрат. Наприклад, якщо вантажівка, що перевозить запаси, які можуть пошкодитися, їде по дорозі з нерівностями, то ймовірність отримання від постачальника цілого товару зменшується.
- термін реалізації сировини та готової продукції. Деякі запаси мають невеликий термін придатності, що потрібно враховувати при їх закупівлі. Адже замовляти великими партіями сировину, що може зберігатися протягом невеликого проміжку часу недоцільно, бо не використані запаси підприємству потрібно буде списувати, що призводить до великих втрат;
- точність даних про запаси. Недостовірна інформація про залишки на складах може призвести до неправильних рішень при утворенні нового замовлення на поставку та простоїв на виробництві. Це може призвести до втрати конкурентоспроможності і ринкової позиції в порівнянні з іншими підприємствами;
- витрати, що створюються під час керування.

Розглянемо детальніше витрати, що формуються при русі запасів на підприємстві:

- витрати на закупівлю сировини та готової продукції – це ціна, яку підприємство сплачує постачальникам за привезені запаси;
- витрати на зберігання одиниці умовного запасу на підприємстві протягом певного періоду – це оплата праці складським працівникам, оренда складу, витрати на страхування та охорону запасів;
- витрати на оформлення, транспортування та доставку замовлених запасів;
- витрати, що можуть сформуватися через надлишок або дефіцит матеріальних ресурсів. Наприклад: штраф за прострочення часу відвантаження або закінчення терміну реалізації готової продукції [5].

Під час процесу керування запасами на підприємстві для кращого обліку ресурсів та розв'язання основного завдання, матеріали та готова продукція на складах у кожен момент часу належить до певної категорії :

- поточні - це частина товарних та виробничих запасів, що збігаються з рівнем запасу у будь-який момент часу. Вони призначені для забезпечення безперервного виробництва чи реалізації споживачам;
- максимально бажані – це рівень запасів, який економічно доцільний у визначеній системі управління запасами. В деяких випадках він використовується для розрахунку обсягу замовлення;
- граничні – це рівень запасу, що використовують як індикатор для розміщення нового замовлення постачальнику на запаси;
- страхові (або гарантійні) – це запаси, що можуть забезпечити безперебійне виробництво у разі непередбачуваних обставин, наприклад, різкого підвищення попиту, запізнення поставки. Вони створюють резерв, який необхідно відновлювати у разі його використання;
- неліквідні – це запаси, які не використовували протягом довгого проміжку часу. Вони формуються через погіршення якості матеріальних ресурсів при зберіганні та доставці, а також через перехід виробництва на використання нових видів запасів [3].

1.2 Основні системи керування рівнями запасів та модель EOQ

Важливим аспектом при оптимізації матеріальних ресурсів є підтримка розмірів виробничих запасів на такому рівні, щоб забезпечити безперебійне виробництво для задоволення попиту споживачів, уникаючи дефіциту та перевантаження складських приміщень. Щоб вирішити дане завдання, існують системи керування запасами.

Система керування запасами – це сукупність процесів і правил створення та поповнення запасів, організації неперервного контролю та оперативного планування поставок для безперебійної роботи підприємства чи компанії [6].

Щоб забезпечити та контролювати роботу системи, як вже раніше згадувалося, підприємству необхідно вести облік його запасів. Він може бути безперервним, тобто в кожен момент часу можна дізнатися точну кількість матеріалів, що перебувають на різних етапах виробництва чи складах. Це здійснюється за допомогою спеціально розроблених програм. Даний вид обліку використовують на великих підприємствах, де знаходяться значні обсяги різних запасів. Або ж він може бути періодичним, тобто кількість запасів, що перебувають на складських приміщеннях перевіряють через певний проміжок часу, наприклад один раз на тиждень. Даний вид обліку доцільно використовувати для підприємств, де кількість запасів мінімальна, адже використання спеціальної програми – це додаткові витрати.

Вибір правильної системи може допомогти підприємству підтримувати оптимальний рівень виробництва та мінімізувати загальні витрати, що утворюються при русі запасів. Основними параметрами, що використовуються у системах є:

- обсяг окремої поставки – це розмір запасів, що підприємство замовляє при оформленні заказу на доставку. Даний параметр залежить від різних факторів, такі як витрати на зберігання та закупівлю одиниці умовної сировини чи матеріалу, виплати на доставку матеріальних ресурсів.

- точка замовлення – це мінімальний рівень виробничих запасів, який показує потребу зробити нове замовлення ресурсів при його перетині та зможе забезпечити безперебійне виробництво протягом певного періоду часу. Він вираховується з врахуванням оборотності матеріалів та часу доставки на підприємство.
- регулярність здійснення закупівлі – це час між двома доставками сировини чи матеріалів. Обрахована оптимальна частота між замовленнями може зменшити витрати на зберігання запасів.
- нормативний обсяг запасів – це рівень матеріалів, що повинен досягатися при кожній поставці сировини та матеріалів;
- оптимальний розмір замовлення – це обсяг запасів, що мінімізує втрати підприємства на його закупівлі та зберіганні [3].

На основі даних параметрів були створені різні системи керування запасами.

Основними є:

- система з фіксованою частотою між замовленнями;
- система з фіксованим розміром замовлення;
- система з фіксованим інтервалом між поставками, що поповнює запаси до певного рівня;
- система «мінімум-максимум» [7].

Розглянемо кожну із основних систем детальніше. При використанні системи із фіксованою частотою між замовленнями підприємство визначає рівні між собою інтервали часу T , коли потрібно отримати нову поставку сировини. Наприклад: один раз в місяць чи тиждень. Розмір замовлення при цьому змінюється в залежності від потреб виробництва та кількості запасів, що перебувають на складах. Основними параметрами, що забезпечують роботу даної системи є фіксований час між замовленнями та максимальний розмір поставки. Розглянемо роботу системи на рис.1.1:

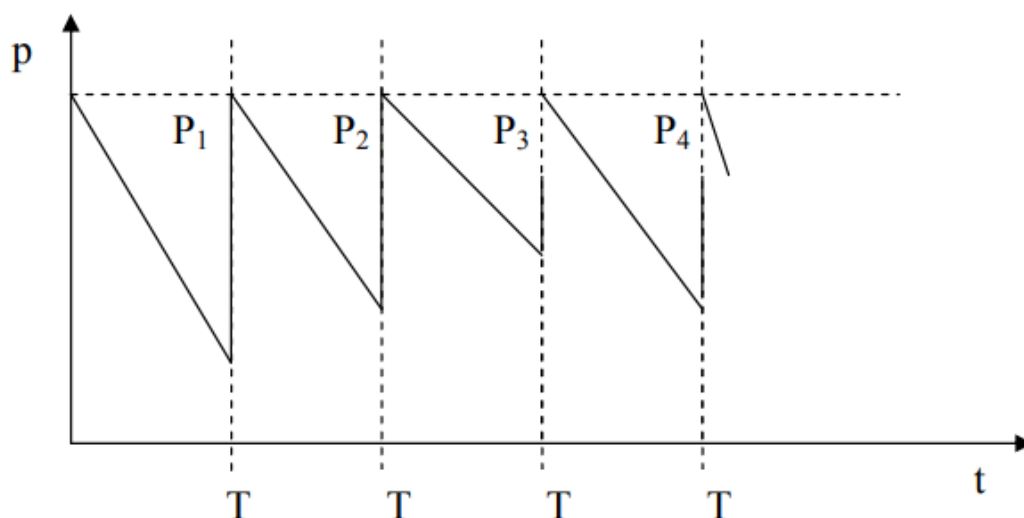


Рисунок 1.1 – Система управління запасами з фіксованим часом між замовленнями

Джерело: [8]

На даному рисунку пунктирна лінія – це максимальна місткість складу, P_n – це розмір поставки, T – це час між замовленнями, що є сталим. Проаналізуємо поведінку даної системи. Поставка приїжджає через рівні інтервали часу T та заповнює складське приміщення на максимум. Розміри поставки при цьому є нефіксованими, адже кількість сировини, що використало підприємство, є змінною.

Розглянемо систему з фіксованим розміром замовлення. Її робота зображена на рис. 1.2.

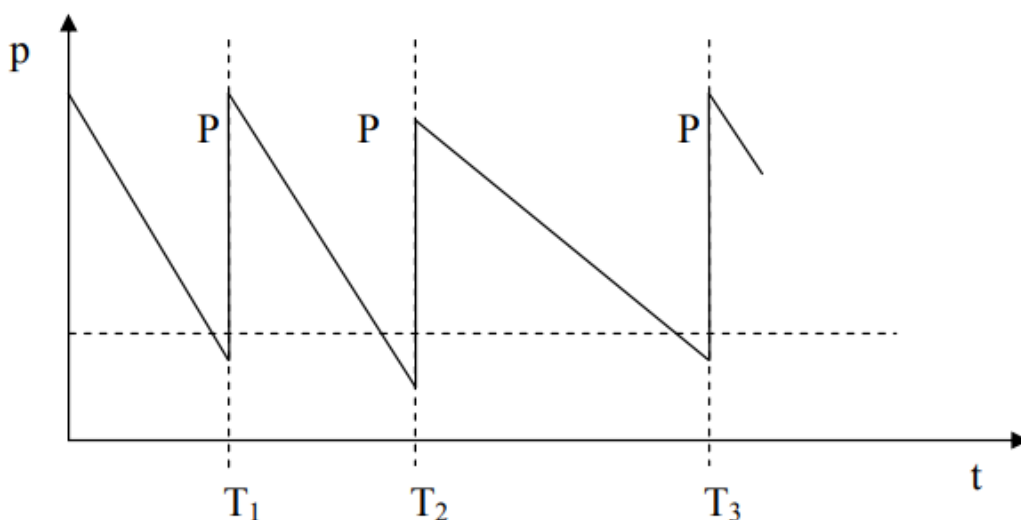


Рисунок 1.2 – Система з фіксованим розміром замовлення

Джерело: [8]

При її використанні обсяг поставки фіксований. На кожному підприємстві він визначається по-різному, в залежності від розміру складського приміщення, терміну реалізації, ситуації в країні чи зручності перевезення. Час нового замовлення визначається при перетині матеріальними ресурсами точки замовлення. У даній системі інтервали між постачаннями сировини різняться в залежності від інтенсивності споживання запасів. Отже, основними параметрами, що забезпечують роботу даної системи є точка замовлення та його фіксований розмір.

На рис. 1.2 пунктирна лінія – це точка замовлення. Проаналізуємо поведінку даної системи. В кожен момент часу t кількість запасів зменшується. Під час перетину точки замовлення, підприємство робить новий заказ на поставку. Поки доставка їде від постачальника на склад, підприємство використовує запаси, що знаходяться нижче точки замовлення.

Розглянемо систему з фіксованим інтервалом між поставками, що поповнює запаси до певного рівня. Вона підлаштована під роботу підприємств, де є значні коливання між використанням матеріальних ресурсів. Щоб врахувати обмеження складського приміщення та запобігти дефіциту запасів, замовлення можуть розміщувати не тільки планово, але й за умови перетину лінії точки замовлення. Тобто, якщо кількість запасів знижується до мінімального рівня раніше, ніж очікувалося, то робиться додаткове замовлення. В інший час описана система працює як система на рис. 1.1. Отже, її основними параметрами є фіксований час між замовленнями, точка замовлення та максимальний розмір поставки.

Опишемо роботу системи «мінімум-максимум». Принцип її роботи полягає у визначенні двох критичних рівнів запасу: максимальний запас, вище якого рівень матеріальних ресурсів не повинен підніматися, та мінімальний запас, нижче якого величина запасу не повинна опускатися. Момент часу, коли потрібно зробити нове замовлення, визначається перетином точки замовлення.

Робота даної системи зображена на рис. 1.3. Розмір заказу P_n буде формуватися таким чином, щоб доставлені запаси поповнили складське приміщення до обрахованого максимального рівня. Наступна поставка визначається при перетині обрахованої точки замовлення. Отже, дана система у

своїй роботі використовує такі параметри, як точка замовлення, максимальний та мінімальний рівні матеріальних ресурсів [9].

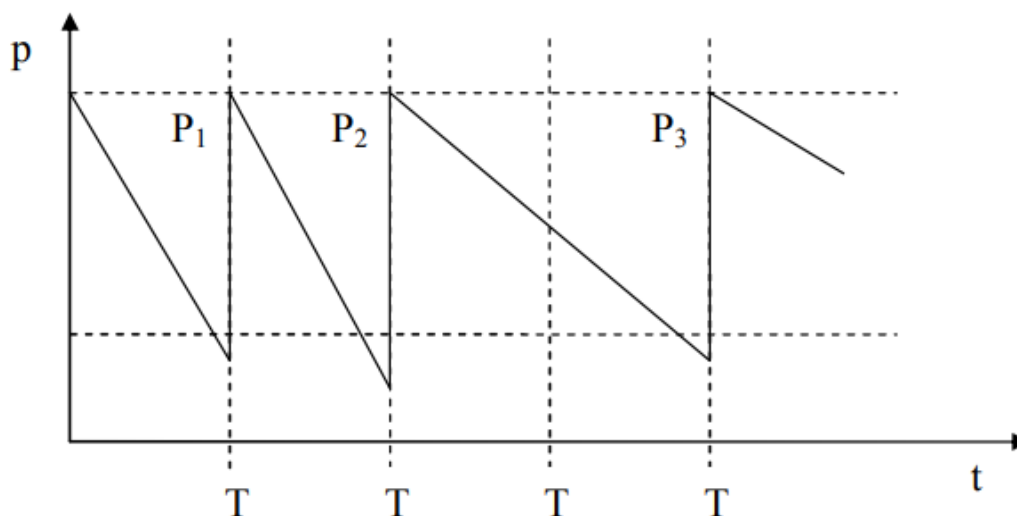


Рисунок 1.3 – Система «мінімум-максимум»

Джерело: [8]

Для того щоб оптимізувати роботу вищеперерахованих систем та розрахувати кількісне визначення розміру замовлення та інтервалу часу, через який заказ буде повторюватися, створюють моделі керування рівнями запасу [10].

Однією із найвідоміших є EOQ – це модель економічного замовлення, що враховує кількість запасів, яку підприємство повинно замовити, коли з'являється потреба у поповненні матеріальних ресурсів. Вона мінімізує загальні витрати на утримання запасів та їх замовлення. Дана модель має обмеження, що повинні бути дотримані при розрахунку обсягу партії запасів, яка повинна приїжджати на склади підприємства:

- час між замовленням та доставкою є сталим значенням, тобто вона не враховує ймовірність того, що поставка може затриматися;
- вартість оформлення замовлення та закупівлі однієї одиниці умовного запасу є сталим протягом періоду, на який планується даний розмір замовлення;
- попит на запаси та готову продукцію рівномірний та є сталою величиною;
- найменша кількість запасів, що повинна бути на складі, дорівнює 0.

В основі моделі економічного замовлення знаходиться функція загальних витрат, що формується завдяки зберіганню матеріальних ресурсів на складах, оформленню, купівлі та доставці нової поставки:

$$TU = D * p + \frac{D*K}{Q} + \frac{H*Q}{2} \rightarrow \min, \quad (1.1)$$

де D – річна потреба в запасах;

p – собівартість виробництва одиниці запасу або купівля одиниці готової продукції;

K – витрати на організацію замовлення нової поставки запасів;

Q – обсяг замовлення запасів, що приїдуть при поставці;

H – витрати на зберігання одиниці умовного запасу протягом року [11].

Для того, щоб знайти розмір оптимального замовлення, що мінімізуватиме витрати, потрібно знайти похідну від функції загальних витрат відносно обсягу замовлення та прирівняти даний результат до нуля:

$$\frac{dTU(Q)}{dQ} = \frac{d}{dQ} \left(D * p + \frac{D*K}{Q} + \frac{H*Q}{2} \right). \quad (1.2)$$

Після диференціювання та прирівняні до нуля отримаємо результат у формулах:

$$-\frac{D*K}{Q^2} + \frac{H}{2} = 0, \quad (1.3)$$

$$Q^2 = \frac{D*K*2}{H}. \quad (1.4)$$

Отже, оптимальний розмір замовлення розраховується за формулою:

$$Q^* = \sqrt{\frac{D*K*2}{H}}. \quad (1.5)$$

Дана модель є загальною та не враховує коливання цін, змін в попиті та ймовірність того, що поставка може затриматися. Щоб підлаштувати її під реальні умови, можуть застосовуватися деякі розширення для оптимізації рівня виробництва та інтервалів між замовленнями.

1.3. Ризики при процесах оптимізації рівнів запасів в умовах кризи

Керування запасами в умовах кризи є надзвичайно складним завданням, що створює необхідність в особливому контролі та стратегічному підході. Адже обрана система чи модель не може гарантувати безперервність постачання через формування додаткових ризиків, що можуть значно вплинути на роботу підприємства та стабільність постачання сировини.

Ризик – це ймовірність, що відображає можливість того, що суб'єкт господарювання може отримати небажаний результат або одержати сприятливий наслідок. Основною причиною його формування є невизначеність умов. Це неможливість передбачити всі можливі наслідки дій, а також відсутність повної інформації, що допомагає сформулювати уявлення про сучасний стан того чи іншого процесу [12].

Розглянемо основні види ризиків за причиною їх виникнення:

- внутрішні – це ризики, що можуть утворитися через технічні, організаційні чи технологічні проблеми всередині підприємства. В основному вони залежать від роботи співробітників. Наприклад: між складами та відповідальним за закупівлю сировини погано налагоджена комунікація, що може призвести до додаткових втрат при оформленні замовлення на запаси;
- зовнішні – це ризики, що виникають під впливом зовнішнього середовища, на яке підприємство не може повпливати. При управлінні запасами компанії необхідно проводити їх аналіз та створювати стратегію адаптації в залежності від результатів;
- змішані – це ризики, що одночасно залежать від внутрішнього та зовнішнього середовища компанії [13].

Для зменшення їх впливу при оптимізації рівнів запасів на підприємстві важливо враховувати всі поточні умови та розглядати їх можливий вплив на роботу підприємства. Розглянемо основні ризики, що утворюються при русі запасів на підприємстві під час кризи, що утворилася внаслідок воєнних дій:

- невизначений попит на готову продукцію. Нестабільність ситуації на економічному ринку може призвести до мінливого настрою майбутніх споживачів. Це може створити великі коливання у попиті, які підприємство не зможе задовільнити через обмеженість ресурсів на підприємстві або призвести до нагромадження запасів, що будуть збільшувати витрати компанії.
- непередбачувані зростання цін. Різкі зміни курсів валют та підвищення інфляції може призвести до підвищення вартості зберігання та купівлі запасів, що створюватиме додаткові витрати при управлінні ресурсами.
- постійні затримки поставок сировини та матеріалів. Через військовий конфлікт деякі види транспорту, що швидко можуть доставити запаси при потребі, не можуть використовуватися, наприклад, літаки. Окрім цього довгі черги на кордоні, постійна зміна логістичних шляхів затримує поставку на деякий проміжок часу, що може призвести до відсутності необхідних ресурсів для забезпечення безперебійного виробництва. Це в свою чергу може продукувати штрафи за прострочення відвантаження готової продукції або втрату клієнтів та замовлень;
- доставка неякісної сировини. Через затримки у поставках та впливу погодних умов якість запасів може знижуватися, що може призвести до простою виробництва або виготовлення бракованої готової продукції, що збільшить витрати компанії та знизить довіру споживачів.
- руйнування інфраструктури підприємства чи його запасів. Через військовий конфлікт у компанію чи транспорт, що перевозить запаси, може потрапити ракета, що призведе до знищення ресурсів. Мінімізувати даний ризик неможливо, адже підприємство не може на нього повпливати, але через це потрібно уникати великої кількості матеріалів чи ресурсів, що одночасно зберігаються на складах та в дорозі;
- торговельні, правові та політичні обмеження. Вони можуть скоротити можливості постачання запасів, змінити порядок ввезення товарів у країні чи вплинути на загальну діяльність підприємства, що може призвести до

зменшення асортименту готової продукції та ускладнити управління запасами [14].

Щоб врахувати більшість з вищеперахованих ризиків, система керування запасами вимагає формування точки замовлення - певного резерву R , що буде розрахований заздалегідь. Якщо в певний час рівень запасу знижується до обсягів резервного, це індикатор того, що потрібно зробити нове замовлення. Якщо для того, щоб доставити матеріальні ресурси, потрібен час, то воно розміщається постачальнику, коли кількість запасу підвищиться до $R + L$ рівня.

Є кілька способів, що можуть вирішити проблему формування резерву. Одним із них є обрання досить великого обсягу резерву, що зменшить вплив ризиків на керування запасами, адже він компенсуватиме будь-які випадкові відхилення. Але він створює високі витрати на зберігання матеріально-товарних запасів, а також утворює ризик невикористаних можливостей, тому що грошові кошти, що могли використовуватися для покращення роботи підприємства, витратяться на утримання замовлених запасів на складі. В такому випадку вводяться додаткові припущення – під час розрахунку точки замовлення закладається термін допустимого ризику. Це ймовірність того, що необхідна кількість запасів не перевищить створеного резерву. Також вводиться коефіцієнту ризику, який позначає ймовірність того, що потреба у матеріально-товарних ресурсах перевищить встановлений резерв. Він може набувати значення 1 або 5% [15].

Отже, формується задача, де потрібно визначити обсяг резерву R , щоб коефіцієнт ризику був меншим або рівним від встановленого значення p_r :

$$P((D - Q) > R) \leq p_r, \quad (1.6)$$

де D – потреба виробництва в сировині чи матеріалах між двома доставками;

Q – розмір замовлення, величина якого є відомою.

Щоб визначити величину резерву потрібно знати закон розподілу потреби виробництва, що є випадковою величиною. Припустимо, значення D розподілене

за нормальним розподілом з параметрами середньоквадратичного відхилення σ^2 та Q :

$$u = \frac{D-Q}{\sigma}, \quad (1.7)$$

де u – стандартизована випадкова величина.,

Запишемо вираз для щільності розподілу ймовірностей:

$$p(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}}. \quad (1.8)$$

Отже, у сформовані задачі потрібно знайти величину $u_{p_r} = \frac{D-Q}{\sigma}$, що має залежність від коефіцієнта ризику p_r , тобто функція розподілу дорівнює p_r :

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{u_p}^{\infty} e^{-\frac{u^2}{2}} du = p_r. \quad (1.9)$$

За змістом встановлених припущень обсяг резерву R має бути таким, щоб ймовірність появи дефіциту була рівною p_r . Тоді із виразу $u_{p_r} = \frac{D-Q}{\sigma}$ виходить, що резерв, який відповідає коефіцієнту ризику p_r , повинен становити щонайменше:

$$R \geq (D - Q) = u_{p_r} \sigma. \quad (1.10)$$

Якщо $p_r = 0,05$, то $R = 1,64 \sigma$. Тобто, розміри резерву R залежать від встановленого коефіцієнту ризику та розкиду потреб у матеріально-товарних ресурсах, яке описується середньоквадратичним відхиленням σ , величина якого визначається на основі значень потреби запасів за попередні періоди.

Щоб знайти загальні витрати на керування запасами, позначимо v як очікувану інтенсивність потреби у запасах:

$$TU(Q) = \frac{c_1 * v}{Q} + c_2 \left(\frac{Q}{2} + u_{p_r} \sigma \right), \quad (1.11)$$

де $TU(Q)$ – загальні витрати, що формуються при утриманні одиниці запасу протягом одиниці часу;

c_1 – постійні витрати на оформлення замовлення, що виникають кожного разу при замовленні нової поставки і не залежать від розміру замовлення;

c_2 – витрати на зберігання одиниці запасу протягом одиниці часу;

Знайдемо похідну для виразу з формули (1.11), щоб знайти коли загальні витрати будуть мінімальними, прирівнявши його до нуля:

$$\frac{dTU(Q)}{dQ} = -\frac{c_1 \cdot v}{Q^2} + \frac{c_2}{2}. \quad (1.12)$$

З даної формули можна розрахувати величину оптимального розміру замовлення:

$$Q = \sqrt{\frac{2c_1 v}{c_2}}. \quad (1.13)$$

Тобто, на обсяг замовлення кількість резерву не впливає. При врахованому резерві оптимальний розмір доставки дорівнює:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2c_1 v}{c_2}} + u_{pr} \sigma, \quad (1.14)$$

де Q^* - це оптимальний розмір замовлення разом з необхідним резервом.

Отже, врахувати всі ризики, що можуть повпливати на роботу компанії під час кризи неможливо, але їх аналіз при виборі системи чи моделі керування рівнями запасів підприємства зможе допомогти мінімізувати їх негативний вплив на роботу підприємства, забезпечити безперебійне виробництво, мінімізувати загальні витрати на кожному етапі руху товарно-матеріальних ресурсів, а також не втратити довіру споживачів. Одним із способів зменшення впливу ризиків на керування

запасами є створення резерву, що буде точкою замовлення, яка мінімізуватиме витрати на зберігання одиниці запасу.

Висновки до першого розділу

У першому розділі даної роботи було здійснено загальну класифікацію запасів за різними категоріями для кращого розуміння процесу обліку та керування ними, визначено основні функції запасів на підприємстві, а також витрати, які вони утворюють при русі.

Для того, щоб забезпечити безперебійне виробництво та одночасно оптимізувати роботу підприємства, існують різні системи керування запасами. Їх робота контролюється за допомогою визначених параметрів, а її вибір залежить від зовнішніх та внутрішніх умов компанії. Щоб розраховувати оптимальні значення даних параметрів, використовують моделі керування запасами. Однією із основних таких моделей є розмір оптимального замовлення. Вона створена для ідеальних умов ринку, де попит постійний та визначений, поставки не запізнюються, а ціни при управлінні запасами є сталі. Дану модель можна підлаштувати під сучасні умови ринку та роботи підприємства, провівши додаткові розрахунки моделі.

В невизначених умовах, що формуються через кризу, розрахунок оптимальних параметрів ускладнюється через низку факторів, що можуть значно повпливати на функціонування підприємства. Щоб підлаштувати роботу під сучасні умови, потрібно враховувати ризики, що можуть створити перешкоди на кожному етапі керування запасами та розробляти стратегії мінімізації їх впливу. Одним із найдієвіших способів зменшення впливу є створення резерву продукції, що гарантуватиме наявність сировини чи матеріалів, що одночасно зменшуватимуть витрати та забезпечуватимуть безперебійне виробництво, поки їхатиме нове замовлення.

2 ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РІВНЯ ЗАПАСІВ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ КРИЗИ

2.1 Аналіз стану підприємства та його фінансово-економічних показників

ПрАТ «Вентиляційні системи» – це підприємство по виробництву та реалізації вентиляційного обладнання, що знаходиться в місті Боярка Київської області. Дана компанія має статус юридичної особи в стані припинення через рішення засновників про реорганізацію, код ЄДРПОУ: 30637114. Основним видом економічної діяльності є виробництво будівельних виробів із пластмас за КВЕД 22.23.

Компанія має предметну спеціалізацію – промислове та побутове вентиляційне обладнання та займає провідну позицію на міжнародному та українському ринках. Підприємство здійснює повний замкнутий цикл виробництва вентиляції, припливно-витяжних установок та агрегатів обробки повітря. Крім цього вони виготовляють електричні аксесуари для даних виробів: датчики, панелі керування, перемикачі. Компанія має широкий асортимент товарів – більше 30 тисяч найменувань, що дає змогу задовільнити попит великої кількості споживачів.

Підприємство виготовляє продукцію в різних цінових категоріях. Асортимент компанії представлений під великою кількістю торгових марок: Vents, Blauberg, Ventika, Colibri, Domovent [16]. Також підприємство пропонує послуги з виробництва продукції «під ключ»: виготовлення виробів з металу та пластмас, розкрій листового металу та деталей, гнуття металу, порошкове фарбування.

ПрАТ «Вентиляційні системи» експортує продукцію в 123 країни, що знаходяться на різних материках світу. Наприклад: Японія, Німеччина, Вірменія, Чилі, Сінгапур, Південна Африка.

Щоб оцінити поточний стан підприємства, у табл. 2.1. було розраховано основні фінансово-економічні показники діяльності ПрАТ «Вентиляційні системи» за 2021 – 2023 роки.

Таблиця 2.1 – Основні фінансово-економічні показники діяльності ПрАТ «Вентиляційні системи» за 2021-2023 роки

Показник	Абсолютні величини, тис. грн			Абсолютне відхилення, +/-		Відносне відхилення, +/-	
	2021 р	2022 р	2023 р	2021-2022 рр.	2022-2023 рр.	2021-2022 рр.	2022-2023 рр.
N	1	2	3	4	5	6	7
1. Майно станом на кінець року, тис. грн:	2936536	3479261	3522294	542725	43033	18,48	1,24
1.1. Необоротні активи:	879632	767089	801907	-112543	34818	-12,79	4,54
1.1.1. Нематеріальні активи	6357	6621	10657	264	4036	4,15	60,96
1.1.2. Незавершені капітальні інвестиції	1475	3040	0	1565	-3040	106,10	-100,00
1.1.3. Основні засоби	861870	750209	761528	-111661	11319	-12,96	1,51
1.1.4. Довгострокові фінансові інвестиції	9930	7219	29722	-2711	22503	-27,30	311,72
1.2. Оборотні активи:	2056904	2712172	2720387	655268	8215	31,86	0,30
1.2.1. Запаси	934483	1251232	1003937	316749	-247295	33,90	-19,76
1.2.1.1. Виробничі запаси	629970	1000142	682505	370172	-317637	58,76	-31,76
1.2.1.2. Незавершене виробництво	104388	87561	108291	-16827	20730	-16,12	23,67
1.2.1.3. Готова продукція	179021	142579	175619	-36442	33040	-20,36	23,17
1.2.1.4. Товари	21104	20950	37522	-154	16572	-0,73	79,10
1.2.2. Дебіторська заборгованість	820738	1102810	903534	282072	-199276	34,37	-18,07
1.2.3. Грошові кошти та поточні фінансові інвестиції	290517	345423	811199	54906	465776	18,90	134,84
1.2.4. Інші оборотні активи	11166	12707	1717	1541	-10990	13,80	-86,49
2. Капітал станом на кінець року, тис. грн.:	2936536	3479261	3522294	542725	43033	18,48	1,24
2.1. Власний капітал	1438048	1756355	2140147	318307	383792	22,13	21,85
2.1.1. Зареєстрований + резервний капітал-капітал у дооцінках	12814	12814	7894	0	-4920	0,00	-38,40
2.1.2. Нерозподілений прибуток	1425234	1743541	2132253	318307	388712	22,33	22,29
2.2. Позиковий капітал	1498488	1722906	1382147	224418	-340759	14,98	-19,78
2.2.1. Довгострокові зобов'язання	333620	378332	394612	44712	16280	13,40	4,30

Продовження табл. 2.1

N	1	2	3	4	5	6	7
2.2.2. Короткострокові зобов'язання	1164868	1344574	987535	179706	-357039	15,43	-26,55
3. Економічні показники:							
3.1. Чистий дохід від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг)	3962697	3560426	3760071	-402271	199645	-10,15	5,61
3.2. Інші операційні доходи	47643	61729	102333	14086	40604	29,57	65,78
3.3. Собівартість реалізованої продукції (товарів, робіт, послуг)	2706957	2440495	2250439	-266462	-190056	-9,84	-7,79
3.4. Валовий прибуток від реалізованої продукції	1255740	1119919	1510232	-135821	390313	-10,82	34,85
3.5. Інші операційні витрати	125046	129870	245398	4824	115528	3,86	88,96
3.6. Адміністративні витрати	239239	236974	337457	-2265	100483	-0,95	42,40
3.7. Фінансовий результат до оподаткування	444933	395321	477023	-49612	81702	-11,15	20,67
3.8. Чистий прибуток/збиток	361310	328128	386613	-33182	58485	-9,18	17,82
4. Трудові ресурси:							
4.1. Середньооблікова кількість працівників, осіб	3110	2970	2610	-140	-360	-4,5	-12,12
4.2. Продуктивність праці, тис. грн. / особа	1316,511	1198,797	1440,64	-117,71	241,844	-8,94	20,17

Розраховано автором на основі даних балансу підприємства [17]

Згідно з табл. 2.1 найбільшу частку активів підприємства складають основні засоби компанії та оборотні активи, що утворилися через нагромадження запасів та велику заборгованість дебіторів. У 2023 році велику частину майна, крім вищеперерахованих, утворюють грошові кошти та поточні фінансові інвестиції.

На рис. 2.1 зображено частку оборотних та необоротних активів, що утворюють майно ПрАТ «Вентиляційні системи». Згідно з розрахунками, кількість оборотних активів значно переважає над необоротними протягом досліджуваного періоду, а також спостерігається тенденція до зростання загальних активів

підприємства. У 2022 році кількість оборотних активів збільшилася на 542725 тис. грн. або на 18,48% , у 2023 році – на 43033 тис. грн. або на 1,21%. У 2022 році кількість необоротних активів зменшилась на 12,79%, але у 2023 році зросла на 4,54%.

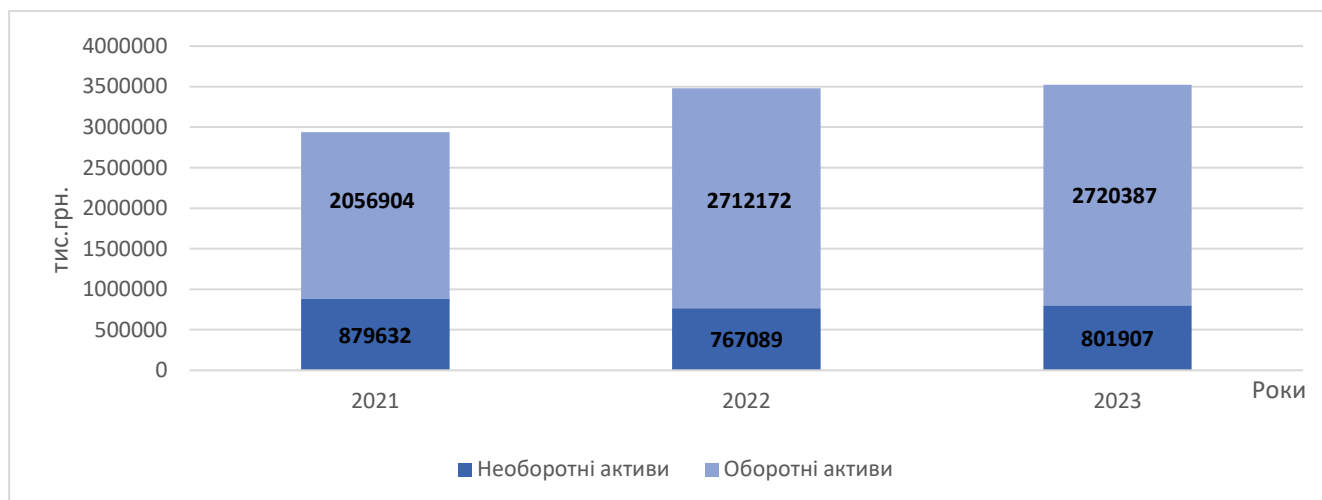


Рисунок 2.1 – Динаміка зміни активів ПрАТ «Вентиляційні системи» у 2021 – 2023 роках

Сформовано автором на основі табл. 2.1

Розглянемо динаміку зміни запасів підприємства протягом 2021 – 2023 років, що графічно відображено на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Динаміка зміни запасів ПрАТ «Вентиляційні системи» у 2021 – 2023 роках

Сформовано автором на основі табл. 2.1

На рис. 2.2 зображено компоненти, що в сумі складають загальні запаси підприємства. Згідно із графіком найбільшу частку формують виробничі запаси. У 2022 році їх обсяг збільшився на 370172 тис. грн. або на 58,76 %, а вже у 2023 році зменшився 317637 тис. грн. або на 31,76%. Кількість незавершеного виробництва зменшилася у 2022 році на 16827 тис. грн. або 16,12%, а у 2023 році збільшилась на 20730 тис. грн. або на 23,67%. Обсяг готової продукції у 2022 році зменшився на 36442 тис. грн. або на 20,36%, а у 2023 році зріс на 33040 тис. грн. або на 23,17%. Кількість товарів зменшилася у 2022 році на 154 тис. грн або на 0,73%, а у 2023 році збільшилася на 16572 тис. грн. або на 79,1%. У 2022 році різке збільшення виробничих запасів пов'язане із простоем виробництва через початок війни. Це призвело до їх накопичення. Зменшення запасів незавершеного виробництва та готової продукції підтверджують зменшення виробничих потужностей за 2022 рік.

Розглянемо динаміку зміни капіталу підприємства за 2021 – 2023 роки, що зображений на рис.2.3.



Рисунок 2.3 – Динаміка зміни пасивів ПрАТ «Вентиляційні системи» у 2021 – 2023 роках

Сформовано автором на основі табл. 2.1

На рис. 2.3. спостерігається тенденція до зростання власного капіталу – у 2022 році на 318307 тис. грн. або на 22,13%, у 2023 році – на 383792 тис. грн. або 21,85 %. Це відбулося через збільшення нерозподіленого прибутку, тобто у підприємства збільшуються кошти, які воно може використати для модернізації

виробництва, збільшення потужностей, інвестування в нові проекти або погашення заборгованостей.

Якщо розглянути позиковий капітал, то у 2022 році він зріс на 224418 тис. грн. або 14,98%, адже значно збільшився обсяг короткострокових зобов'язань – на 179706 тис. грн. або 15,43%, а також спостерігається тенденція до зростання довгострокових зобов'язань протягом трьох років. У 2023 році позиковий капітал зменшується – на 340759 тис. грн. або 19,78%. Це пов'язано із зменшенням обсягу короткострокових зобов'язань – на 357039 тис. грн. або 26,55%.

Проаналізуємо основні економічні показники ПрАТ «Вентиляційні системи» за 2021 – 2023 роки за допомогою рис. 2.4.

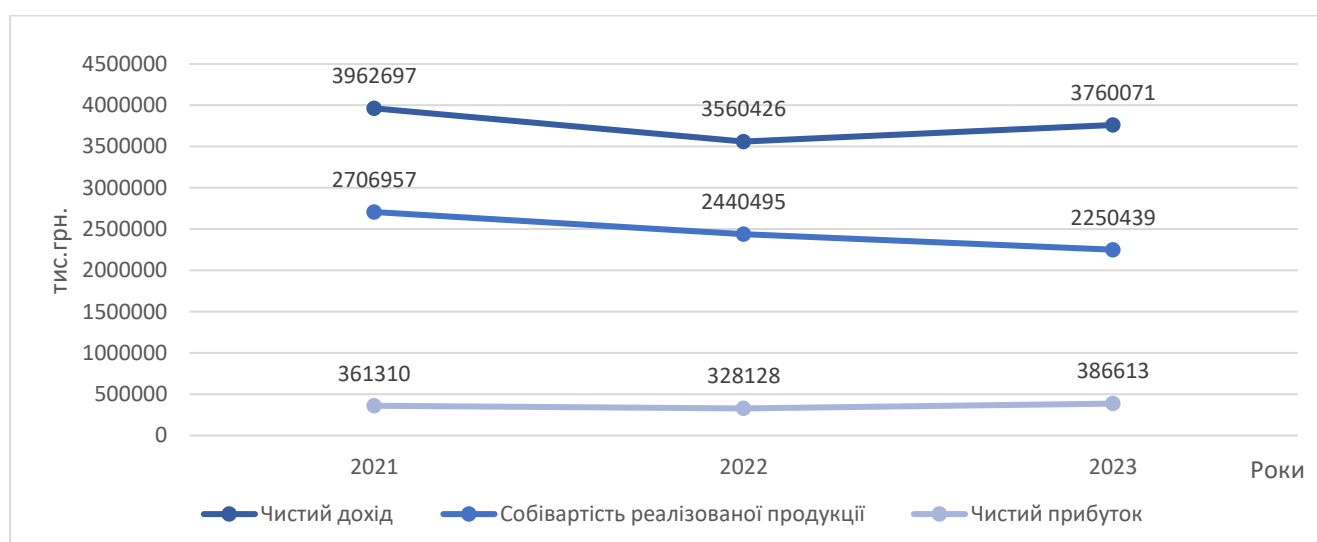


Рисунок 2.4 – Динаміка зміни економічних показників ПрАТ «Вентиляційні системи» у 2021 – 2023 роках

Сформовано автором на основі табл. 2.1

На рис. 2.4 можемо спостерігати зменшення чистого доходу за реалізацію продукції у 2022 році на 402271 тис. грн. або 10,5 %. Даний спад пов'язаний з початком війни, що призвів до зменшення виробничих потужностей. У 2023 році спостерігається підвищення чистого доходу на 199645 тис. грн. або 5,61%.

Собівартість продукції має тенденцію до зменшення за 2021 – 2023 роки. У 2022 році це може бути через виробництво меншої кількості продукції, у 2023 році

при збільшенні чистого доходу, собівартість зменшується, що може свідчити про модернізацію, застосування нових технологій та техніки, ощадливе виробництво.

ПрАТ «Вентиляційні системи» є прибутковим підприємством, адже значення чистого прибутку є додатним. У 2022 році воно зменшилось через війну на 33182 тис. грн. або 9,18% , але значення було позитивним. У 2023 році сума чистого прибутку перевищила довоєнне значення 2021 року, хоча кількість проданої продукції була меншою.

Якщо розглядати трудові ресурси, то протягом 3 років спостерігається зменшення даного показника: у 2022 році він знизився на 140 осіб або 4,5%, у 2023 році – на 360 осіб або 12,12%. Це пов'язано із переїздом працівників у безпечніші місця через війну, частина трудових ресурсів виконує військові зобов'язання перед державою.

Розглянемо продуктивність праці одного співробітника в рік. У 2022 році він зменшився на 117,71 тис. грн. або 8,94% через війну та різке зменшення чисельності працівників. У 2023 році, незважаючи на меншу кількість співробітників, продуктивність збільшилася на 241,84 тис. грн. або 20,17%, що перевищило довоєнний показник. Це може бути пов'язаним із застосуванням систем мотивації, використанням модернізованої техніки, що зменшує час виробництва однієї комплектуючої.

Оцінимо ефективність керування рівнями запасів ПрАТ «Вентиляційні системи». Для цього розглянемо декілька показників за період 2021 – 2023 років на рис. 2.5.

Щоб порівняти реальний чистий прибуток, за базисний було взято 2021 рік. Можемо побачити, що найбільшим він був до війни. У 2022 році зменшився на 93887 тис. грн., але у 2023 році реальний чистий прибуток збільшився на 17982 тис. грн., хоча кількість проданих товарів була найменшою за аналізований період. Якщо розглядати чисельність реалізованої продукції, то як і прибуток, вона була найвищою до війни. У 2022-2023 роках вона зменшується.

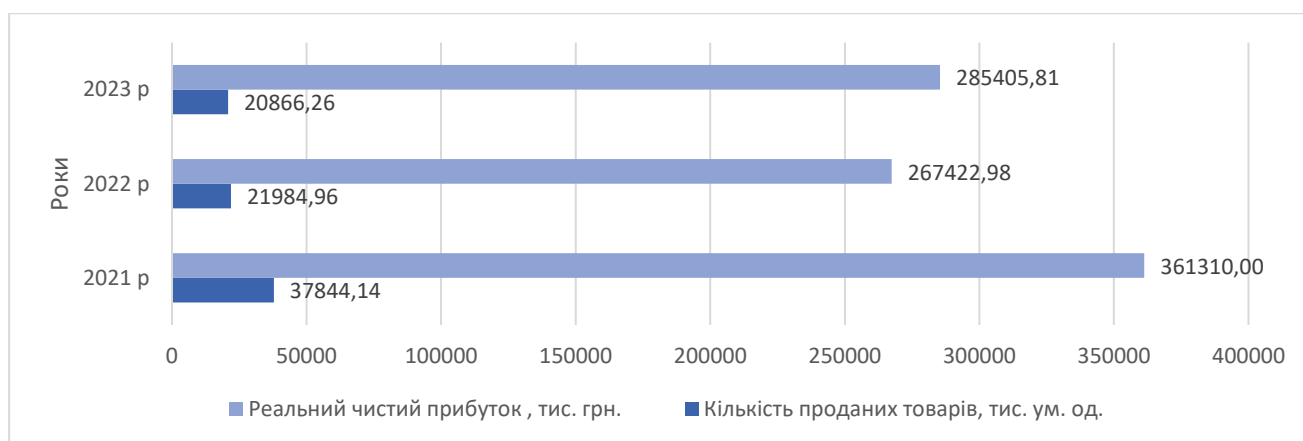


Рисунок 2.5 – Динаміка зміни реального чистого прибутку та кількості проданої продукції за 2021-2023 роки

Розраховано автором на основі табл. 2.1 та [18]

Розглянемо 2023 рік. Хоча підприємство реалізувало найменше продукції у вказаний період, реальний чистий прибуток був більше, ніж у 2022 році. Це може бути пов'язаним із підвищенням цін на готову продукцію, зменшенням собівартості продукції шляхом пошуку нових постачальників, вдосконалення організації виробництва, підвищення технічного рівня виробництва.

Для кращого аналізу ефективності керування рівнями запасів розрахуємо коефіцієнт оборотності запасів, денні продажі запасів та рентабельність виробничих фондів за формулами:

$$k_{oz} = \frac{C_{\Pi}}{B_{cz}}, \quad (2.1)$$

де k_{oz} – коефіцієнт оборотності запасів;

C_{Π} – собівартість запасів за рік;

B_{cz} – середньорічна вартість запасів.

$$S_{\Pi} = \frac{365}{k_{oz}}, \quad (2.2)$$

де S_{Π} – денні продажі запасів.

$$R_{вф} = \frac{P_{ч}}{B_{озз}} * 100\%, \quad (2.3)$$

де $R_{вф}$ – рентабельність виробничих фондів;

$P_{\text{ч}}$ – чистий прибуток за рік;

$B_{\text{озз}}$ – середньорічна сума основних засобів і запасів.

Результати розрахунків зображено на рис. 2.6. Розглянемо денні продажі запасів, що вказують на середній час, який необхідний підприємству для перетворення запасів у готову продукцію для реалізації. Можемо побачити, що він постійно зростає. Це пов'язано із нагромадженням запасів на підприємстві. Адже через війну поставки часто затримуються через довгі черги на кордонах, відсутності авіаперевезень, що може призвести до дефіциту необхідних комплектуючих.

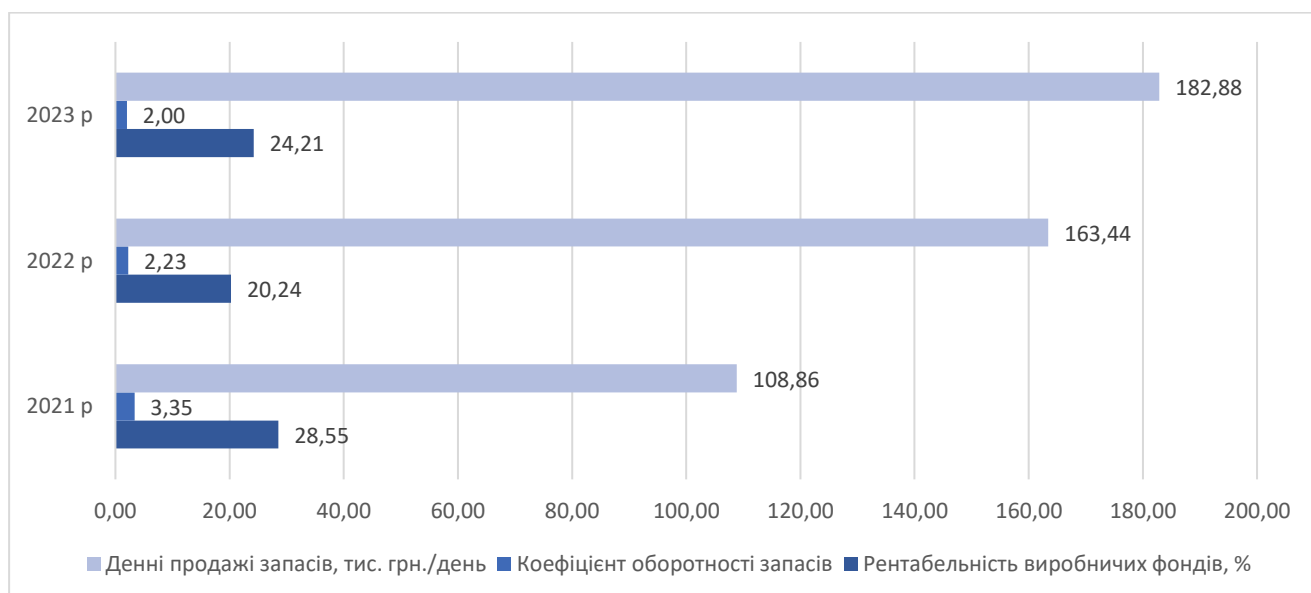


Рисунок 2.6 – Динаміка зміни показників управління запасами за 2021-2023 роки

Розраховано автором на основі табл. 2.1

Наступним показником є коефіцієнт оборотності запасів. Він показує скільки разів компанія оновлює свої запаси протягом певного періоду. На рис. 2.6. можна побачити, що він зменшується за 2021-2023 роки. На початку досліджуваного періоду, запаси оновлювалися 3,35 разів за рік, у 2022 році – 2,23, а вже у 2023 році тільки 2 рази. Можна зробити висновок, що період оновлення запасів за 3 роки

зменшився. Це може означати надмірне накопичення ресурсів або проблеми з реалізацією товарів.

Розглянемо останній показник – рентабельність виробничих фондів. Він показує скільки чистого продукту припадає на 1 грн. середньорічної суми основних засобів та запасів. У 2021 році даний показник був найбільшим – 28,55%. Це означає, що кожна гривня виробничих фондів генерує 25,55 копійок чистого прибутку підприємства. У 2022 році даний показник найнижчий – 20,24%, у 2023 році він збільшується до 24,21%. Тобто, у 2021 році підприємство найефективніше використовувало свої виробничі ресурси, у 2022 році показник зменшився через нестабільність, що утворила криза пов'язана з війною, у 2023 році компанія почала пристосовуватися до змін, що збільшило ефективність керування ресурсами.

Отже, під час кризи показники управління запасами зменшилися, але значення деяких з них покращилися у 2023 році в порівнянні з 2022 роком.

2.2 Побудова економіко-математичної моделі рівня запасів під час кризи

В умовах кризи, що утворилася внаслідок ведення війни, функціонування підприємств ускладнилося через формування нових ризиків, що можуть значно вплинути на перебіг бізнес-процесів. Моделі, що працювали за звичайних обставин, можуть бути неефективними при невизначених умовах, особливо це стосується керування запасами. Тому, щоб мінімізувати ризики, які можуть вплинути на рівень матеріалів підприємства, потрібно обрати модель, що найкраще пристосована до кризових обставин.

В даній роботі розглядається підприємство, що працює лише під замовлення контрагентів. Тобто, попит на товари відомий протягом невеликого проміжку часу. В звичайних умовах це дає змогу враховувати виробничі потужності підприємства, а також визначати потребу в запасах з великою точністю, адже поставки сировини рідко затримуються, попит має закономірність, що дає більш точні розрахунки необхідної кількості сировини та комплектуючих для безперебійного виробництва.

Але через кризові умови заплановані поставки запасів можуть затриматися, попит на продукцію є непередбаченим, що формує потребу у його прогнозуванні.

Прогнозування у невизначених умовах не вираховує точні результати, але дозволяє отримати наближені оцінки, які допомагають при прийнятті рішень щодо керування запасами. В даній роботі буде використано модель Хольта-Вінтерса. Вона передбачає наявність тренду та сезонності у часовому ряді. Розглянемо його у формулах:

$$\widehat{D}_{пк} = \alpha \left(\frac{D_{пк}}{s_{k-s}} \right) + (1 - \alpha) (\widehat{D}_{пк-1} + z_{k-1}), \quad (2.4)$$

$$z_k = \beta (\widehat{D}_{пк} - \widehat{D}_{пк-1}) + (1 - \beta) * t_{k-1}, \quad (2.5)$$

$$s_k = \gamma \left(\frac{D_{пк}}{\widehat{D}_{пк}} \right) + (1 - \gamma) s_{k-s}, \quad (2.6)$$

$$\widehat{D}_{пк+n} = (\widehat{D}_{п0к} + n z_k) s_{k-s+n}, \quad (2.7)$$

де $\widehat{D}_{пк}$ – згладжуваний попит на поточний місяць;

α – коефіцієнт згладжування ряду;

$D_{пк}$ – поточне значення попиту;

$\widehat{D}_{п0к-1}$ – згладжений попит за попередній місяць;

z_{k-1} – значення тренду за попередній місяць;

β – коефіцієнт згладжування тренду;

$\widehat{D}_{пк+n}$ – прогноз попиту на n місяців;

n – порядковий номер місяця, на який робимо прогноз;

z_k – тренд за останній місяць.

γ – константа згладжування циклів с період s ;

s_{k-s} – коефіцієнт сезонності попереднього періоду;

$\widehat{D}_{пк}$ – експоненційно-згладжений попит [19].

Щоб оцінити якість прогнозування та застосувати модель, буде використано показники MSE та RSME. Розглянемо їх детальніше.

MSE (Mean Squared Error) – це середньоквадратична похибка прогнозу. Вона вимірює середнє квадратичне значення різниці між реальними та прогнозованими даними та розраховується за формулою:

$$MSE_{\pi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (D_{\pi n} - \widehat{D}_{\pi n})^2, \quad (2.8)$$

де n – кількість місяців, що прогнозувалися для історичних даних;

$D_{\pi n}$ – реальне значення попиту на готову продукцію;

$\widehat{D}_{\pi n}$ – прогнозоване значення попиту на готову продукцію.

RSME (Root Mean Squared Error) – це коренева середньоквадратична похибка прогнозу, що вимірює середнє відхилення між реальними та прогнозованими значеннями у формулі [20]:

$$RMSE_{\pi} = \sqrt{MSE_{\pi}} \quad (2.9)$$

Щоб дослідити роботу моделі, використовується довірчий інтервал прогнозу. Тобто, в даних межах з ймовірністю 95% знаходитиметься реальний попит на готову продукцію у формулі:

$$D_{\pi}(t) \pm RMSE_{\pi} \quad (2.10)$$

Для виготовлення одиниці товару, що буде доставлена контрагенту, запаси проходять певний шлях на підприємстві. Основними процесами даного руху є замовлення необхідної кількості сировини та матеріалів, їх доставка, зберігання на складах, виробництво готової продукції, її утримання та відвантаження для переміщення до замовника. На великих підприємствах для товарних та виробничих запасів виділені різні складські приміщення для полегшення їх обліку.

Розглянемо рух запасів на виробничих складах підприємства. Даний процес здійснюється щоденно, але через розміри та завантаженість підприємства, однономенклатурний товар може вироблятися в середині чи в кінці місяця, що призводить до простою даного процесу. Тому для кращого зображення та

розрахунків у роботі використовуються місяці, як проміжок часу, а значення на початку місяця, як дискретні величини. Опишемо формування кількості певного виду запасу на початку поточного місяця у формулі:

$$Q_M(t) = Q_D(t - p - 1) + Q_M(t - 1) - Q_B(t - 1), \quad (2.11)$$

де t – початок поточного місяця;

$Q_M(t)$ – кількість запасів на складі на початку поточного місяця;

p – час доставки матеріалу чи сировини;

$Q_D(t - p - 1)$ – кількість доставленої сировини на початку минулого місяця,

що була замовлена p місяців назад;

$Q_M(t - 1)$ – кількість запасів, що залишилася на складі на початку минулого місяця;

$Q_B(t - 1)$ – кількість запасів, що буде використано на виробництво для задоволення попиту поточного місяця, але підраховано на початку минулого місяця.

Опишемо дану формулу. На складі у кожен момент часу зберігаються матеріальні ресурси. Щоб порахувати скільки запасів знаходиться на початку місяця t , потрібно додати кількість сировини чи комплектуючих, що залишилися не використаними на початок минулого місяця до замовлення, що приїхало від постачальників, яке було оформлено на початку $t - p$ місяця, та відняти кількість запасів, що було використано на виробництві та підраховано на початку минулого місяця.

Тепер опишемо рух запасів на складі готової продукції у формулі:

$$G_P(t) = G_P(t - 1) + H_B(t) - D_P(t), \quad (2.12)$$

де $G_P(t)$ – кількість готової продукції, що знаходиться на складі на початку місяця;

$G_P(t - 1)$ – кількість готової продукції, що була на складі на початку минулого місяця;

$H_B(t)$ – кількість готової продукції, яку перемістили на склад на початку поточного місяця;

$D_n(t)$ – кількість продукції, що відвантажили на початку поточного місяця.

Опишемо дану формулу. На початку місяця t зберігаються товари, що були виготовлені до початку поточного місяця $t - 1$, але не відвантажені замовнику. Крім того, через склад проходить готова продукція, що була вироблена та реалізована на початку поточного місяця. На складі вона може зберігатися декілька днів, а витрати на її зберігання входять у собівартість виробництва.

Рух та зберігання товарних та виробничих запасів утворює загальні витрати, які компанія повинна сплачувати. Окрім цього, на підприємстві існує штраф, який воно повинно відшкодувати на початку місяця у разі прострочення термінів відвантаження. Він може сформуватися через дефіцит необхідної кількості виробничих ресурсів. Щоб максимізувати прибуток, підприємство повинно мінімізувати дані втрати в кожен момент часу :

$$TU_{\text{заг}}(t) = TU_B(t) + TU_T(t) + F(t) \rightarrow \min, \quad (2.13)$$

де $TU_{\text{заг}}(t)$ – загальні витрати, що сформувалися на початку місяця;

$TU_B(t)$ – загальні витрати, що утворилися при управлінні виробничими запасами на початку місяця;

$TU_T(t)$ – загальні витрати, що сформувалися при керуванні готовою продукцією на початку місяця;

$F(t)$ – витрати на виплату штрафу за прострочення термінів відвантаження на початку місяця.

Розглянемо формування витрат, що створюються при управлінні виробничими запасами у формулі:

$$TU_B(t) = (c_1 \pm c_2 * Q_M(t - 1)) * Q_M(t - 1) + (c_3 \pm c_4 * Q_D(t - p - 1)) * Q_D(t - p - 1) + H_B(t) * c_5, \quad (2.14)$$

де $TU_B(t)$ – загальні витрати, що підраховуються на початку місяця при русі виробничих запасів протягом минулого місяця;

c_1 – витрати на зберігання одиниці умовного запасу протягом місяця;

c_2 – додаткові витрати на зберігання запасів;

$Q_M(t - 1)$ – кількість виробничих запасів, що залишилася на складі на початку минулого місяця;

c_3 – витрати на купівлю та доставку умовної одиниці запасу;

c_4 – додаткові витрати на доставку;

$Q_D(t - p - 1)$ – кількість доставленої сировини на початку минулого місяця, що була замовлена p місяців тому ;

$H_B(t)$ – кількість виробленої продукції, що була підрахована на початку поточного місяця ;

c_5 – собівартість виробництва одиниці готової продукції.

Розглянемо детальніше формування витрат при зберіганні запасів на складах. Значення c_1 є сталим. Він визначає вартість зберігання одиниці умовного запасу протягом місяця та розраховується підприємством. Змінним є значення c_2 . За звичайних умов $c_2 = 0$. Він формує додаткові витрати, що можуть утворитися у разі настанні незвичайної ситуації. Якщо розглядати військовий час, то у склад, де зберігаються запаси, може потрапити ракета, яка знищить дані ресурси. Через це підприємство отримає великі збитки, а також не зможе використати їх для виготовлення готової продукції. Дане значення c_2 може бути від'ємним, якщо підприємство знайде рішення зменшення витрат при зберіганні продукції.

Розглянемо утворення витрат при замовленні та доставці сировини у формулі (2.14). Витрати на купівлю та транспортування запасів c_3 визначаються при підписанні договору між підприємством та постачальником, вони є фіксованими до закінчення терміну документа. Додаткові втрати c_4 можуть бути змінними. При оптимістичній ситуації на ринку постачальник може робити знижку при гуртовій закупівлі, що зменшить витрати підприємства. В такому випадку знак перед c_4 буде від'ємним, а його значення – це вигода підприємства. При звичайних обставинах

додаткових витрат не передбачається – $c_4 = 0$. При кризових чи воєнних умовах значення c_4 буде додатним, та збільшуватиме втрати компанії. Вони можуть формуватися через постійну зміну логістики, довший термін простоїв на кордоні, погодні умови.

Розглянемо формування витрат при керуванні товарними запасами підприємства у формулі:

$$TU_T(t) = G_{\Pi}(t - 1) * (c_6 \pm c_7 * G_{\Pi}(t - 1)) + D_{\Pi}(t) * c_8 , \quad (2.15)$$

де $TU_T(t)$ – загальні витрати, що формуються на початку місяця при русі товарних запасів протягом минулого місяця;

$G_{\Pi}(t - 1)$ – кількість готової продукції, що зберігалася на складі на початку минулого місяця;

c_6 – витрати на зберігання готової продукції;

c_7 – додаткові витрати, що формуються при зберіганні готової продукції.

$D_{\Pi}(t)$ – кількість реалізованої продукції на початку поточного місяця;

c_8 – витрати на відвантаження товару.

Втрати, що формуються при зберіганні одиниці продукції, можуть змінюватися через різні обставини у формулі (2.15). Змінним значенням є c_7 . За звичайних умов він рівний нулю. При розробці стратегії, що мінімізує вартість зберігання готової продукції, c_7 буде від'ємним та зекономить кошти компанії. Додатним значення c_7 буде при знищенні складського приміщення, а також при непередбачуваних ситуаціях, що збільшать витрати на зберігання одиниці готової продукції.

При прогнозуванні попиту кількість необхідної сировини та матеріалів буде відомою, тому щоб зменшити загальні витрати при управлінні рівнями запасу, підприємству необхідно зменшувати втрати при замовленні майбутньої поставки. Це формує необхідність в пошуку розміру замовлення, що одночасно зможе задовільнити потреби виробництва у ресурсах, знизить витрати при їх зберіганні та

не перевищить розмір складського приміщення. Тобто, розмір нового замовлення є нефіксованою величиною.

Дана модель побудована для системи з фіксованим часом між заказами. Тобто, замовлення нової поставки буде формуватися регулярно через певну кількість місяців.

Отже, сформуємо обмеження для даної моделі. Перше – це розмір складу для виробничих запасів у формулі:

$$Q_m(t) \leq Q_{max}, \quad (2.16)$$

де Q_{max} – максимальний розмір складського приміщення.

При обчисленні розміру замовлення також потрібно враховувати його у формулі:

$$Q_d(t - p - 1) \leq Q_{max}, \quad (2.17)$$

де $Q_d(t - p - 1)$ – розмір майбутньої поставки.

Іншим обмеженням для визначення необхідної кількості сировини є сума попиту, що прогнозується на n місяців вперед у формулі:

$$\sum_{n=1}^m (D_n(n + t - 1) * r_i) \leq Q_d(t - p - 1), \quad (2.18)$$

де $D_n(n + t - 1)$ – це прогнозований попит на готову продукцію на $(n + t - 1)$ місяць;

r_i – це кількість сировини i , що необхідна для виробництва одиниці готової продукції.

Щоб врахувати ризики, що пов'язані із воєнною кризою, створимо резерв запасів. Це кількість сировини чи матеріалів, що повинна знаходитися на складі для врегулювання невизначеності попиту. Також вона зможе забезпечити безперебійне виробництво у разі несподіваних ситуацій. Підприємства, що його використовують,

вираховують їх по-різному. В даному випадку резерв розраховуватиметься як у формулі:

$$R = 0,2 * Q_{max} , \quad (2.19)$$

де R – це кількість резервної продукції;
 Q_{max} – максимальні місткість складу.

Коефіцієнт 0,2 було обрано, щоб одночасно забезпечити безперебійне виробництво, але не накопичувати великої кількості сировини.

Якщо в час оформлення поставки підприємство почало використовувати резервні запаси, то їх потрібно оновити під час наступної поставки. Отже, розмір замовлення $Q_d(t - p - 1)$ розраховуватиметься за формулою:

$$\begin{cases} Q_d(t - p - 1)^* = \sum_{n=1}^m (D_n(n + t - 1) * r_i), \text{ якщо } Q_m(t - p - 1) \geq R \\ Q_d(t - p - 1)^* + (R - Q_m(t - p - 1)), \text{ якщо } Q_m(t - p - 1) < R \end{cases}, \quad (2.20)$$

де $Q_d(t - p - 1)^*$ - це розмір замовлення, що мінімізує загальні витрати.

Тобто, при оформленні замовлення підприємству потрібно знайти оптимальне значення розміру заказу, що мінімізуватиме витрати. Після даного кроку необхідно перевірити чи рівень запасу не знизився до резервних. Якщо кількість сировини чи матеріалів менше, потрібно до майбутнього замовлення додати кількість запасів, що були використані з резерву. Це може допомогти уникнути штрафу за прострочення відвантаження, адже даний крок забезпечить безперебійне виробництво.

Щоб проаналізувати отримані результати буде використано функцію прибутку підприємства при управлінні запасами у формулі:

$$P(t) = D_n(t) * p - TU_{зар}(t), \quad (2.21)$$

де p – ціна за одиницю готової продукції.

2.3 Економіко-математичне моделювання рівня запасів на підприємстві в кризових умовах

Для демонстрації моделювання використовується процес створення готової продукції АЛТ 050/50 – від закупівлі сировини до відвантаження товару контрагентам. Його ціна – 550 грн. Щоб створити одиницю АЛТ 050/50 потрібно 4 запаси – інформація про них знаходиться у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Запаси, що необхідні для створення одиниці АЛТ 050/50

Назва запасу	Кількість	Одиниці вимірювання	Закупівельна ціна, грн./од.	Терміни поставки
Стрічка клейка алюмінієва (30 мікрон) 50мм*50 м	50	пог. м	1,03	2 – 3 місяця
Стрічка клейка 48x48x66 диз.1	0,18625	м	0,32	
Наклейка 100x300	1	шт	1,44	1-2 місяця
Гофроящик У-169 255x255x130	0,125	шт	15,22	

Складено на основі власних досліджень автора

Для зберігання даних запасів використовуються 2 різних склади через різних постачальників. Стрічки розміщуються на першому складі, наклейки та гофроящики – на другому. Для готової продукції використовується третій склад. У табл. 2.3 вказано максимальний обсяг запасів, що можуть зберігатися одночасно, а також скільки запасів залишилося на складі на початку грудня 2023 року.

Таблиця 2.3 – Інформація про кількість запасів та обмеження складів

Назва запасу	Кількість запасів на початок грудня 2023 року	Обмеження складів	Одиниці вимірювання
Стрічка клейка алюмінієва (30 мікрон) 50мм*50 м	120000	250000	пог. м
Стрічка клейка 48x48x66 диз.1	480	1000	м
Наклейка 100x300	1628	6000	шт
Гофроящик У-169 255x255x130	205	500	шт
АЛТ 050/50	153	2000	шт

Складено на основі власних досліджень автора

У табл. 2.4 вказано витрати на зберігання певної кількості запасів протягом місяця.

Таблиця 2.4 – Витрати, що формуються під час зберігання запасів

Назва запасу	Кількість	Ціна, грн.	Одиниці вимірювання
Стрічка клейка алюмінієва (30 мікрон) 50мм*50 м	1	0,25	пог. м
Стрічка клейка 48х48х66 диз.1	1	0,6	м
Наклейка 100х300	1	0,5	шт
Гофроящик У-169 255х255х130	1	0,4	шт
АЛТ 050/50	1	3	шт

Складено на основі власних досліджень автора

У табл. 2.5 вказано резерв запасу для кожної з комплектуючих, що був розрахований за формулою (2.19).

Таблиця 2.5 – Резерв запасів

Назва запасу	Обсяг граничного резерву	Одиниці вимірювання
Стрічка клейка алюмінієва (30 мікрон) 50мм*50 м	50000	пог. м
Стрічка клейка 48х48х66 диз.1	200	м
Наклейка 100х300	1200	шт
Гофроящик У-169 255х255х130	100	шт

Складено на основі власних розрахунків автора

Дане підприємство працює під замовлення контрагентів, тобто точний попит може бути відомим на декілька тижнів вперед. Але щоб визначати розмір замовлення запасів та забезпечувати безперебійне виробництво, доцільніше робити прогнози на майбутні періоди. На рис. 2.7 візуалізовано динаміку зміни попиту на готову продукцію АЛТ 050/50 протягом 2020 – 2023 років.

Щоб з'ясувати доцільність використання методу прогнозування Хольта-Вінтерса, потрібно перевірити часовий ряд на наявність сезонності та тренду. Для початку потрібно згладити часовий ряд, щоб позбутися викидів даних. Для цього було використано медіанний фільтр з шириною вікна $W=3$. Результати згладжування зображені на рис. 2.8.

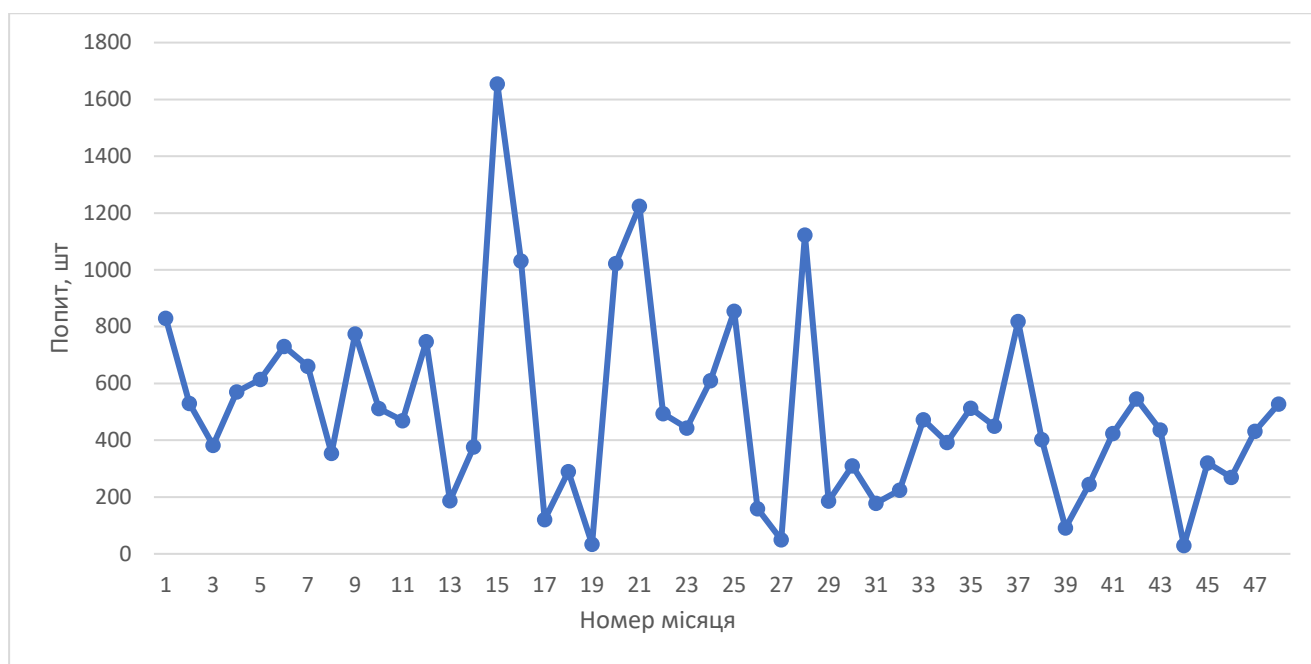


Рисунок 2.7 – Попит на АЛТ 050/50 протягом 2020 – 2023 років

Складено на основі власних досліджень автора

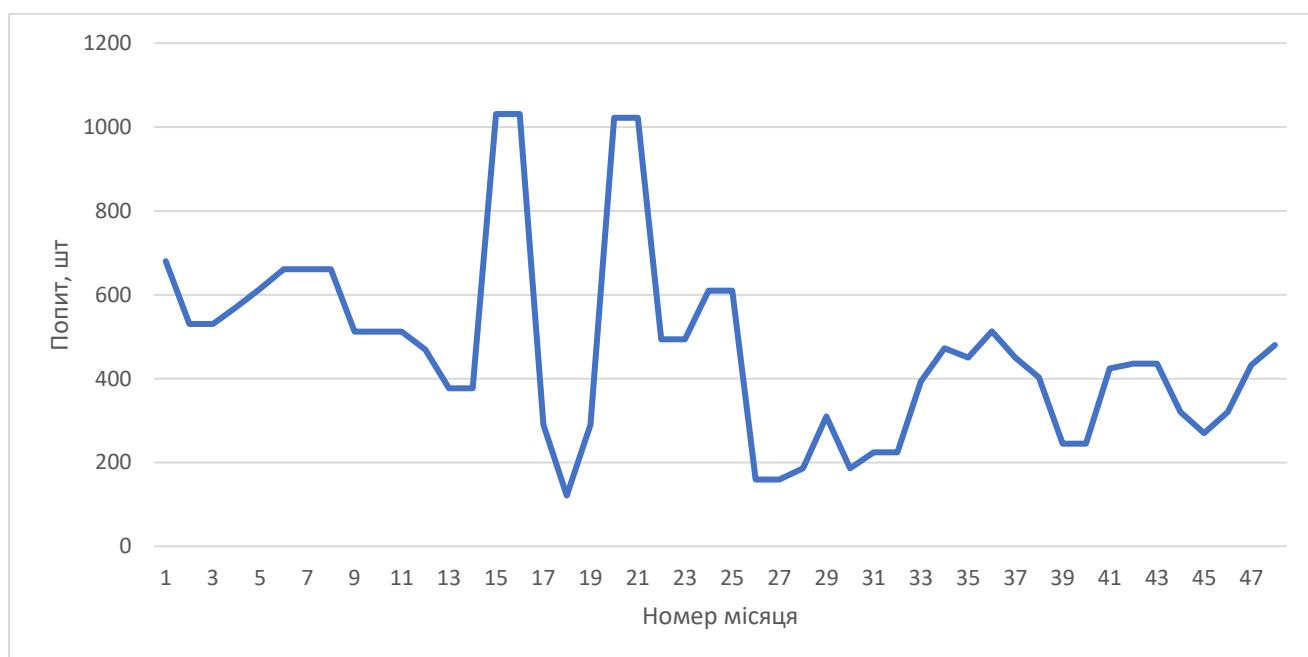


Рисунок 2.8 – Згладжений попит на АЛТ 050/50 протягом 2020 – 2023 років

Складено на основі власних розрахунків автора

Після згладжування даних було використано автокореляційну функцію. Результат зображено на рис. 2.9.

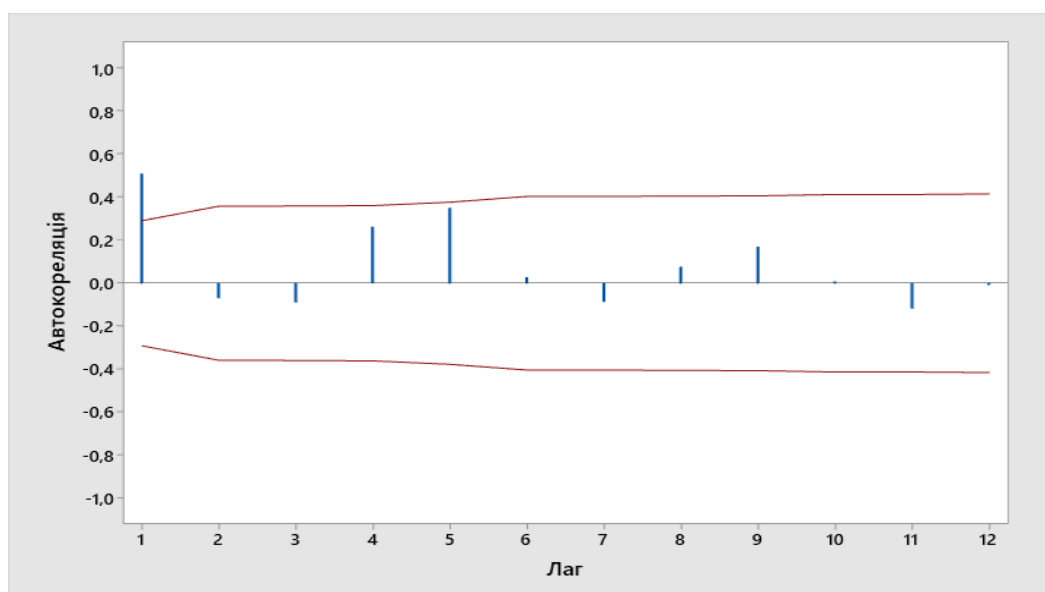


Рисунок 2.9 – Автокореляційна функція

Складено на основі власних розрахунків автора

Із рис. 2.9 можна зробити висновки, що в часовому ряді присутній тренд, адже значення автокореляції при першому лагу є найвищим, далі воно спадає. Сезонність також є, адже значення автокореляції інтервально змінюється. При перших трьох лагах воно спадає, потім зростає при четвертому та п'ятому лагу, потім знову спадає на 2 лаги. Дані розрахунки є підставою для використання методу Хольта-Вінтерса. Попит було спрогнозовано на 12 місяців. При розрахунках було обрано такі значення коефіцієнтів: $\alpha = 0,8$, $\beta = 0,15$, $\gamma = 0,325$. Розрахунки прогнозування знаходяться в додатку А, а їх результати можна побачити в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Прогнозований попит на АЛТ 050/50 протягом 12 місяців

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Попит, шт	525	460	429	566	492	547	508	465	650	643	696	723

Складено на основі власних розрахунків автора

Для створення довірчого інтервалу прогнозу було пораховано MSE та RMSE. Для їх пошуку було використано прогнозовані дані з березня 2022 року, щоб врахувати відхилення прогнозу саме під час кризи. MSE становить 117863,6, а значення RMSE дорівнює 343,3. Через те, що готова продукція рахується в штуках, для довірчого інтервалу було використано цілочисельне значення у формулі (2.22):

$$D_{\pi}(t) \pm 343, \quad (2.22)$$

де $D_{\pi}(t)$ – це значення прогнозованого попиту.

Виробництво одного товару коштує 40 грн. Витрати на відвантаження становлять 5 грн./од. За місяць підприємство може виробити 4000 одиниць АЛТ 050/50. Штраф за прострочення термінів відвантаження – 40000 грн./місяць. Через кризу, що утворилася під час війни, постачальник підвищив ціну на доставку продукції, що створило додаткові витрати $c_4 = 0,0001$. Всі інші змінні витрати дорівнюють 0.

В основі моделі розрахунку оптимального розміру замовлення знаходиться система з фіксованим інтервалом між розміщенням замовлення та нефіксованим обсягом поставки.

Розглянемо основні етапи, що потрібні для роботи моделі, яка сформує розмір майбутньої поставки сировини та встановить час розміщення нового замовлення:

1. Визначення фіксованого інтервалу між розміщеннями нових замовлень для кожного запасу в залежності від часу поставки;
2. Підрахунок рівнів запасу на складах на початку місяця. Тобто, підприємству потрібно зробити облік матеріальних ресурсів та розрахувати кількість сировини та комплектуючих, що необхідні для роботи виробництва;
3. Спрогнозувати попит на майбутній період для формування розміру поставки;
4. Визначити значення обмежень, що впливають на обсяг замовлення;
5. Розрахувати оптимальний об'єм майбутньої поставки, що мінімізуватиме загальні витрати та враховуватиме всі обмеження;
6. Перевірка цілісності створених резервів на складах. Якщо під час оформлення замовлення, рівень матеріальних ресурсів був нижче страхового запасу, то потрібно їх оновити шляхом збільшення розрахованого оптимального об'єму заказу.

Щоб показати роботу моделі, було досліджено рух запасів та значення розміру замовлення в залежності від попиту та часу поставки.

Розглянемо перший сценарій. Попит на продукцію відповідає середині довірчого інтервалу. Затримок у поставках не було. Рух на складі імпорتنих запасів зображений у табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Рух виробничих запасів на складі №1 за першим сценарієм

t	$Q_{на}(t-1)$, пог. м	$Q_{нк}(t-1)$, м	$Q_{да}(t-p-1)$, пог. м	$Q_{дк}(t-p-1)$, м	$Q_{ва}(t-1)$, пог. м	$Q_{вк}(t-1)$, м	p
1	120000	480,00	0	0	18600	69,29	
2	101400	410,72	0	0	22950	85,49	2
3	78450	325,23	49700	185,13	21450	79,90	
4	106700	430,46	0	0	28250	105,23	2
5	78450	325,23	51900	193,33	24550	91,45	
6	105800	427,11	0	0	27350	101,88	2
7	78450	325,23	48600	181,04	25400	94,62	
8	101650	411,65	0	0	23200	86,42	2
9	78450	325,23	64600	240,64	32450	120,88	
10	110600	444,99	0	0	32150	119,76	2
11	78450	325,23	70900	264,10	34800	129,63	
12	114550	459,70	0	0	36100	134,47	2

Складено на основі власних розрахунків автора

Розглянемо формули та позначення у заголовках стовпців у табл. 2.7 для кращого розуміння процесу:

t – це початок поточного місяця;

$Q_{на}(t-1)$ – обсяг алюмінієвої стрічки, що залишилася на складі на початку минулого місяця;

$Q_{нк}(t-1)$ – обсяг клейкої стрічки, що залишилася на складі на початку минулого місяця;

$Q_{да}(t-p-1)$ – кількість алюмінієвої стрічки, що була замовлена на початку $t-p-1$ місяця та доставлена на початку $t-1$ місяця;

$Q_{дк}(t-p-1)$ – кількість клейкої стрічки, що була замовлена на початку $t-p-1$ місяця та доставлена на початку $t-1$ місяця;

$Q_{ва}(t-1)$ – кількість алюмінієвої стрічки, що буде використана на виробництво та підрахована на початку $t-1$ місяця;

$Q_{вк}(t-1)$ – кількість клейкої стрічки, що буде використана на виробництво та підрахована на початку $t-1$ місяця;

p – час доставки сировини. В таблиці він позначає початок місяця t при якому було зроблено замовлення на поставку, що приїде на початку $t + p$ місяця.

Значення розрахованих нефіксованих обмежень, функцій та оптимальних обсягів замовлення при першому сценарії для мінімізації витрат знаходяться в додатку Б.

Кожні 2 місяці підприємство робило нове замовлення на постачання імпортової сировини. Поставка, що приїжджала, була розрахована на 2 місяці безперервного виробництва, тобто нижнім обмеженням оптимального розміру замовлення є сума прогнозованого попиту на який була розрахована дана поставка. Наприклад, підприємство зробило нове замовлення на початку 2 місяця, дана поставка приїхала на початку 4 місяця, щоб задовільнити попит 5 та 6 місяців. Адже виробництво готової продукції розпочинається на початку 4 місяця, щоб відвантажити її на початку 5 місяця. Верхнім обмеженням розміру замовлення є максимальна місткість складу. Після кожного розрахунку, було проведено перевірку фактичної кількості сировини, щоб ,у разі використання резерву запасів, поновити його з наступною доставкою.

В табл. 2.7 можемо побачити, що при застосуванні моделі протягом 12 місяців, не виникало дефіциту імпортової сировини. При виробництві не використовувався резерв запасів, тому розміри поставок – це розраховані оптимальні обсяги замовлення, що мінімізують витрати на закупівлю та доставку сировини.

Розглянемо рух запасів на складі матеріалів українських постачальників при першому сценарії у табл. 2.8:

Таблиця 2.8 – Рух виробничих запасів на складі №2 за першим сценарієм

t	$Q_{нл}(t-1)$, шт	$Q_{нг}(t-1)$, шт	$Q_{дл}(t-p-1)$, шт	$Q_{дг}(t-p-1)$, шт	$Q_{вл}(t-1)$, шт	$Q_{вг}(t-1)$, шт	p
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1628	205,00	0	0	372	46,50	1
2	1256	158,50	459	57,38	459	57,38	1
3	1256	158,50	429	53,63	429	53,63	1
4	1256	158,50	565	70,63	565	70,63	1
5	1256	158,50	491	61,38	491	61,38	1

Продовження табл. 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8
6	1256	158,50	547	68,38	547	68,38	1
7	1256	158,50	508	63,50	508	63,50	1
8	1256	158,50	464	58,00	464	58,00	1
9	1256	158,50	649	81,13	649	81,13	1
10	1256	158,50	643	80,38	643	80,38	1
11	1256	158,50	696	87,00	696	87,00	
12	1256	158,50	722	90,25	722	90,25	

Складено на основі власних розрахунків автора

Розглянемо формули у заголовках стовпців у табл. 2.8 для кращого розуміння процесу руху запасів на складі №2 :

$Q_{нл}(t - 1)$ – кількість наклейок, що залишилася на складі на початку минулого місяця;

$Q_{нг}(t - 1)$ – кількість гофроящиків, що залишилася на складі на початку минулого місяця;

$Q_{дл}(t - p - 1)$ – кількість наклейок, що була замовлена на початку $t - p - 1$ місяця та доставлена на початку $t - 1$ місяця;

$Q_{дг}(t - p - 1)$ – кількість гофроящиків, що була замовлена на початку $t - p - 1$ місяця та доставлена на початку $t - 1$ місяця;

$Q_{вл}(t - 1)$ – кількість наклейок, що буде використана на виробництво та підрахована на початку $t - 1$ місяця;

$Q_{вг}(t - 1)$ – кількість гофроящиків, що буде використана на виробництво та підрахована на початку $t - 1$ місяця.

Проведемо аналіз табл. 2.8. Кожного місяця підприємство робило нове замовлення на доставку запасів. Обсяг матеріальних ресурсів, що приїжджав на підприємство, забезпечував один місяць безперебійного виробництва. Тобто нижнім обмеженням був прогнозований попит на $t + 1$ місяць. Наприклад, на початку 8 місяця було зроблено замовлення, що приїде на склад на початку 9 місяця, щоб задовільнити попит 10 місяця. При перевірці обсягів матеріалів не спостерігалось використання резервного запасу. Дефіциту сировини вдалося уникнути.

Розглянемо рух запасів на складі готової продукції у табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Виробництво та рух товарних запасів на складі №3 за першим сценарієм

t	$G_{п}(t - 1)$, шт	$H_{в}(t)$, шт	$D_{п}(t)$, шт
1	153	372	525
2	0	459	459
3	0	429	429
4	0	565	565
5	0	491	491
6	0	547	547
7	0	508	508
8	0	464	464
9	0	649	649
10	0	643	643
11	0	696	696
12	0	722	722

Складено на основі власних розрахунків автора

Розглянемо формули у заголовках стовпців у табл. 2.9:

$G_{п}(t - 1)$ – кількість готової продукції, що була на складі на початку минулого місяця;

$H_{в}(t)$ – кількість готової продукції, яку перемістили на склад на початку поточного місяця;

$D_{п}(t)$ – кількість продукції, що відвантажили на початку поточного місяця.

Щоб мінімізувати витрати на зберігання готової продукції, виробництво виготовляє стільки товарів, скільки потрібно для задоволення попиту, адже підприємство має великі виробничі потужності – 4000 одиниць АЛТ 050/50 на місяць.

При першій ситуації штрафу за прострочення термінів відвантаження вдалося уникнути, що не створило додаткових збитків підприємству.

Розглянемо другу ситуацію, коли прогнозований попит кожного місяця дорівнює нижній межі довірчого інтервалу. Затримок у поставках сировини не було.

Розрахунки значень нефіксованих обмежень, функцій та оптимальних обсягів замовлення при другому сценарії для мінімізації витрат знаходяться в додатку В.

У табл. 2.10 зображено рух імпортованих запасів на складі.

Таблиця 2.10 – Рух виробничих запасів на складі №1 за другим сценарієм

t	$Q_{на}(t-1)$, пог. м	$Q_{нк}(t-1)$, м	$Q_{да}(t-p-1)$, пог. м	$Q_{дк}(t-p-1)$, м	$Q_{ва}(t-1)$, пог. м	$Q_{вк}(t-1)$, м	p
1	120000	480	0	0	1450	5,40	
2	118550	474,60	0	0	5800	21,61	2
3	112750	452,99	15400	57,37	4300	16,02	
4	123850	494,34	0	0	11100	41,35	2
5	112750	452,99	17600	65,56	7400	27,57	
6	122950	490,99	0	0	10200	38,00	2
7	112750	452,99	14300	53,27	8250	30,73	
8	118800	475,53	0	0	6050	22,54	2
9	112750	452,99	30300	112,87	15300	56,99	
10	127750	508,87	0	0	15000	55,88	2
11	112750	452,99	36600	136,34	17650	65,75	
12	131700	523,58	0	0	18950	70,59	2

Складено на основі власних розрахунків автора

Алгоритм вибору обмежень та пошуку оптимального розміру замовлення ідентичний до 1 сценарію. В табл. 2.10 можна побачити, що модель пристосувалася до низького попиту, адже розмір поставок зменшився. Лінія резерву не була перетнута, тому обсяг замовлення мінімізує загальні витрати підприємства на закупівлю та доставку запасів. Якщо прогнозні значення не відповідатимуть дійсності, резерв сировини зможе допомогти уникнути дефіциту на складі.

Розглянемо рух виробничих запасів українського постачальника при низькому ринковому попиті у табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Рух виробничих запасів на складі №2 за другим сценарієм

t	$Q_{нл}(t-1)$, шт	$Q_{нг}(t-1)$, шт	$Q_{дл}(t-p-1)$, шт	$Q_{дг}(t-p-1)$, шт	$Q_{вл}(t-1)$, шт	$Q_{вг}(t-1)$, шт	p
	2	3	4	5	6	7	8
1	1628	205,00	0	0	29	3,63	1
2	1599	201,38	116	14,50	116	14,50	1
3	1599	201,38	86	10,75	86	10,75	1
4	1599	201,38	222	27,75	222	27,75	1
5	1599	201,38	148	18,50	148	18,50	1
6	1599	201,38	204	25,50	204	25,50	1
7	1599	201,38	165	20,63	165	20,63	1
8	1599	201,38	121	15,13	121	15,13	1
9	1599	201,38	306	38,25	306	38,25	1

Продовження табл. 2.11

1	2	3	4	5	6	7	8
10	1599	201,38	300	37,50	300	37,50	1
11	1599	201,38	353	44,13	353	44,13	
12	1599	201,38	379	47,38	379	47,38	

Складено на основі власних розрахунків автора

В даній таблиці можемо побачити, що було задоволено потреби підприємства для виробництва готової продукції протягом 12 місяців. Дефіциту сировини вдалося уникнути, а рівень запасів не знижувався до резервного.

Розглянемо рух товарних запасів на підприємстві при найменшому попиті на готову продукцію у табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Виробництво та рух товарних запасів на складі №3 за другим сценарієм

t	$G_{п}(t - 1)$, шт	$H_{в}(t)$, шт	$D_{п}(t)$, шт
1	153	29	182
2	0	116	116
3	0	86	86
4	0	222	222
5	0	148	148
6	0	204	204
7	0	165	165
8	0	121	121
9	0	306	306
10	0	300	300
11	0	353	353
12	0	379	379

Складено на основі власних розрахунків автора

В даній таблиці можемо побачити розраховане найнижче значення довірчого інтервалу прогнозу для кожного місяця. Виробництво виготовляло точну кількість готової продукції, щоб задовільнити попит споживачів. За рахунок цього, витрати на зберігання товарних запасів були мінімальними.

За даної ситуації підприємство уникнуло штрафу за прострочення термінів відвантаження. Якщо прогнозований попит матиме вищі значення, то виробництво зможе його задовільнити завдяки високим потужностям та резервним запасам, що можуть бути використані підприємством, поки їде нова поставка матеріалів.

Розглянемо третю ситуацію. Кожного місяця попит на продукцію АЛТ 050/50 дорівнював верхній межі довірчого інтервалу прогнозу. Затримок у поставці сировини не передбачалося.

Пораховані нефіксовані обмеження, значення функцій та оптимальні розміри замовлення зазначені у додатку Г.

Рух виробничих запасів імпоротної сировини зображено у табл. 2.13.

Таблиця 2.13 – Рух виробничих запасів на складі №1 за третім сценарієм

t	$Q_{на}(t-1)$, пог. м	$Q_{нк}(t-1)$, м	$Q_{да}(t-p-1)$, пог. м	$Q_{дк}(t-p-1)$, м	$Q_{ва}(t-1)$, пог. м	$Q_{вк}(t-1)$, м	p
1	120000	480,00	0	0	35750	133,17	
2	84250	346,83	0	0	40100	149,37	2
3	44150	197,46	84000	312,90	38600	143,79	
4	89550	366,57	0	0	45400	169,12	2
5	44150	197,46	92050	323,64	41700	155,33	
6	94500	365,76	0	0	44500	165,76	2
7	50000	200,00	88750	311,34	42550	158,50	
8	96200	352,85	0	0	40350	150,30	2
9	55850	202,54	98900	368,40	49600	184,76	
10	105150	386,18	0	0	49300	183,64	2
11	55850	202,54	105200	391,87	51950	193,51	
12	109100	400,90	0	0	53250	198,36	2

Складено на основі власних розрахунків автора

В даній таблиці можна побачити, що на початку другого місяця, кількість алюмінієвої та клейкої стрічки перетнула резервну лінію, що забезпечила безперебійне виробництво минулих періодів. Це було враховано при оформленні замовлення на четвертий місяць. Тобто, обсяг матеріалів, що приїхав, був розрахований для задоволення попиту майбутніх періодів та відновлення використаних страхових виробничих запасів. Поставка, що приїхала на початку другого місяця, оновила резерви, але протягом виробничої діяльності третього місяця знову було використано страхові запаси. Тобто, щоб відновити резервну лінію, підприємству знадобилося кілька поставок сировини.

Розглянемо рух виробничих запасів українського постачальника у табл. 2.14.

Таблиця 2.14 – Рух виробничих запасів на складі №2 за третім сценарієм

t	$Q_{нл}(t-1)$, шт	$Q_{нр}(t-1)$, шт	$Q_{дл}(t-p-1)$, шт	$Q_{др}(t-p-1)$, шт	$Q_{вл}(t-1)$, шт	$Q_{вр}(t-1)$, шт	p
1	1628	205	0	0	715	89,38	1
2	913	115,63	802	100,25	802	100,25	1
3	913	115,63	772	96,50	772	96,50	1
4	913	115,63	1195	113,50	908	113,50	1
5	1200	115,63	1121	104,25	834	104,25	1
6	1487	115,63	890	111,25	890	111,25	1
7	1487	115,63	851	106,38	851	106,38	1
8	1487	115,63	807	100,88	807	100,88	1
9	1487	115,63	992	124,00	992	124,00	1
10	1487	115,63	986	123,25	986	123,25	1
11	1487	115,63	1039	129,88	1039	129,88	
12	1487	115,63	1065	133,13	1065	133,13	

Складено на основі власних розрахунків автора

В табл. 2.14 можемо побачити, що при керуванні рівнями запасів підприємства, кількість накладок декілька разів перетнула визначений резерв, але робота виробництва не була перервана, а дефіциту було уникнено.

Розглянемо рух товарних запасів при найвищому попиті на готову продукцію у табл. 2.15.

Таблиця 2.15 – Виробництво та рух товарних запасів на складі №3 за третім сценарієм

t	$G_{п}(t-1)$, шт	$H_{в}(t)$, шт	$D_{п}(t)$, шт
1	153	715	868
2	0	802	802
3	0	772	772
4	0	908	908
5	0	834	834
6	0	890	890
7	0	851	851
8	0	807	807
9	0	992	992
10	0	986	986
11	0	1039	1039
12	0	1065	1065

Складено на основі власних розрахунків автора

В даному сценарії використовуються верхні значення довірчого інтервалу прогнозу. Кількість виробленої продукції протягом минулого місяця задовольняє

попит на початку поточного для зменшення витрат на зберігання товарних запасів. Підвищений попит підприємство змогло задовільнити завдяки резерву сировини та періодичним поставкам запасів.

Розглянемо четверту ситуацію, коли прогнозований попит здійснився. Але кожна поставка затримувалася через різні обставини, що пов'язані з кризою або зовнішніми умовами, наприклад, довгі черги на кордоні чи стихійні явища. Рух імпортованих виробничих запасів зображений у табл. 2.16.

Таблиця 2.16 – Рух виробничих запасів на складі №1 за четвертим сценарієм

t	$Q_{на}(t-1)$, пог. м	$Q_{нк}(t-1)$, м	$Q_{да}(t-p-1)$, пог. м	$Q_{дк}(t-p-1)$, м	$Q_{ва}(t-1)$, пог. м	$Q_{вк}(t-1)$, м	p
1	120000	480,00	0	0	18600	69,29	
2	101400	410,72	0	0	22950	85,49	3
3	78450	325,23	0	0	21450	79,90	
4	57000	245,33	49700	185,13	28250	105,23	3
5	78450	325,23	0	0	24550	91,45	
6	53900	233,78	51900	193,33	27350	101,88	3
7	78450	325,23	0	0	25400	94,62	
8	53050	230,61	48600	181,04	23200	86,42	3
9	78450	325,23	0	0	32450	120,88	
10	46000	204,35	64600	240,64	32150	119,76	
11	78450	325,23	0	0	34800	129,63	
12	43650	195,60	70900	264	36100	134,47	

Складено на основі власних розрахунків автора

Значення нефіксованих обмежень, функцій та оптимальних обсягів замовлення при четвертому сценарії знаходяться в додатку Д.

Як і при перших трьох сценаріях, підприємство оформлювало нове замовлення на постачання імпортованої сировини кожні 2 місяця. Обсяг замовлених запасів був розрахований так, щоб задовільнити потреби виробництва на 2 місяці. Але нестабільна ситуація в країні постійно впливала на терміни поставки – вони збільшилися до трьох місяців.

Звернемо увагу на табл. 2.16. Перше замовлення поставки було зроблено на початку останнього місяця минулого року. Підприємство було впевнене, що заказ приїде на початку другого місяця і через це воно розраховувало потребу у запасах, що необхідна для задоволення попиту 3 та 4 місяців. Поставку змістили на місяць,

тобто матеріальні ресурси доставили на початку третього місяця, а для задоволення попиту було використано наявні запаси на складах. Під час наступного планового замовлення кількість запасів перевищувала резерв, адже або поставка компенсувала витрачені ресурси, або при їх використанні обсяг не перетнув лінію страхового запасу.

Розглянемо рух виробничих запасів на другому складі у табл. 2.17.

Таблиця 2.17 – Рух виробничих запасів на складі №2 за четвертим сценарієм

t	$Q_{нл}(t-1)$, шт	$Q_{нг}(t-1)$, шт	$Q_{дл}(t-p-1)$, шт	$Q_{дг}(t-p-1)$, шт	$Q_{вл}(t-1)$, шт	$Q_{вг}(t-1)$, шт	p
1	1628	205,00	0	0	372	46,50	2
2	1256	158,50	0	0	459	57,38	2
3	797	101,13	459	57,38	429	53,63	2
4	827	104,88	429	53,63	565	70,63	2
5	691	87,88	968	70,63	491	61,38	2
6	1168	97,13	864	61,38	547	68,38	2
7	1485	90,13	1056	80,50	508	63,50	2
8	2033	107,13	540	66,38	464	58,00	2
9	2109	115,50	464	67,88	649	81,13	2
10	1924	102,25	649	81,13	643	80,38	
11	1930	103,00	643	80,38	696	87,00	
12	1877	96,38	696	87,00	722	90,25	

Складено на основі власних розрахунків автора

У даній таблиці можна побачити, що поставка матеріалів затримувалася на місяць протягом досліджуваного періоду, а підприємство розміщувало замовлення на початку кожного місяця. Доставка, що приїжджала, компенсувала витрачені ресурси протягом минулого місяця, а також поповнювала резерв, що був використаний на момент розміщення замовлення. Дефіциту сировини вдалося уникнути завдяки використанню резерву запасу. Адже якщо його не застосовувати, то ресурси на складах витратилися б швидше, ніж приїхала нова поставка. Це призвело б до появи штрафу за прострочення відвантаження.

Виробництво та рух товарних запасів є однаковим для першого та четвертого сценарію через рівність попиту. Тому рух товарних запасів при четвертому сценарії зображено в табл. 2.9.

Розглянемо останній сценарій – попит на готову продукцію дорівнював верхній межі інтервалу, а поставки всіх видів матеріалів затримувалися на місяць. Значення нефіксованих обмежень, функцій та оптимальних обсягів замовлення при п'ятому сценарії знаходяться в додатку Е.

Розглянемо у табл. 2.18 рух виробничих запасів на складі імпорتنних ресурсів.

Таблиця 2.18 – Рух виробничих запасів на складі №1 за п'ятим сценарієм

t	$Q_{на}(t-1)$, пог. м	$Q_{нк}(t-1)$, м	$Q_{да}(t-p-1)$, пог. м	$Q_{дк}(t-p-1)$, м	$Q_{ва}(t-1)$, пог. м	$Q_{вк}(t-1)$, м	p
1	120000	480	0	0	35750	133,17	
2	84250	346,83	0	0	40100	149,37	3
3	44150	197,46	0	0	38600	143,79	
4	5550	53,67	84000	312,90	45400	169,12	3
5	44150	197,46	0	0	41700	155,33	
6	2450	42,13	92050	323,64	44500	165,76	3
7	50000	200,00	0	0	42550	158,50	
8	7450	41,50	88750	306,26	40350	150,30	3
9	55850	197,46	0	0	49600	184,76	
10	6250	12,70	98900	368,40	49300	183,64	
11	55850	197,46	0	0	51950	193,51	
12	3900	3,95	105200	394,41	53250	198,36	

Складено на основі власних розрахунків автора

Робота моделі визначення оптимального розміру замовлення сировини та матеріалів у табл. 2.18 є аналогічною з четвертим сценарієм. Основною відмінністю є величина попиту. Можемо побачити, що дефіциту вдалося уникнути, але в інтервалі між поставками, виробництво вичерпує майже всі страхові запаси, що не дає можливості накопичити повний резерв. Це створює ризик створення штрафу за прострочення продукції.

Розглянемо рух запасів українського постачальника, де поставки запізнюються на місяць у табл. 2.19.

В даній таблиці можна побачити, що дефіциту було уникнено, але як і на складі №1, в деякі місяці рівень запасів був критично низьким. Якщо не існувало б резерву запасів, підприємство отримало б великі збитки та втратило б довіру клієнтів.

Таблиця 2.19 – Рух виробничих запасів на складі №2 за п'ятим сценарієм

t	$Q_{нл}(t-1)$, шт	$Q_{нг}(t-1)$, шт	$Q_{дл}(t-p-1)$, шт	$Q_{дг}(t-p-1)$, шт	$Q_{вл}(t-1)$, шт	$Q_{вг}(t-1)$, шт	p
1	1628	205,00	0	0	715	89,38	2
2	913	115,63	0	0	802	100,25	2
3	111	15,38	802	100,25	772	96,50	2
4	141	19,13	1059	96,50	908	113,50	2
5	292	2,13	1997	198,13	834	104,25	2
6	1455	96,00	1893	185,13	890	111,25	2
7	2458	169,88	1798	209,13	851	106,38	2
8	3405	272,63	851	110,38	807	100,88	2
9	3449	282,13	807	100,88	992	124,00	2
10	3264	259,00	992	124,00	986	123,25	
11	3270	259,75	986	123,25	1039	129,88	
12	3217	253,13	1039	129,88	1065	133,13	

Складено на основі власних розрахунків автора

Рух та виробництво запасів готової продукції п'ятого сценарію ідентичне до третього сценарію через рівність попиту та вчасного відвантаження товарних запасів у табл. 2.15.

Отже, дана система з фіксованим інтервалом між замовленням та нефіксованим розміром заказу зможе одночасно забезпечити безперебійне виробництво та зменшити витрати при різних розмірах попиту та умовах зовнішнього ринку.

Висновки до другого розділу

В другому розділі було проведено фінансово-економічний аналіз стану підприємства ПрАТ «Вентиляційні системи» та розраховано основні показники, що характеризують керування рівнями запасів. Результати показали, що криза, що пов'язана із веденням війни, значно повпливала на ефективність їх керування у 2022 році. У 2023 році підприємство почало пристосовуватися до невизначених умов, але деякі показники стали гіршими, ніж на початку війни.

Було розглянуто метод прогнозування Хольта-Вінтерса для часових рядів, що мають тренд та сезонність, а також побудовано загальну динамічну економіко-математичну модель оптимізації рівня виробничих та товарних запасів, що

враховує фактори, які в залежності від умов зовнішнього та внутрішнього середовища можуть позитивно чи негативно впливати на створення загальних витрат підприємства. Щоб мінімізувати втрати при зберіганні та доставці матеріальних ресурсів, а також забезпечити безперервне виробництво, було розглянуто систему з фіксованим інтервалом між поставками, нефіксованим розміром замовлення з використанням резерву запасів. Оптимальний обсяг замовлення визначається завдяки роботі системи, прогнозованому попиту, а також сформованих обмежень.

В останньому підрозділі було проведено прогнозування попиту на однономенклатурний товар, а також змодельовано поведінку створеної системи при різних обсягах попиту та термінах поставки. Результати роботи при різних сценаріях показали, що дана система є гнучкою, адже вона не утворила дефіцит продукції та штрафів за прострочення товарів, а також забезпечила безперебійне виробництво.

3 АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО КЕРУВАННЯ ЗАПАСАМИ ПІД ЧАС КРИЗИ

3.1 Економічна аналітика результатів моделювання

Перед використанням моделювання в даній роботі було використано прогнозування попиту на готову продукцію з використанням методу Хольта-Вінтерса. Порівняємо історичні та розраховані значення на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – Порівняння історичних та прогнозованих значень попиту

Складено на основі власних розрахунків автора

На рис. 3.1 можна побачити, що прогнозовані дані на 2021 – 2023 роки майже повторюють динаміку історичних з лагом в один місяць. Даний метод враховує коливання попиту та його тенденцію до спадання.

Розглянемо також гістограму залишків прогнозу, щоб оцінити точність отриманих результатів у рис. 3.2. Залишки розподілені нерівномірно, є декілька викидів, що сильно відрізняються від інших. Це свідчить про те, що модель погано передбачає деякі спостереження. Розподіл не є симетричним, хоча більшість залишків груповані навколо нуля, є значна кількість позитивних та негативних

залишків, що сильно віддалені від центра. Дані спостереження вказують на те, що модель Хольта-Вінтерса потрібно вдосконалити для майбутнього використання.

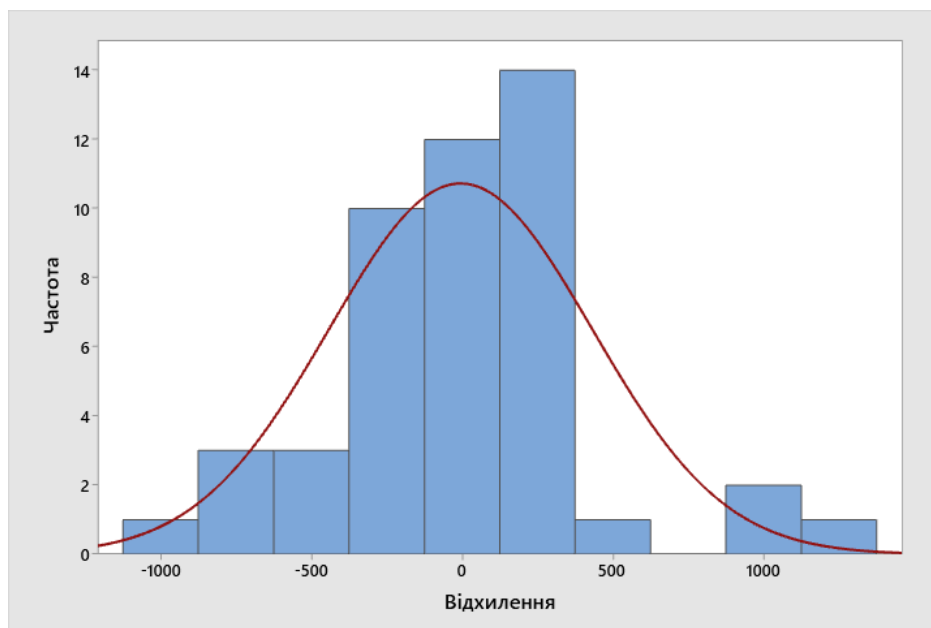


Рисунок 3.2 – Гістограма розподілу залишків прогнозу попиту на готову продукцію

Складено на основі власних розрахунків автора

Для проаналізувати отримані розрахунки моделі розглянемо розміри товарних та виробничих витрат, що утворилися при керуванні запасами за першим сценарієм, та значення доходу і прибутку у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Товарні та виробничі витрати, дохід і прибуток за першим сценарієм протягом досліджуваного періоду

t	Виробничі витрати, грн. ($TU_B(t)$)	Товарні витрати, грн. ($TU_T(t)$)	Дохід, грн. ($D_n(t) * p$)	Прибуток, грн., $P(t)$
	2	3	4	5
1	46802,00	3084	288750	238864,00
2	46774,03	2295	252450	203380,97
3	337944,93	2145	235950	-104139,93
4	52716,21	2825	310750	255208,79
5	365258,89	2455	270050	-97663,89
6	51707,00	2735	300850	246408,00
7	329429,04	2540	279400	-52569,04
8	47054,27	2320	255200	205825,73
9	533178,49	3245	356950	-179473,49
10	57090,21	3215	353650	293344,79

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5
11	627084,70	3480	382800	-247764,70
12	61521,55	3610	397100	331968,45

Складено на основі власних розрахунків автора

На табл. 3.1 можна побачити, що при нормальному попиті та відсутності затримок, підприємство має збитки в деякі місяці. Це пов'язано із доставкою великих обсягів імпортованих товарів, що утворюють високі витрати через їх ціну закупівлі. Якщо порівнювати товарні та виробничі витрати, то можемо побачити, що більшу частину загальних витрат при управлінні запасами утворюються при керуванні виробничими ресурсами. Штрафи за прострочення відвантаження не утворювалися при всіх досліджуваних сценаріях, тому підприємство уникнуло додаткових втрат. Загальні витрати за досліджуваний період становлять 2590510 грн., а значення прибутку 1093389,67 грн.

Розглянемо розміри товарних та виробничих витрат, а також доходу та прибуток при другому сценарії у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Товарні та виробничі витрати, дохід і прибуток за другим сценарієм протягом досліджуваного періоду

t	Виробничі витрати, грн. ($TU_B(t)$)	Товарні витрати, грн. ($TU_T(t)$)	Дохід, грн. ($D_n(t) * p$)	Прибуток, грн., $P(t)$
1	33082,00	1369	100100	65649,00
2	36556,36	580	63800	26663,64
3	73389,19	430	47300	-26519,19
4	42491,15	1110	122100	78498,85
5	85606,62	740	81400	-4946,62
6	41483,19	1020	112200	69696,81
7	72413,90	825	90750	17511,10
8	36836,25	605	66550	29108,75
9	166392,00	1530	168300	378,00
10	46859,71	1500	165000	116640,29
11	217076,34	1765	194150	-24691,34
12	51285,55	1895	208450	155269,45

Складено на основі власних розрахунків автора

На табл. 3.2 можна побачити, що при мінімальному попиті та відсутності запізнень поставки, повторюється коливання прибутку між місяцями через

доставку імпортової сировини, як при першому сценарії. Підприємство мінімізувало свої витрати за рахунок закупівлі тільки необхідної кількості запасів, щоб забезпечити безперебійне виробництво. Загальні витрати за досліджуваний період склали 916841,25 грн., а прибуток дорівнює 503258,75 грн.

Розглянемо третій сценарій – максимальний попит та відсутність запізнень поставок у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Товарні та виробничі витрати, дохід і прибуток за третім сценарієм протягом досліджуваного періоду

t	Виробничі витрати, грн. ($TU_v(t)$)	Товарні витрати, грн. ($TU_r(t)$)	Дохід, грн. ($D_r(t) * p$)	Прибуток, грн., $P(t)$
1	60522,00	4799	477400	412079,00
2	57015,61	4010	441100	380074,39
3	838291,66	3860	424600	-417551,66
4	63582,30	4540	499400	431277,70
5	990826,05	4170	458700	-536296,05
6	63705,73	4450	489500	421344,27
7	929962,09	4255	468050	-466167,09
8	60511,25	4035	443850	379303,75
9	1138505,19	4960	545600	-597865,19
10	70559,65	4930	542300	466810,35
11	1275633,28	5195	571450	-709378,28
12	74996,50	5325	585750	505428,50

Складено на основі власних розрахунків автора

При даному сценарію значення суми загальних витрат за 12 місяців становить 5678640,32 грн., а отриманий прибуток дорівнює 269059,69 грн. При підвищеному попиті та вчасних доставках, підприємство витратило великі кошти за закупівлю сировини. Окрім цього, декілька раз виробництво використовувало резервні запаси, оновлення яких формує додаткові витрати.

Розглянемо результати діяльності підприємства за четвертим сценарієм у табл. 3.4. Можемо побачити, що перші три місяці прибуток значно переважав над втратами через відсутність витрат на закупівлю та поставку запасів. Далі значення прибутку коливалося від додатних до від’ємних через доставку імпортової сировини та поновлення резерву запасів. Загальні витрати за досліджуваний період становлять 2517275,25 грн., а сума прибутку за 12 місяців дорівнює 1166624,75 грн.

Таблиця 3.4 – Товарні та виробничі витрати, дохід і прибуток за четвертим сценарієм протягом досліджуваного періоду

t	Виробничі витрати, грн. ($TU_B(t)$)	Товарні витрати, грн. ($TU_T(t)$)	Дохід, грн. ($D_n(t) * p$)	Прибуток, грн., $P(t)$
1	46802,00	3084	288750	238864,00
2	45218,43	2295	252450	204936,57
3	39326,24	2145	235950	194478,76
4	337545,49	2825	310750	-29620,49
5	42707,67	2455	270050	224887,33
6	361604,68	2735	300850	-63489,68
7	44088,65	2540	279400	232771,35
8	321538,50	2320	255200	-68658,50
9	49007,34	3245	356950	304697,66
10	524862,46	3215	353650	-174427,46
11	51215,85	3480	382800	328104,15
12	619408,92	3610	397100	-225918,92

Складено на основі власних розрахунків автора

Розглянемо розміри товарних та виробничих витрат, а також доходу та прибутку при п'ятому сценарії у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Товарні та виробничі витрати, дохід і прибуток за п'ятим сценарієм протягом досліджуваного періоду

t	Виробничі витрати, грн. ($TU_B(t)$)	Товарні витрати, грн. ($TU_T(t)$)	Дохід, грн. ($D_n(t) * p$)	Прибуток, грн., $P(t)$
1	60522,00	4799	477400	412079,00
2	54269,60	4010	441100	382820,40
3	44898,99	3860	424600	375841,01
4	833223,39	4540	499400	-338363,39
5	50964,34	4170	458700	403565,66
6	985500,36	4450	489500	-500450,36
7	54668,16	4255	468050	409126,84
8	919115,52	4035	443850	-479300,52
9	59377,52	4960	545600	481262,48
10	1127213,28	4930	542300	-589843,28
11	61709,42	5195	571450	504545,58
12	1264982,63	5325	585750	-684557,63

Складено на основі власних розрахунків автора

Формування витрат та прибутку при п'ятому сценарію аналогічне четвертому. Але через більший попит створюються вищі витрати на закупівлю та доставку сировини, адже збільшуються потреби виробництва у запасах. Одночасно з цим зменшуються витрати на зберігання запасів на складах, адже поточне

значення запасів на початку місяця може бути набагато нижчим за необхідний резерв. Прибуток за досліджуваний період становить 376725,8 грн., а загальні витрати – 5570974,2 грн.

3.2 Оцінка ефективності моделі та розроблення рекомендацій з удосконалення керування рівнями запасів в умовах кризи

Щоб оцінити ефективність моделі при кожній із стратегій, розглянемо значення прибутків та загальних витрат при кожному сценарії у рис. 3.3 для порівняння результатів.

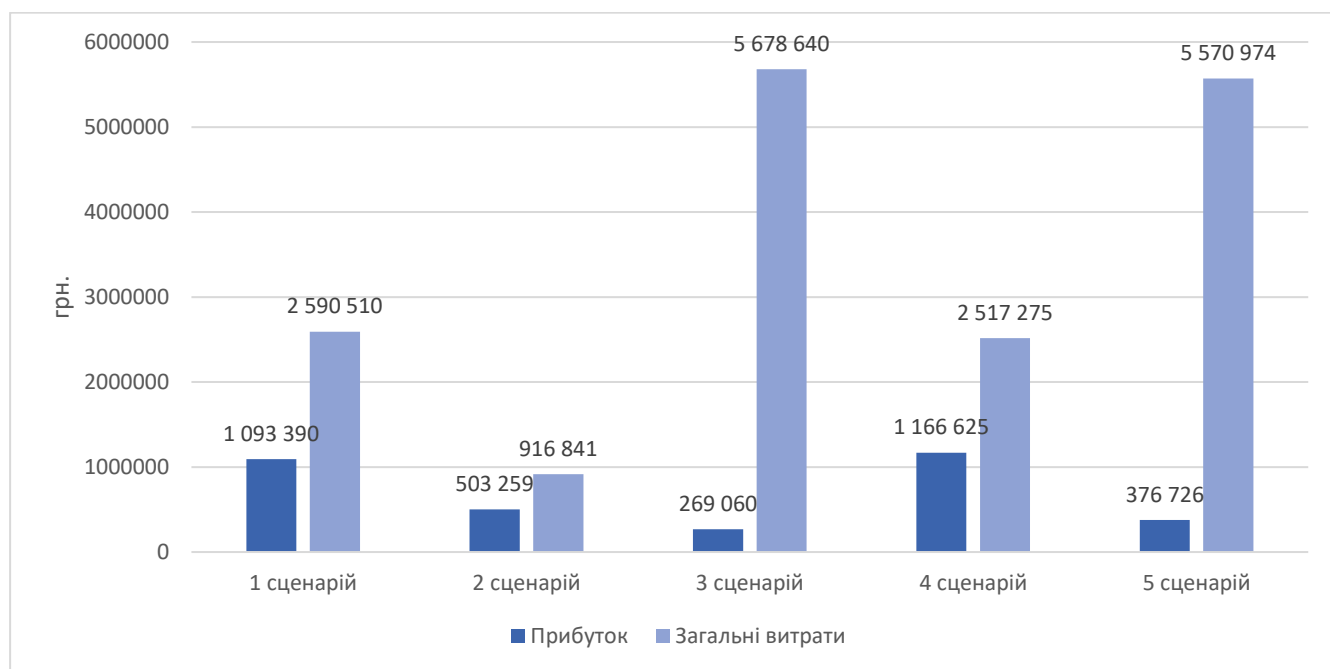


Рисунок 3.3 – Значення загальних витрат та прибутку при різних сценаріях протягом досліджуваного періоду

Складено на основі власних розрахунків автора

Отже, найбільше значення прибутку підприємство отримало б при сценарію №1 або №4, де попит знаходиться посередині довірчого інтервалу, найменше – при сценарію №3 або №5, де попит є найбільшим. З результатів розрахунків, можна зрозуміти, що при роботі моделі, найменший прибуток підприємство отримає при найбільшому попиті.

Щоб проаналізувати отримані результати, розрахуємо такі фінансові показники, як рентабельність загальних витрат та коефіцієнт загальних витрат для кожного сценарію за формулами:

$$\text{Рентабельність загальних витрат} = \frac{\text{Загальний прибуток}}{\text{Загальні витрати}} * 100\%, \quad (3.1)$$

$$\text{Коефіцієнт загальних витрат} = \frac{\text{Загальні витрати}}{\text{Загальний дохід}} * 100\%. \quad (3.2)$$

Результати розрахунків для кожного сценарію зображено на рис. 3.4.

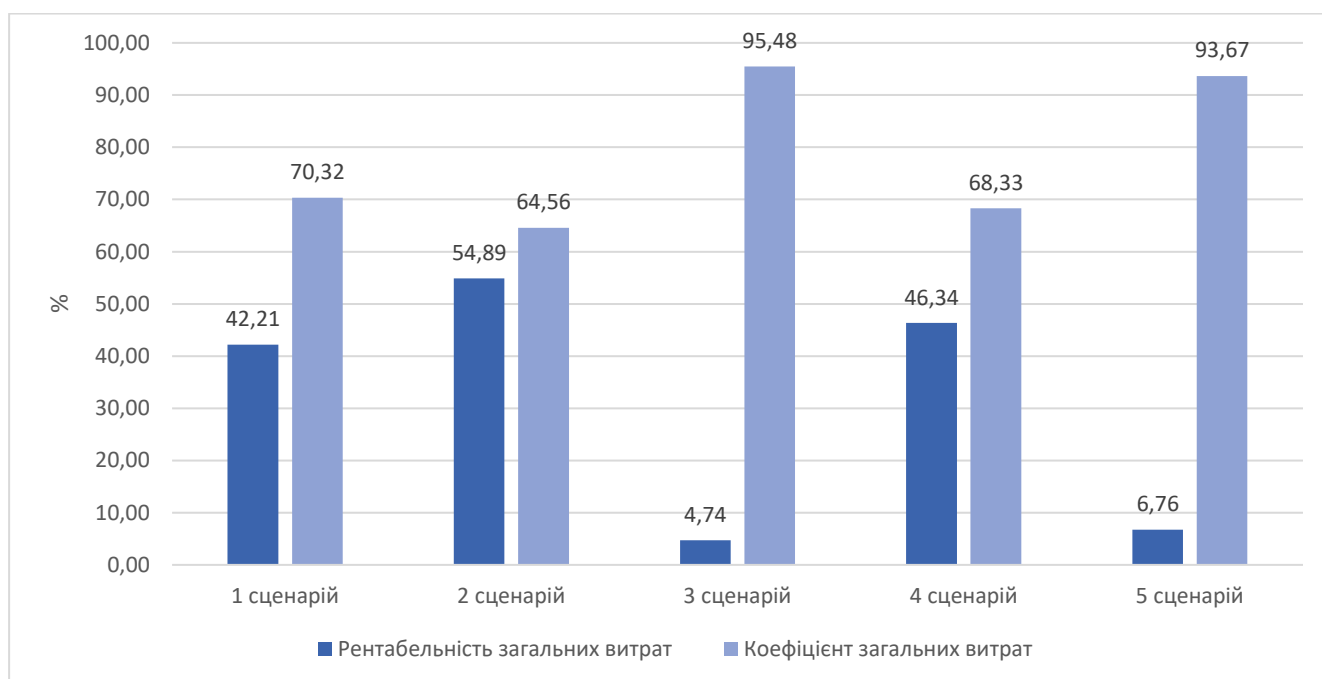


Рисунок 3.4 – Розраховані фінансові показники для кожного сценарію

Складено на основі власних розрахунків автора

Рентабельність загальних витрат показує яку частку від загального доходу підприємство зберігає як прибуток. На рис. 3.4 даний показник є найвищим для другого сценарію – при найнижчому попиту. Тобто, з кожної гривні загального доходу від продажу АЛТ 050/50 підприємство отримало 0,55 грн. чистого прибутку. Середнім даний показник є при прогнозованому попиту – середині довірчого інтервалу. При першому сценарії він становить 42,21% або 0,42 грн. При четвертій ситуації – 46,34% або 0,45 грн. Найменшим даний показник є при сценарії 3 та 5, тобто при найвищому попиту. При третьому сценарії – 4,74% або 0,04 грн., при

п'ятому – 6,76% або 0,06 грн. Можемо побачити, що при сценаріях, які мають однаковий попит, більш прибутковими є ті, де доставка постійно затримувалася на місяць.

Розглянемо інший показник – коефіцієнт загальних витрат. Він показує яку частку загального доходу від реалізації готової продукції складають витрати, що утворилися при керуванні запасами. На рис. 3.4 можемо побачити, що при сценаріях 3 та 5 підприємство витрачає найбільшу частку доходу для покриття загальних витрат – 95,48 % та 93,67%. Найкращим даний показник був при найменшому попиті – при сценарії 2. Він становить 64,56%. Сценарії 1 та 4 з прогнозованим попитом наближені до найкращого результату – 70,32% та 68,33% відповідно.

Отже, створена модель підлаштувалася під зовнішні умови, вона змогла задовільнити різний попит споживачів на ринку. Через використання планових замовлень, система швидко пристосувалася до затримок у поставках, а створений резерв запасів регулював відхилення попиту на готову продукцію. Згідно з розрахованими фінансовими показниками створену модель доцільно використовувати при найменшому або середньому попиті на продукцію, адже підприємство отримує найбільшу частку прибутку при даних сценаріях. Тобто, загальні витрати мінімізуються. При найбільшому попиті підприємство отримує невеликий прибуток, що формує потребу в модернізації створеної моделі, щоб мінімізувати витрати при будь-якому попиті.

Керування запасами під час кризи, що пов'язана з війною – це надзвичайно важкий процес, що повинен враховувати велику кількість ризиків, які можуть призвести до збитків, одночасно з цим максимізувати свій прибуток. На підприємствах, що мають велику номенклатуру виробів та значні потужності виробництва, навіть за звичайних умов важко оптимізувати даний процес.

На основі розрахунків та аналізу керування рівнями запасів ПрАТ «Вентиляційні системи», можна зробити висновки, що підприємство витрачає велику кількість фінансових ресурсів на закупівлю, доставку та зберігання запасів. Показники ефективності керування запасами під час війни погіршилися, що

створює додаткові збитки підприємству. Це формує потребу у створенні нових стратегій керування запасами, що мінімізують витрати та вплив кризових умов на роботу підприємства.

Розглянемо декілька рекомендацій, що можуть допомогти ефективно керувати запасами підприємства ПрАТ «Вентиляційні системи» під час кризи:

- диверсифікація постачальників. Для підприємства, що виробляє велику кількість товарів, доцільно співпрацювати з різними постачальниками, що доставляють схожу сировину чи комплектуючі. Це знизить ризик дефіциту запасів на складах, зменшить залежність виробництва певного товару від одного постачальника. Наприклад: доставка алюмінієвого профіля з Китаю іде протягом двох-трьох місяців, український виробник у разі потреби може виготовити його за місяць, але за вищою ціною закупівлі. Якщо попит на продукцію різко підвищиться, а запасів на складах буде недостатньо, підприємство зможе зробити незаплановане замовлення на доставку в українського постачальника, щоб уникнути штрафу невикористаних можливостей. Також диверсифікація постачальників може допомогти уникнути завантаженості складів, що зменшить витрати на зберігання та знизить збитки підприємства у разі руйнування інфраструктури через попадання ракети;
- оцінка поточних запасів. На підприємстві з великими складськими приміщеннями можуть знаходитися неліквідні запаси, що вже не використовуються виробництвом, але формують витрати на їх зберігання. Також деякі запаси можуть нагромаджуватися через невеликий оборот готової продукції для якої потрібен даний матеріальний ресурс. Тобто, потрібно провести аналіз та прорахунки оптимального резерву виробничих запасів різних категорій, що повинні зберігатися на складі для підтримки безперервного виробництва у разі незвичайної ситуації, але мінімізуватимуть витрати на зберігання, а також вести їх постійний облік для володіння точною інформацією щодо рівнів запасів, що зберігаються на складах;

- використання новітніх технологій для обліку рівнів запасу. Штучний інтелект та машинне навчання може допомогти більш точно контролювати рівні різних запасів на підприємстві. Окрім цього вони можуть швидше аналізувати поточний стан матеріальних ресурсів та визначати, коли потрібно зробити нове замовлення та який розмір поставки буде оптимальним для підприємства в кризових умовах. Дані системи можна підлаштувати під роботу підприємства, що забезпечить гнучкість процесу управління запасами;
- регулярний моніторинг політичної та економічної ситуації в країні. Під час кризи та війни важче підлаштувати роботу виробництва під умови, що швидко змінюються, адже зростають ризики коливання цін на продукцію, непередбачувані зміни попиту та логістики. Моніторинг ситуації допоможе створити гнучкі стратегії управління рівнями запасів, що мінімізуватимуть негативний вплив зовнішнього середовища на роботу підприємства.
- створення фінансових та матеріальних резервів. Це забезпечить можливість швидкого реагування на непередбачені обставини, що можуть утворитися під час кризи. Наприклад: коли розпочалися відключення світла, робота підприємств зупинялася. Щоб забезпечити безперебійне виробництво, вони купували генератори, що розраховані для великих потужностей. Підприємства, що мали фінансові резерви, змогли швидко пристосуватися до нових умов, адже вони мали кошти на їх купівлю. Як вже раніше згадувалося, запаси потрібні для коригування попиту, а також для вирішення проблем, що стосуються оптимізації рівнів товарно-матеріальних ресурсів;
- гнучка система виробництва. Це його здатність виробляти широкий асортимент товарів, здійснюючи швидкий перехід від виробництва однієї групи товарів до випуску іншої. Під час кризи, де попит на товари є непередбачуваним, виробництву важливо швидко адаптуватися до поточних умов ринку. За допомогою гнучкого виробництва, підприємство зможе задовільнити попит на різні види товарів при цьому мінімізуючи свої витрати.

Висновки до третього розділу

У третьому розділі даної роботи було проведено аналіз отриманих результатів прогнозування попиту на готову продукцію на 12 місяців. Модель Хольта-Вінтерса змогла показати динаміку зміни значення, але з часовим лагом в 1 місяць. Через дане запізнення гістограма залишків моделі показала значну кількість викидів, що збільшують неточність прогнозу. Отже, метод Хольта-Вінтерса можна використовувати для прогнозування попиту на готову продукцію, але потрібно враховувати лаг прогнозу.

Також було проведено аналіз значень прибутку, доходу та загальних витрат, що сформувалися при роботі створеної динамічної моделі при різних сценаріях. Результати розрахунків показали, що при всіх ситуаціях підприємство отримало прибуток, але його розміри значно відрізняються один від одного. Найбільшим він був би при попиті, що знаходиться посередині довірчого інтервалу прогнозу. Найгіршим – при найвищому попиті.

Для кращого аналізу було розраховано фінансові показники, що оцінюють ефективність оптимізації рівня запасів. За їх результатами найкраще модель працювала при найменшому попиті, адже підприємство отримало найбільше чистого прибутку від однієї гривні витрат, а найгірше – при найвищому попиті. Отже, щоб використовувати дану модель, потрібно модифікувати її для зменшення витрат при всіх обсягах попиту.

На основі отриманих результатів було розроблено рекомендації, що допоможуть зменшити витрати при управлінні запасами, одночасно з цим врахують кризові умови. Це диверсифікація постачальників, постійна перевірка рівнів поточних запасів на складах, моніторинг економічних та політичних умов ринку, використання новітніх технологій в управлінні запасами та створення постійних грошових та матеріальних запасів на підприємстві.

ВИСНОВКИ

1. В ході дослідження теоретичних аспектів було виявлено, що запаси є важливою частиною роботи виробничих підприємств, що забезпечують їх функціонування. Керування даними товарно-матеріальними ресурсами є складним процесом, що складається з багатьох етапів, кожен з яких утворює витрати, які компанії потрібно компенсувати. Для того щоб володіти інформацією щодо точної кількості запасів, потрібно постійно вести їх облік, що може допомогти при плануванні роботи підприємства та його виробництва. Щоб оптимізувати керування виробничими та матеріальними ресурсами, потрібно обрати систему, яка найкраще налагоджуватиме даний процес для задоволення попиту на ринку, та підлаштувати модель, яка мінімізуватиме загальні витрати підприємства при керуванні запасами. Для цього потрібно враховувати зовнішні та внутрішні ризики компанії, адже вони можуть значно змінити загальний перебіг процесу. Під час кризи кількість ризиків, що негативно впливають на роботу підприємства збільшується, що унеможлиблює врахування всіх факторів. Одним із параметрів системи, що може мінімізувати вплив кризових умов на керування запасами є резерв, що може забезпечити безперебійне виробництво та зменшити витрати, що утворюються при русі матеріально-товарних ресурсів.

2. Було здійснено фінансово-економічний аналіз діяльності підприємства ПрАТ «Вентиляційні системи» за 2021-2023 роки, а також розраховані показники, що характеризують ефективність керування матеріальними ресурсами. Результати показали, що криза, що утворилася через воєнні дії на території країни, негативно вплинула на загальну роботу підприємства та процес керування запасами. Це формує потребу у створенні стратегії, що мінімізуватиме вплив невизначених умов на управління матеріальними ресурсами, одночасно з цим мінімізуватиме витрати та задовольнятиме попит споживачів на готову продукцію.

3. Під час дослідження було побудовано загальну динамічну модель із запізненням у часі, що моделює процес керування запасами при виробництві та реалізації однономенклатурного товару, та враховує ймовірність того, що ціни в

кожен момент часу можуть змінюватися. Щоб визначати коли потрібно робити нове замовлення та в якому обсязі, було використано систему з фіксованим інтервалом між розміщеннями замовлення та нефіксованим розміром поставки, що залежатиме від прогнозованого попиту та кількості запасів, що перебувають на складі в досліджуваній момент часу. Щоб врахувати неточності прогнозу та забезпечити безперебійне виробництво, було створено резерв виробничих ресурсів.

4. Розрахунки моделі дозволяють знайти оптимальний розмір замовлення запасів, що одночасно мінімізує витрати та забезпечує роботу підприємства при різних сценаріях перебігу подій. Але потрібно враховувати, що для кожної групи товарів потрібно розраховувати резерви різними способами, в залежності від часу поставки, розміру складського приміщення та оборотності товарних чи виробничих запасів.

5. Результати моделювання показали, що створена модель зможе забезпечити підприємству прибутковість та безперебійне виробництво при різних розмірах попиту та при затримках поставок запасів, але найкраще мінімізуватиме витрати в інтервалі між найнижчим та середнім попитом на готову продукцію. Це формує потребу в її майбутній модернізації для мінімізації витрат при будь-якому попиті.

6. Для забезпечення функціонування підприємства у кризових умовах, потрібно знайти декілька постачальників для ідентичних товарів, що зменшить залежність від поставок, постійно вести облік поточних запасів, проводити моніторинг ситуації на зовнішньому ринку та використовувати більш сучасні технології при керуванні запасами, що допоможуть оптимізувати даний процес.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Який порядок визнання запасів активами? На яких рахунках бухгалтерського обліку відображаються визнані запаси?. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/p0734697-03#Text> (дата звернення: 04.04.2024).
2. Шкурко В. М. Моделювання управління запасами виробничого підприємства під час війни: курсова робота за кер. Черноусової Ж. Т. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра економічної кібернетики. 2024. 32 с.
3. Тема 7. Логістика запасів. URL: https://fmab.khadi.kharkov.ua/fileadmin/F-FUB/Управління_та_адміністрування/3_Logistika_L7.pdf (дата звернення: 15.04.2024).
4. Круш П. В., Орлюк Ю. В. Теоретичні основи управління матеріальними запасами підприємств. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2017. № 14. С.
5. Тараненко Ю. В. Система управління запасами на торговельних підприємствах. *Інвестиції: практика та досвід*. 2015. № 18. С. 80–83.
6. Шварц І. В., Сергійчук І. В. Основні системи управління запасами у логістиці. *Матеріали ІІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ : матеріали наук.-техн. конф., м. Вінниця, 21–23 черв. 2023 р.* 2023.
7. Луценко І. С.. Логістичне управління запасами. навч.-метод. компл. дисц. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 69 с.
8. Дудар Т. Г., Волошин Р. В. Основи логістики: навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2012. 202 с.
9. Непран А. В., Солопун Н. М., Постольна Н. О. Використання системи управління запасами «мінімум-максимум» при обґрунтуванні розмірів закупівель інструментів. *Проблеми і перспективи розвитку підприємництва*. 2023. № 1. С. 84–93.
10. Тараненко Ю. В. Способи моделювання системи управління товарними запасами. *Ефективна економіка*. 2015. № 9.

11. Бровкова О.Г., Найда Є.Д., Дишкант Н.О. Модель EOQ в управлінні запасами підприємства. *Економічна кібернетика: теорія, практика та напрямки розвитку* : матеріали наук.-практ. конф., м. Одеса, 27-28 листоп. 2017 р. 2017. С. 28–30.
12. Кривов'язюк І. В., Кулик Ю. М. Невизначеність та ризик як фактори зниження рівня надійності логістичної системи підприємства. *Економічні науки*. 2011. № 8. С. 166–180.
13. Пушкар О.І., Ковальський В.С., Кравченко Н.В. Ризики в логістичній діяльності та проблеми їх зменшення в сучасних умовах господарювання. *Європейський вектор економічного розвитку*. 2020. № 2. С. 85–93.
14. Вознюк Д.В. Управління ризиками у логістичній діяльності підприємства: кваліфікаційна робота магістра за кер. Костецько І.І. Острого: НУ «Острозька академія», кафедра економічної теорії, менеджменту та маркетингу. 2023. 95 с.
15. Останкова Л. А., Шевченко Н. Ю. Аналіз, моделювання та управління економічними ризиками: навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2011. 256 с
16. Про компанію. *Vents Україна*. URL: <https://vents.ua/about/> (дата звернення: 27.04.2024).
17. Вентиляційні системи. *YouControl*. URL: https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/30637114/ (дата звернення: 27.04.2024).
18. Ціни. *Державна служба статистики України*. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 21.05.2024).
19. Кобець С. П., Лузіна А. О. Застосування адаптивних моделей для прогнозування чистого доходу від реалізації продукції. *Ефективна економіка*. 2019. № 4.
20. Ночовний О.О. Інформаційна система для прогнозування котирування акцій методами машинного навчання: кваліфікаційна робота магістра за кер. Жиров

- О.Л. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра економічної теорії, менеджменту та маркетингу. 2023. 95 с.
- 21.Бондаренко О. М., Титаренко А. Д. Економічна сутність та класифікація запасів: обліковий та управлінський аспекти. *Інвестиції: практика та досвід*. 2020. № 2. С. 63–67.
- 22.Бондарчук Н., Тенета А. Організаційно-методичні засади аналізу запасів для потреб управління підприємством. *Економіка, управління та адміністрування*. 2019. № 3. С. 106–113.
- 23.Волченко Є. О. Дослідження методів комп'ютерного технічного аналізу в задачах прогнозування динаміки валютних курсів: поясн. зап. до дипл. проекту магістра за кер. Жиров О.Л. Харків: ХАІ, кафедра інженерії програмного забезпечення. 2020. 79 с.
- 24.Озарко К.С., Челомбитько В.В. Особливості управління логістикою за кризових умов господарювання: інформаційний аспект. *Економіка та суспільство*. 2022. № 45.
- 25.Турчак В.В., Кульганік О.М. Стратегічне управління запасами підприємства. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2017. № 5. С. 69–73.
- 26.Устик Є.С. Управління транспортною логістикою підприємства: облік та звітність: кваліфікаційна робота магістра за кер. Овчарової Н. В. Суми: СДУ, кафедра бухгалтерського обліку та оподаткування. 2021. 78 с
- 27.Шевчук А.Л. Логістичні принципи формування запасів підприємства. *Наукові праці Міжрегіональної академії управління персоналом. Економічні науки*. 2021. № 4. С. 70–74.
- 28.Шмиголь Н. М., Антонюк А. А., Нестеренко А. А. Роль і місце аналізу виробничих запасів у системі управління ресурсним потенціалом підприємства. *Держава та регіони*. 2015. № 5. С. 102–106.
- 29.Team D. С. 5 Types Of Inventory Costs [Explained with Examples]. *Deskera Blog*. URL: <https://www.deskera.com/blog/inventory-cost/> (дата звернення: 24.04.2024).

30. A Guide to Inventory Cost Management to Boost Your Profits. *Cash Flow Inventory*. URL: <https://cashflowinventory.com/blog/inventory-cost/> (date of access: 25.04.2024).
31. Hayes A. Inventory Management Defined, Plus Methods and Techniques. *Investopedia*. URL: <https://www.investopedia.com/terms/i/inventory-management.asp> (дата звернення: 01.05.2024).
32. Supplychain 5.0. Inventory basics: Types and classification. *LinkedIn*. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/inventory-basics-types-classification-supplychain-metaverse/> (дата звернення: 01.05.2024).
33. Unveiling the Functionality of a Typical Inventory Model - WareIQ. *WareIQ - Amazon-like next day delivery for eCommerce companies in India*. URL: <https://wareiq.com/resources/blogs/inventory-model/> (дата звернення: 01.05.2024).
34. InventorSoft. *Top web development company | InventorSoft*. URL: <https://inventorsoft.co/blog/inventory-management-requirements-and-features> (дата звернення: 12.05.2024).
- 35.5 Major Inventory Risks and How to Avoid Them - APS Fulfillment, Inc. *APS Fulfillment, Inc.* URL: <https://www.apsfulfillment.com/inventory-management/major-inventory-risks/> (дата звернення: 12.05.2024).
36. The Role of ERP in Inventory Management - Third Stage Consulting. *Third Stage Consulting*. URL: <https://www.thirdstage-consulting.com/erp-inventory-management/> (дата звернення: 13.05.2024).

ДОДАТКИ

Додаток А

Прогнозування попиту методом Хольта-Вінтерса

Таблиця А.1 – Результати розрахунків прогнозування попиту методом Хольта-Вінтерса

Рік	Місяць, <i>t</i>	Історичні дані попиту	Експоненційно- згладжений ряд	Оцінка тренду	Оцінка сезонності	Період	Прогноз	Прогнозні значення попиту	Похибка моделі прогнозу	Квадрат похибки моделі прогнозу
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2020	1	830	830	0	1	-	-	830	-	-
	2	530	590	-36	1	-	-	830	-300	90000
	3	382	416	-57	1	-	-	554	-172	29584
	4	571	529	-31	1	-	-	360	211	44622
	5	614	591	-17	1	-	-	497	117	13581
	6	731	699	2	1	-	-	573	158	24842
	7	661	669	-3	1	-	-	701	-40	1607
	8	354	416	-41	1	-	-	666	-312	97228
	9	775	695	7	1	-	-	376	399	159407
	10	512	550	-16	1	-	-	702	-190	36267
	11	469	482	-23	1	-	-	535	-66	4294
	12	748	690	11	1	-	-	459	289	83706
2021	1	187	290	-50	0,88	-	-	701	-514	264637
	2	377	389	-28	0,99	-	-	239	138	18921
	3	1655	1409	129	1,06	-	-	361	1294	1675002
	4	1031	1088	62	0,98	-	-	1539	-508	257674
	5	121	328	-62	0,79	-	-	1150	-1029	1058872
	6	290	345	-50	0,95	-	-	267	23	531
	7	34	88	-81	0,80	-	-	296	-262	68410
	8	1022	1022	71	1,00	-	-	7	1015	1030480
	9	1224	1198	87	1,01	-	-	1094	130	16984
	10	494	649	-8	0,92	-	-	1285	-791	625778
	11	443	513	-28	0,96	-	-	641	-198	39259
	12	610	607	-9	1,00	-	-	485	125	15644

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2022	1	855	803	21	0,94	-	-	529	326	106103
	2	159	300	-57	0,84	-	-	816	-657	431719
	3	50	96	-79	0,88	-	-	256	-206	42517
	4	1123	1022	72	1,02	-	-	17	1106	1224124
	5	186	364	-38	0,70	-	-	869	-683	466020
	6	310	418	-24	0,88	-	-	310	0	0
	7	178	241	-47	0,78	-	-	316	-138	19009
	8	224	268	-36	0,95	-	-	193	31	931
	9	472	445	-4	1,02	-	-	234	238	56696
	10	393	395	-11	0,95	-	-	407	-14	201
	11	513	511	8	0,97	-	-	367	146	21172
	12	450	474	1	0,98	-	-	520	-70	4860
2023	1	818	760	44	0,99	-	-	449	369	136326
	2	403	488	-3	0,84	-	-	676	-273	74559
	3	91	184	-48	0,76	-	-	427	-336	113075
	4	245	286	-26	0,97	-	-	138	107	11392
	5	424	403	-4	0,82	-	-	183	241	58148
	6	546	615	28	0,88	-	-	351	195	38122
	7	436	524	10	0,80	-	-	502	-66	4364
	8	30	137	-49	0,71	-	-	505	-475	225704
	9	320	378	-6	0,97	-	-	90	230	53127
	10	270	298	-17	0,93	-	-	352	-82	6710
	11	432	427	5	0,98	-	-	273	159	25286
	12	528	515	17	1,00	-	-	425	103	10656
2024	1	-	-	-	-	1	525	525	-	-
	2	-	-	-	-	2	460	460	-	-
	3	-	-	-	-	3	429	429	-	-
	4	-	-	-	-	4	566	566	-	-
	5	-	-	-	-	5	492	492	-	-
	6	-	-	-	-	6	547	547	-	-
	7	-	-	-	-	7	508	508	-	-
	8	-	-	-	-	8	465	465	-	-
	9	-	-	-	-	9	650	650	-	-
	10	-	-	-	-	10	643	643	-	-
	11	-	-	-	-	11	696	696	-	-
	12	-	-	-	-	12	723	723	-	-

Складено на основі власних розрахунків автора

Додаток Б

Розрахунок оптимальних значень за першим сценарієм

Таблиця Б.1 – Розраховані значення витрат та розмір замовлення, що мінімізує загальні витрати за першим сценарієм

t	Прогнозований попит, $D_n(t)$	Штраф за прострочення строків відвантаження, $F(t)$	Виробничі витрати, $TU_B(t)$	Товарні витрати, $TU_T(t)$	Загальні витрати, $TU_{заг}(t)$	Розмір замовлення алюмінієвої стрічки, що мінімізує витрати $Q_{да}(t - 3)$	Розмір замовлення стрічки клейкої, що мінімізує витрати $Q_{дк}(t - 3)$	Розмір замовлення наклейок, що мінімізує витрати $Q_{дл}(t - 2)$	Розмір замовлення гофроящиків, що мінімізує витрати $Q_{дн}(t - 2)$
1	525	0	46802,00	3084	49886,0	0	0	0	0
2	459	0	46774,03	2295	49069,0	0	0	459	57,38
3	429	0	337944,93	2145	340089,9	49700	185,13	429	53,63
4	565	0	52716,21	2825	55541,2	0	0	565	70,63
5	491	0	365258,89	2455	367713,9	51900	193,33	491	61,38
6	547	0	51707,00	2735	54442,0	0	0	547	68,38
7	508	0	329429,04	2540	331969,0	48600	181,04	508	63,50
8	464	0	47054,27	2320	49374,3	0	0	464	58,00
9	649	0	533178,49	3245	536423,5	64600	240,64	649	81,13
10	643	0	57090,21	3215	60305,2	0	0	643	80,38
11	696	0	627084,70	3480	630564,7	70900	264,10	696	87,00
12	722	0	61521,55	3610	65131,5	0	0	722	90,25

Складено на основі власних розрахунків автора

Таблиця Б.2 – Розраховані нефіксовані обмеження за першим сценарієм

t	Сума прогнозованого попиту на який замовляється майбутня поставка, $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1))$	Нижнє обмеження кількості алюмінієвої стрічки $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1) * r_a)$	Нижнє обмеження кількості стрічки клейкої $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1) * r_k)$	Нижнє обмеження кількості наклейок $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1) * r_{\Pi})$	Нижнє обмеження кількості гофроящиків $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1) * r_{\Pi})$
1	2	3	4	5	6
1	0	0	0	0	0
2				459	57,38
3	994	49700	185,13	429	53,63
4				565	70,63
5	1038	51900	193,33	491	61,38
6				547	68,38
7	972	48600	181,04	508	63,50
8				464	58,00
9	1292	64600	240,64	649	81,13
10				643	80,38
11	1418	70900	264,10	696	87,00
12				722	90,25

Складено на основі власних розрахунків автора

Додаток В

Розрахунок оптимальних значень за другим сценарієм

Таблиця В.1 – Розраховані значення витрат та розмір замовлення, що мінімізує загальні витрати за другим сценарієм

t	Прогнозований попит, $D_n(t)$	Штраф за прострочення строків відвантаження, $F(t)$	Виробничі витрати, $TU_B(t)$	Товарні витрати, $TU_T(t)$	Загальні витрати, $TU_{зар}(t)$	Розмір замовлення алюмінієвої стрічки, що мінімізує витрати $Q_{да}(t - 3)$	Розмір замовлення стрічки клейкої, що мінімізує витрати $Q_{дк}(t - 3)$	Розмір замовлення наклейок, що мінімізує витрати $Q_{дл}(t - 2)$	Розмір замовлення гофроящиків, що мінімізує витрати $Q_{дн}(t - 2)$
1	182	0	33082,00	1369	34451,0	0	0	0	0
2	116	0	36556,36	580	37136,4	0	0	116	14,5
3	86	0	73389,19	430	73819,2	15400	57,37	86	10,75
4	222	0	42491,15	1110	43601,1	0	0	222	27,75
5	148	0	85606,62	740	86346,6	17600	65,56	148	18,5
6	204	0	41483,19	1020	42503,2	0	0	204	25,5
7	165	0	72413,90	825	73238,9	14300	53,27	165	20,625
8	121	0	36836,25	605	37441,2	0	0	121	15,125
9	306	0	166392,00	1530	167922,0	30300	112,87	306	38,25
10	300	0	46859,71	1500	48359,7	0	0	300	37,5
11	353	0	217076,34	1765	218841,3	36600	136,34	353	44,125
12	379	0	51285,55	1895	53180,5	0	0	379	47,375

Складено на основі власних розрахунків автора

Таблиця В.2 – Розраховані нефіксовані обмеження за другим сценарієм

t	Сума прогнозованого попиту на який замовляється майбутня поставка, $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1))$	Нижнє обмеження кількості алюмінієвої стрічки $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1) * r_a)$	Нижнє обмеження кількості стрічки клейкої $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1) * r_k)$	Нижнє обмеження кількості наклейок $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1) * r_n)$	Нижнє обмеження кількості гофроящиків $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1) * r_{\Pi})$
1	0	0	0	0	0
2				116	14,50
3	308	15400	57,37	86	10,75
4				222	27,75
5	352	17600	65,56	148	18,50
6				204	25,50
7	286	14300	53,27	165	20,63
8				121	15,13
9	606	30300	112,87	306	38,25
10				300	37,50
11	732	36600	136,34	353	44,13
12				379	47,38

Складено на основі власних розрахунків автора

Додаток Г

Розрахунок оптимальних значень за третім сценарієм

Таблиця Г.1 – Розраховані значення витрат та розмір замовлення, що мінімізує загальні витрати за третім сценарієм

t	Прогнозований попит, $D_n(t)$	Штраф за прострочення строків відвантаження, $F(t)$	Виробничі витрати, $TU_B(t)$	Товарні витрати, $TU_T(t)$	Загальні витрати, $TU_{зар}(t)$	Розмір замовлення алюмінієвої стрічки, що мінімізує витрати $Q_{да}(t - 3)$	Розмір замовлення стрічки клейкої, що мінімізує витрати $Q_{дк}(t - 3)$	Розмір замовлення наклейок, що мінімізує витрати $Q_{дл}(t - 2)$	Розмір замовлення гофроящиків, що мінімізує витрати $Q_{дн}(t - 2)$
1	868	0	60522,00	4799	65321,0	0	0	0	0
2	802	0	57015,61	4010	61025,6	0	0	802	100,25
3	772	0	837825,83	3860	841685,8	84000	312,90	772	96,5
4	908	0	63108,67	4540	67648,7	0	0	908	113,5
5	834	0	880523,32	4170	884693,3	86200	321,10	834	104,25
6	890	0	63705,73	4450	68155,7	0	0	890	111,25
7	851	0	823520,37	4255	827775,4	82900	308,80	851	106,38
8	807	0	60511,25	4035	64546,2	0	0	807	100,88
9	992	0	1138505,19	4960	1143465,2	98900	368,40	992	124
10	986	0	70559,65	4930	75489,7	0	0	986	123,25
11	1039	0	1275633,28	5195	1280828,3	105200	391,87	1039	129,88
12	1065	0	74996,50	5325	80321,5	0	0	1065	133,13

Складено на основі власних розрахунків автора

Таблиця Г.2 – Розраховані нефіксовані обмеження за третім сценарієм

t	Сума прогнозованого попиту на який замовляється майбутня поставка, $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1))$	Нижнє обмеження кількості алюмінієвої стрічки $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1) * r_a)$	Нижнє обмеження кількості стрічки клейкої $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1) * r_k)$	Нижнє обмеження кількості наклейок $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1) * r_n)$	Нижнє обмеження кількості гофроящиків $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1) * r_{\Pi})$
1	0	0	0	0	0
2				802	100,25
3	1680	84000	312,9	772	96,50
4				908	113,50
5	1724	86200	321,095	834	104,25
6				890	111,25
7	1658	82900	308,8025	851	106,38
8				807	100,88
9	1978	98900	368,4025	992	124,00
10				986	123,25
11	2104	105200	391,87	1039	129,88
12				1065	133,13

Складено на основі власних розрахунків автора

Додаток Д

Розрахунок оптимальних значень за четвертим сценарієм

Таблиця Д.1 – Розраховані значення витрат та розмір замовлення, що мінімізує загальні витрати за четвертим сценарієм

t	Прогнозований попит, $D_n(t)$	Штраф за прострочення строків відвантаження, $F(t)$	Виробничі витрати, $TU_B(t)$	Товарні витрати, $TU_T(t)$	Загальні витрати, $TU_{заг}(t)$	Розмір замовлення алюмінієвої стрічки, що мінімізує витрати $Q_{да}(t - 4)$	Розмір замовлення стрічки клейкої, що мінімізує витрати $Q_{дк}(t - 4)$	Розмір замовлення наклейок, що мінімізує витрати $Q_{дл}(t - 3)$	Розмір замовлення гофроящиків, що мінімізує витрати $Q_{дн}(t - 3)$
1	525	0	46802,00	3084	49886,0	0	0	0	0
2	459	0	45218,43	2295	47513,4	0	0	0	0
3	429	0	39326,24	2145	41471,2	0	0	459	57,38
4	565	0	337545,49	2825	340370,5	49700	185,13	429	53,63
5	491	0	42065,57	2455	44520,6	0	0	565	70,63
6	547	0	361017,02	2735	363752,0	51900	193,33	491	61,38
7	508	0	43089,37	2540	45629,4	0	0	547	68,38
8	464	0	321445,27	2320	323765,3	48600	181,04	508	63,50
9	649	0	48856,92	3245	52101,9	0	0	464	58,00
10	643	0	524862,46	3215	528077,5	64600	240,64	649	81,13
11	696	0	51215,85	3480	54695,9	0	0	643	80,38
12	722	0	619408,92	3610	623018,9	70900	264	696	87,00

Складено на основі власних розрахунків автора

Таблиця Д.2 – Розраховані нефіксовані обмеження за четвертим сценарієм

t	Сума прогнозованого попиту на який замовляється майбутня поставка, $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1))$	Нижнє обмеження кількості алюмінієвої стрічки $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1) * r_a)$	Нижнє обмеження кількості стрічки клейкої $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1) * r_k)$	Нижнє обмеження кількості наклейок $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1) * r_{\Pi})$	Нижнє обмеження кількості гофроящиків $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1) * r_{\Pi})$
1	0	0	0	0	0
2				459	57,38
3	994	49700	185	429	53,63
4				565	70,63
5	1038	51900	193	491	61,38
6				547	68,38
7	972	48600	181	508	63,50
8				464	58,00
9	1292	64600	241	649	81,13
10				643	80,38
11	1418	70900	264	696	87,00
12				722	90,25

Складено на основі власних розрахунків автора

Додаток Е

Розрахунок оптимальних значень за п'ятим сценарієм

Таблиця Е.1 – Розраховані значення витрат та розмір замовлення, що мінімізує загальні витрати за п'ятим сценарієм

t	Прогнозований попит, $D_n(t)$	Штраф за прострочення строків відвантаження, $F(t)$	Виробничі витрати, $TU_B(t)$	Товарні витрати, $TU_T(t)$	Загальні витрати, $TU_{зар}(t)$	Розмір замовлення алюмінієвої стрічки, що мінімізує витрати $Q_{да}(t - 4)$	Розмір замовлення стрічки клейкої, що мінімізує витрати $Q_{дк}(t - 4)$	Розмір замовлення наклейок, що мінімізує витрати $Q_{дл}(t - 3)$	Розмір замовлення гофроящиків, що мінімізує витрати $Q_{дн}(t - 3)$
1	868	0	60522	4799	65321,0	0	0	0	0
2	802	0	54269,60	4010	58279,6	0	0	0	0
3	772	0	44898,99	3860	48759,0	0	0	802	100,25
4	908	0	832757,56	4540	837297,6	84000	312,9	772	96,5
5	834	0	47789,20	4170	51959,2	0	0	908	113,5
6	890	0	872150,62	4450	876600,6	86200	321,095	834	104,25
7	851	0	51623,77	4255	55878,8	0	0	890	111,25
8	807	0	812614,77	4035	816649,8	82900	308,8025	851	106,375
9	992	0	59377,52	4960	64337,5	0	0	807	100,875
10	986	0	1127213,28	4930	1132143,3	98900	368,4025	992	124
11	1039	0	61709,42	5195	66904,4	0	0	986	123,25
12	1065	0	1264981,62	5325	1270306,6	105200	392	1039	129,875

Складено на основі власних розрахунків автора

Таблиця Е.2 – Розраховані нефіксовані обмеження за п'ятим сценарієм

t	Сума прогнозованого попиту на який замовляється майбутня поставка, $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1))$	Нижнє обмеження кількості алюмінієвої стрічки $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1) * r_a)$	Нижнє обмеження кількості стрічки клейкої $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1) * r_k)$	Нижнє обмеження кількості наклейок $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1) * r_{\Pi})$	Нижнє обмеження кількості гофроящиків $\sum_{n=1}^m (D_{\Pi}(n+t-1) * r_{\Pi})$
1	0	0	0	0	0
2				802	100,25
3	1680	84000	312,90	772	96,50
4				908	113,50
5	1724	86200	321,10	834	104,25
6				890	111,25
7	1658	82900	308,80	851	106,38
8				807	100,88
9	1978	98900	368,40	992	124,00
10				986	123,25
11	2104	105200	391,87	1039	129,88
12				1065	133,13

Складено на основі власних розрахунків автора