

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут фінансів, економіки, управління та права

Кафедра економіки, підприємництва та маркетингу

Кваліфікаційна робота

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему «Економіко-математичне моделювання показників діяльності
промислового підприємства»

Виконала: студентка 6 курсу, групи 601-Е
спеціальності 051 «Економіка»

(код і назва спеціальності)

Ананенко І.В.

(прізвище та ініціали)

Науковий керівник: к.е.н., доцент

Шевченко О.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: к.е.н., доцент Буряк А.А.

(прізвище та ініціали)

Робота допущена до захисту:

Завідувача кафедри економіки, підприємництва та маркетингу

« » 2024 р. М.Б. Чижевська

Полтава 2024

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 104 с., 17 рис., 15 табл., 64 джерела.

Об'єктом дослідження є аналітичні інструменти в галузі економіко-математичне моделювання діяльності АТ «ПЗМС».

Предметом дослідження є процес обґрунтування та реалізації економіко-математичного моделювання діяльності АТ «ПЗМС».

Метою роботи є поглиблення теоретико-методичних та практичних аспектів економіко-математичне моделювання показників діяльності промислового підприємства.

Методи дослідження - уточнення понять, аналіз і синтез, індукція та дедукція, узагальнення, порівняння, графічні методи, методи прогнозування.

У першому розділі досліджено теоретичні основи економіко-математичного моделювання та його застосування для аналізу діяльності підприємств.

У другому розділі проведено аналіз фінансово-господарської діяльності ПАТ «Полтавський завод медичного скла», проаналізовано динаміку основних економічних показників.

У третьому розділі розроблено економетричні та оптимізаційні моделі для досліджуваного підприємства. Здійснено прогнозування показників діяльності на наступний період.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ, ПРОГНОЗУВАННЯ, УПРАВЛІНСЬКІ РІШЕННЯ, ПРОМИСЛОВЕ ПІДПРИЄМСТВО.

ABSTRACT

Qualification work: 104 p., 17 fig., 15 tab., 64 sources.

The object of study is the process of managerial decision making at an industrial enterprise.

The subject of study is economic and mathematical methods and models for analysis and forecasting the activities of an industrial enterprise.

The purpose of the work is to improve the efficiency of managerial decision-making by developing and using economic and mathematical models of analysis and forecasting the activities of an industrial enterprise.

Research methods are concepts clarification, content analysis, analysis and synthesis, induction and deduction, generalization, comparison, graphical methods, forecasting methods.

The first section explores the theoretical foundations of economic and mathematical modeling and its application for analyzing the activities of enterprises.

The second section analyzes the financial and economic activities of PJSC "Poltava Medical Glass Factory", considers the dynamics of key economic indicators.

The third section develops econometric and optimization models for the studied enterprise. The prediction of performance indicators for the next period is carried out.

KEYWORDS: ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING, OPTIMIZATION, FORECASTING, MANAGERIAL DECISIONS, INDUSTRIAL ENTERPRISE.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА.....	9
1.1. Сутність економіко-математичного моделювання. Етапи моделювання...	9
1.2. Класифікація економіко-математичних моделей.....	16
1.3. Методи та інструменти математичного моделювання промислового підприємства.....	23
Висновки за розділом 1.....	29
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ФІНАНСОВО-ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ АТ «Полтавський завод медичного скла» («ПЗМС»).....	31
2.1. Загальна характеристика діяльності підприємства.....	31
2.2. Організаційно-управлінська структура підприємства.....	34
2.3. Аналіз фінансово-економічних показників діяльності АТ «ПЗМС».....	39
Висновки за розділом 2.....	54
РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ДІЯЛЬНОСТІ АТ «ПЗМС».....	56
3.1. Застосування множинної лінійної регресії для аналізу економічних показників діяльності підприємства АТ «ПЗМС».....	56
3.2. Використання виробничої функції для аналізу діяльності АТ «ПЗМС».....	74
3.3. Прогнозування основних економічних показників діяльності АТ «ПЗМС».....	83
Висновки за розділом 3.....	91
ВИСНОВКИ.....	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	95
ДОДАТКИ.....	102

ВСТУП

Актуальність теми. Ефективне управління сучасним промисловим підприємством в умовах невизначеності та жорсткої конкуренції вимагає застосування надійного аналітичного інструментарію для прийняття обґрунтованих рішень. Використання економіко-математичного моделювання дозволяє підвищити якість аналізу та прогнозування показників діяльності, що зумовлює актуальність даного дослідження.

Зв'язок роботи з науковими темами. Робота пов'язана з науковою тематикою кафедри економіки, підприємництва та маркетингу Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Зокрема, економіко-математичне моделювання показників діяльності підприємства відповідають напряму досліджень кафедри та спеціальності 051 «Економіка».

Мета і завдання дослідження. Метою кваліфікаційної роботи є поглиблення теоретико-методичних та практичних аспектів економіко-математичне моделювання показників діяльності промислового підприємства.

Для досягнення поставленої мети кваліфікаційної роботи необхідно вирішити такі завдання:

Дослідити теоретичні основи економіко-математичного моделювання.

Охарактеризувати діяльність АТ «Полтавський завод медичного скла» («ПЗМС»)

Провести аналіз фінансово-господарської діяльності АТ «ПЗМС».

Застосувати множинну лінійну регресію для аналізу економічних показників діяльності АТ «ПЗМС».

Використати методи прогнозування основних показників діяльності підприємства

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є аналітичні інструменти в галузі економіко-математичне моделювання діяльності АТ «ПЗМС».

Предмет дослідження. Предметом дослідження є процес обґрунтування та реалізації економіко-математичного моделювання діяльності АТ «ПЗМС».

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети в роботі було використано такі методи: уточнення понять та категорій теорії аналізу, економіко-математичного моделювання та прогнозування для формулювання висновків; аналіз і синтез, індукція та дедукція – для виділення чинників впливу на діяльність підприємства; узагальнення та порівняння - для аналізу методичних підходів; графічні методи – для наочного представлення результатів; економіко-математичне моделювання – множинна лінійна регресія, виробнича функція Кобба-Дугласа, аналіз динаміки часових рядів, багатofакторна лінійна модель; методи прогнозування – для прогнозу фінансово-економічних показників діяльності підприємства.

Інформаційна база. Інформаційною базою дослідження є законодавчі та нормативні акти України, вітчизняні та зарубіжні наукові публікації, матеріали Інтернет-ресурсів, статистичні дані Державної служби статистики, фінансова та звітність АТ «Полтавський завод медичного скла» за 2020-2022 роки, а саме: Баланс (форма №1), Звіт про фінансові результати (форма №2) та Примітки до фінансової звітності (форма №5).

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці конкретних рекомендацій щодо моделювання та прогнозування діяльності для прийняття ефективних управлінських рішень на ПрАТ «Полтавський завод медичного скла». Запропоновані підходи до побудови та аналізу економіко-математичних моделей можуть бути використані на підприємстві для оптимізації бізнес-процесів, складання прогнозів та планів виробничо-господарської діяльності.

Апробація результатів дослідження. Одержані результати дослідження, основні висновки та пропозиції оприлюднені у Матеріалах XIII

Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції з міжнародною участю «Сучасна економічна наука: теорія і практика» Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (30.11.2023 р.).

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

1.1. Сутність економіко-математичного моделювання. Етапи моделювання

Під математичним моделюванням економічних процесів розуміють побудову математичних моделей в економіці, виконання експериментів за цими моделями, вивчення області їхнього застосування. Цей процес передбачає побудову абстракцій, формування аналогій і конструювання наукових гіпотез. Математичне моделювання є методом наукового пізнання, характерною особливістю якого є дослідження об'єкта оригіналу через вивчення об'єкта-замінника (тобто моделі об'єкта-оригіналу). Ця особливість математичного моделювання визначає специфічні форми застосування абстракцій, аналогій та формулювання гіпотез і теорій [40].

Основні підходи до тлумачення поняття «економіко-математичне моделювання» наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1. Підходи до тлумачення поняття «економіко-математичне моделювання» [9, 21, 35, 51]

Автор	Тлумачення поняття «економіко-математичне моделювання»
Мартін Фельдстейн	Економіко-математичне моделювання - це використання математичних методів і технік для аналізу та прогнозу економічних процесів та явищ.
Пол Самуелсон	За допомогою економіко-математичного моделювання економісти можуть створювати формальні моделі, які дозволяють вивчати взаємозв'язки між економічними змінами і визначати їхні наслідки.
Роберт Лукас	У економіко-математичному моделюванні використовуються математичні концепції для аналізу і прогнозу рішень, які приймаються економічними агентами, враховуючи їхні вподобання та обмеження.

Продовження табл. 1.1

Жан Тіроль	Економіко-математичне моделювання є інструментом, що дозволяє формалізувати і аналізувати економічні відносини, використовуючи математичні концепції для отримання більш точних прогнозів і рішень.
Леслі Кліне	У своїй роботі економіко-математичне моделювання розглядає як інструмент для вивчення економічних явищ і прийняття раціональних рішень, що ґрунтуються на математичних підставах.
Герберт Саймон	Економіко-математичне моделювання - це процес побудови формальних математичних структур, які дозволяють економістам аналізувати економічні явища, враховуючи складність та невизначеність.
Джон Мейнард Кейнс	Моделювання в економіці - це засіб узагальнення та спрощення складних економічних відносин для полегшення їхнього аналізу, що дозволяє розробляти стратегії управління та прогнозувати економічний розвиток.
Джон фон Нейман	В економіко-математичному моделюванні використовуються математичні структури для формалізації та аналізу прийняття рішень економічними агентами, що дозволяє краще розуміти і передбачати їх поведінку.
Азаренкова Г.М.	Економіко-математичне моделювання - це побудова та дослідження математичних моделей, які відображають різні аспекти функціонування економічних систем
Доля В.Т.	Економіко-математичне моделювання - метод аналізу та прогнозування стану складних соціально-економічних систем за допомогою економіко-математичних моделей
Клебанова Т.С.	Економіко-математичне моделювання полягає у побудові формалізованих математичних моделей для аналізу, прогнозування та оптимізації функціонування економічних об'єктів
Черняк О.І.	Економіко-математичне моделювання - це метод дослідження економічних систем і процесів з використанням математичного опису їх властивостей та математичного апарату для аналізу цих моделей

Процес моделювання включає три елементи:

- 1) суб'єкт (дослідник);
- 2) об'єкт дослідження;

3) модель як опосередковане відношення суб'єкта та об'єкта [41].

Причиною застосування методу математичного моделювання у дослідженні об'єктів, явищ і процесів є те, що безпосередньо їх вивчити неможливо або неефективно. У тих випадках, коли математична модель досить адекватно відображає проблемну ситуацію, вона стає надзвичайно важливим інструментом дослідження. Математична модель доступна для виконання експерименту, досить зручна в аналізі зв'язків, результатів взаємодії параметрів і змінних, її можна точно оцінити. Причини похибок при її використанні також піддаються оцінюванню [40].

Реальні економічні процеси відбуваються на досить тривалому проміжку часу. Вони можуть тривати доволі довго. У них беруть участь різні види ресурсів і їх зазвичай неможливо відтворити у цілковито ідентичних умовах. Експерименти над такими процесами дуже дорогі або просто неможливі. У математичних моделях за допомогою формул, рівнянь, нерівностей, якщо вони з достатньою повнотою відображають модельований процес, можна проаналізувати взаємодією змінних, параметрів – власне, економічних величин. Ці моделі дають змогу виконати різноманітні експерименти. Доцільність використання математичних моделей значною мірою визначають рівновагою між її адекватністю і простотою, тому процес складання моделі є одним зі 4 значних, відповідальних і творчих моментів дослідження економічних процесів [22].

Оскільки можливості числових методів реалізації економіко-математичних моделей досить обмежені, а також обмеженими є можливості засобів обчислення, виникає необхідність спрощення моделей [38].

Тому на початку процесу дослідження важливо з'ясувати можливості математичних методів і обчислювальної техніки. Спрощувати модель необхідно і тоді, коли є потреба зменшення витрат на моделювання і одержання необхідної інформації. Однак, коли спрощення моделі зумовлює відхід від реальної дійсності та від цілі моделювання, то це зазвичай зменшує її цінність і може спричинити до помилок в одержанні результатів

дослідження і висновків, зроблених щодо них. Отже, в процесі моделювання необхідно знаходити компромісні відповіді на такі питання.

Перевага моделі полягає у тому, що соціально-економічні системи дуже високого рівня складності можна замінити у процесі дослідження відносно простими, але доступними для аналізу та обчислень моделями, причому ті характеристики системи, які цікавлять дослідника, можуть бути відображені у моделі навіть більш рельєфно та чітко, без урахування незначних деталей та випадкових чинників.

Визначимо ще один бік проблеми моделювання економічних процесів. Кожний економічний процес залежить від чинника часу. Врахування динаміки процесу значно ускладнює економіко-математичну модель та ускладнює реалізацію модельного експерименту. Тому таку динамічну модель часто зображають як багатокрокову задачу, розв'язок якої на кожному наступному кроці залежить від інформації, отриманої на попередньому. У статичних моделях, у яких не враховано чинник часу, розв'язок одномоментний. Він дає відповідь на поставлення в задачі питання для фіксованого моменту часу.

Економічна система є імовірнісною системою, тобто явищам і процесам, які відбуваються в ній, властивий імовірнісний характер. Стохастичні моделі, які враховують це, значно важче реалізувати, ніж детерміновані моделі. Тому часто, якщо це можливо, імовірнісним характером системи нехтують. Значення параметрів приймають за достовірні [58].

У різних галузях знань, зокрема в економіці, етапи процесу моделювання набувають специфічних рис:

1. Постановка економічної проблеми та її якісний аналіз. Цей етап включає виокремлення найважливіших рис і властивостей об'єкта, що моделюється, і абстрагування від другорядних; вивчення структури об'єкта і головних залежностей, що поєднують його елементи; формулювання гіпотез (хоча б попередніх), що пояснюють поведінку і розвиток об'єкта.

2. Побудова математичної економічної проблеми, вираження її у вигляді конкретних математичних залежностей і відношень (функцій, рівнянь, нерівностей тощо). Спочатку зазвичай визначається основна конструкція (тип) математичної моделі, а потім уточнюються деталі цієї конструкції (конкретний перелік змінних і параметрів, форма зв'язків). Таким чином, побудова моделі має кілька стадій. Неправильно думати, що чим більше чинників ураховує модель, тим краще вона «працює» і ліпші дає результати [12]. Треба не лише враховувати реальні можливості інформаційного і математичного забезпечення, а й порівнювати витрати на моделювання з одержуваним ефектом (зі зростанням складності моделі приріст витрат може перевищити приріст ефекту). Однією з важливих особливостей математичних моделей є потенційна можливість їх використання для вирішення різноманітних проблем. Тому, навіть зустрічаючись з новою економічною задачею, не треба намагатися «винаходити» модель; спочатку необхідно спробувати застосувати для розв'язання цієї задачі вже відомі моделі (адаптувати їх до задачі) [29].

У процесі побудови моделі здійснюється зіставлення двох систем наукових знань — економічних і математичних. Звичайно, треба прагнути того, щоб одержати модель, яка належить до добре вивченого класу математичних задач. Часто це вдається зробити шляхом деякого спрощення вихідних положень моделі, які не спотворюють суттєві риси модельованого об'єкта. Однак можлива й така ситуація, коли формалізація економічної проблеми приводить до невідомої раніше математичної структури. Проблеми економічної науки і практики в середині ХХ ст. сприяли розвитку математичного програмування, теорії гри, функціонального аналізу, обчислювальної математики. Цілком імовірно, що в майбутньому розвиток економічної науки стане важливим стимулом для створення нових розділів математики.

3. Математичний аналіз моделі. Метою цього етапу є з'ясування загальних властивостей моделі. Тут часто застосовують математичні

прийоми дослідження. Найважливіший момент – доведення існування рішень у сформованій моделі (теорема існування). Якщо поталанить довести, що математична задача не має рішення, то необхідність у наступній роботі за первісним варіантом моделі відпадає; слід скоригувати чи постановку економічної задачі, чи модифікувати її математичну формалізацію. В аналітичному дослідженні моделі можуть постати такі питання, як, наприклад: чи взагалі є та чи єдине рішення; які змінні (невідомі) можуть входити у рішення; які будуть співвідношення між ними; в яких межах і залежно від яких вихідних умов вони змінюються; якими є тенденції цих змін тощо [10]. Аналітичне дослідження моделі порівняно з емпіричним (числовим) має ту перевагу, що одержувані висновки зберігають свою силу за різноманітних конкретних значень зовнішніх і внутрішніх параметрів моделі. Знання загальних властивостей моделі має настільки велике значення, що часто задля доведення подібних властивостей дослідники свідомо йдуть на ідеалізацію первинної моделі. Моделі складних економічних об'єктів з великими труднощами піддаються аналітичному дослідженню. У тих випадках, коли аналітичними методами не вдається з'ясувати загальні властивості моделі, а спрощення моделі спричиняється до недопустимих (неадекватних) результатів, переходять до числових методів дослідження [39].

4. Підготовка вихідної інформації. Моделювання висуває жорсткі вимоги до системи інформації. Водночас реальні можливості одержання інформації обмежують вибір моделей, які пропонуються до практичного використання. Разом з тим береться до уваги не лише принципова можливість підготовки інформації (за певний період), але й витрати на підготовку відповідних інформаційних масивів. Ці витрати не повинні перевищувати ефект від використання додаткової інформації.

У процесі підготовки інформації широко використовуються методи теорії ймовірностей, теоретичної і математичної статистики. У статистичному економіко-математичному моделюванні результуюча

інформація, використовувана в одних моделях, є вихідною для функціонування інших моделей.

5. Числові розв'язки. Цей етап включає розробку алгоритмів для числового розв'язування задачі, складання програм на ЕОМ і безпосереднє проведення розрахунків. Труднощі цього етапу зумовлені передусім великою розмірністю економічних задач, необхідністю опрацювання значних масивів інформації. Звичайно розрахунки на підставі використання економіко-математичної моделі мають багатоваріантний характер. Завдяки високій швидкодії сучасних ЕОМ вдається проводити числові «модельні» експерименти, вивчаючи «поведінку» моделі при різних значеннях деяких умов. Дослідження, які проводяться за допомогою числових методів, можуть стати суттєвим доповненням до результатів аналітичного дослідження. Зазначимо, що клас економічних задач, які можна розв'язувати числовими методами, значно ширший, ніж клас задач, доступних аналітичному дослідженню.

6. Аналіз числових результатів та їх використання. На цьому, завершальному, етапі циклу виникає питання про правильність і повноту результатів моделювання, про рівень практичного застосування останні [43].

Математичні методи перевірки можуть виявляти некоректність підходу до побудови моделі і тим самим звужувати клас потенційно правильних моделей. Неформальний аналіз теоретичних висновків і числових результатів, які одержують за допомогою моделі, зіставлення їх із знаннями, якими володіємо, і фактами дійсності також дозволять знаходити недоліки постановки економічної задачі, сконструйованої математичної моделі, її інформаційного і математичного забезпечення [1].

1.2. Класифікація економіко-математичних моделей

Математичні моделі економічних процесів і явищ мають скорочену назву – економіко-математичні моделі. Для класифікації цих моделей використовують різні класифікаційні ознаки.

За цільовим призначенням економіко-математичні моделі поділяються на теоретико-аналітичні, що використовуються під час дослідження загальних властивостей і закономірностей економічних процесів, і прикладні, що застосовуються у розв'язанні конкретних економічних задач (моделі економічного аналізу, прогнозування, управління) [4].

Економіко-математичні моделі можуть призначатися для дослідження різних сторін функціонування народного господарства (зокрема, його виробничо-технологічної, соціальної, територіальної структури) і його окремих частин. У класифікації можна виокремити моделі народного господарства загалом і його підсистем – галузей, регіонів тощо; комплекси моделей виробництва, споживання, формування і розподілу доходів, трудових ресурсів, ціноутворення, фінансових зв'язків тощо [52].

Відповідно до загальної класифікації математичних моделей вони поділяються на функціональні та структурні, а також проміжні форми (структурно-функціональні). У дослідженнях на народногосподарському рівні частіше застосовуються структурні моделі, оскільки для планування та управління велике значення мають внутрішні залежності між елементами систем. Типовими структурними моделями є моделі міжгалузевих зв'язків. Функціональні моделі широко застосовуються в економічному регулюванні, коли на поведінку об'єкта («вихід») впливають шляхом зміни «входу». Прикладом може слугувати модель поведінки споживачів в умовах товарно-грошових відносин. Один і той самий об'єкт може описуватись одночасно і структурною, і функціональною моделями. Наприклад, для планування окремої галузевої системи використовується структурна модель, а на

народногосподарському рівні кожна галузь може бути подана функціональною моделлю [31].

Моделі поділяють на дескриптивні та нормативні. Дескриптивні моделі відповідають на запитання: як це відбувається чи як це найімовірніше може розвиватися далі? Іншими словами, вони лише пояснюють факти, які спостерігалися, чи дають прогноз. Нормативні моделі відповідають на запитання: як це має бути? Тобто передбачають цілеспрямовану діяльність. Типовим прикладом нормативних моделей є моделі оптимального (раціонального) планування, що формалізують у той чи інший спосіб мету економічного розвитку, можливість і засоби її досягнення.

Застосування дескриптивного підходу в моделюванні економіки пояснюється необхідністю емпіричного виявлення суттєвих залежностей в економіці, встановлення статистичних закономірностей економічної поведінки соціальних груп, вивчення ймовірних шляхів розвитку якихось процесів за незмінних умов чи таких, що відбуваються без зовнішніх впливів. Прикладом дескриптивних моделей є виробничі функції та функції купівельного попиту, побудовані на підставі опрацювання статистичних даних [11].

Чи є економіко-математична модель дескриптивною або нормативною – це залежить не лише від її математичної структури, а й від характеру використання моделі. Наприклад, модель міжгалузевого балансу є дескриптивною, якщо вона використовується для аналізу пропорцій минулого періоду. Але ця сама математична модель стає нормативною, якщо застосовується для розрахунків збалансованих варіантів розвитку народного господарства, які задовольняють кінцеві потреби суспільства за умови планових нормативів виробничих витрат.

Багато економіко-математичних моделей поєднують ознаки дескриптивних і нормативних моделей. Типовою є ситуація, коли нормативна модель складної структури об'єднує окремі блоки, котрі є частковими дескриптивними моделями. Наприклад, міжгалузева модель

може включати функції купівельного попиту, які описують поведінку споживачів за зміни доходів. Подібні приклади характеризують тенденцію ефективного поєднання дескриптивного і нормативного підходів. Дескриптивний підхід широко застосовується в імітаційному моделюванні.

За характером відображення причинно-наслідкових аспектів розрізняють моделі жорстко детерміновані і моделі, що враховують випадковість і невизначеність. Треба розрізняти невизначеність, яка описується ймовірнісними законами, і невизначеність, для опису котрої закони теорії ймовірностей застосовувати не можна. Другий тип невизначеності набагато складніший для моделювання: мається на увазі теорія нечітких множин та нечітка логіка [43].

За способами відображення чинника часу економіко-математичні моделі поділяються на статичні й динамічні. У статичних моделях усі залежності відносять до одного моменту чи періоду часу. Динамічні моделі характеризують зміни економічних процесів у часі. За тривалістю розглянутого періоду розрізняють моделі короткотермінового (до року), середньотермінового (до 5 років), довготермінового (10—15 і більше років) прогнозування і планування. Час в економіко-математичних моделях може змінюватися неперервно або дискретно [48].

Моделі економічних процесів надзвичайно різноманітні за формою математичних залежностей. Важливо виокремити клас лінійних моделей, що набули великого поширення завдяки зручності їх використання. Відмінності між лінійними і нелінійними моделями є суттєвими не лише з математичної точки зору, а й у теоретико-економічному відношенні, бо багато залежностей в економіці мають принципово нелінійний характер: ефективність використання ресурсів за зростання виробництва, зміни попиту і споживання населення, збільшення виробництва, зміни попиту населення зі зростанням доходів тощо [50]. Теорія «лінійної економіки» істотно відрізняється від теорії «нелінійної економіки». Від того, чи вважаються множини виробничих потужностей підсистем (галузей, підприємств) опуклими чи неопуклими,

суттєво залежать висновки про можливість поєднання централізованого планування й господарської самостійності економічних підсистем.

За співвідношенням екзогенних і ендогенних змінних, які включаються в модель, вони поділяються на відкриті і закриті. Повністю відкритих моделей не існує; модель повинна містити хоча б одну ендогенну (таку, що визначається за допомогою моделі) змінну. Повністю закриті економіко-математичні моделі, тобто такі, що не містять екзогенних змінних, надзвичайно рідкісні; побудова їх потребує повного абстрагування від «середовища», тобто серйозного огрублення економічних систем, які завжди мають зовнішні зв'язки. Переважна більшість економіко-математичних моделей посідає проміжну позицію і розрізняється за ступенем відкритості (закритості) [34].

Математичні моделі здобули широке визнання в економіці загалом і в процесі оптимізації ухвалюваних управлінських рішень зокрема. Ці моделі можуть бути ідеальними, тобто створюватися і вивчатися виключно в розумі людини і на папері, без необхідності застосування спеціальних технічних засобів, або фізичними, що втілюються за допомогою електроніки та обчислювальної техніки.

Класифікація моделей, яку представив Алдохін І. П., є науково обґрунтованою та широко визнаною в галузі математичного програмування. Найповніше розроблені та широко вживані моделі математичного програмування входять у цю класифікацію (рис. 1.1).

Відповідно до властивостей функцій, моделі математичного програмування можна класифікувати в різні групи, такі як лінійне програмування, нелінійне програмування (опукле і неопукле), квадратичне програмування та інші. Якщо змінні можуть приймати обмежене число дискретних значень, ми маємо справу з моделями цілочисельного програмування. Змінюючи параметри або змінні в межах, ми можемо отримати моделі параметричного програмування. Завдання з випадковими параметрами вирішуються за допомогою моделей стохастичного

програмування. Блокове програмування використовується для оптимізації великих задач з меншою кількістю обмежень і змінних.

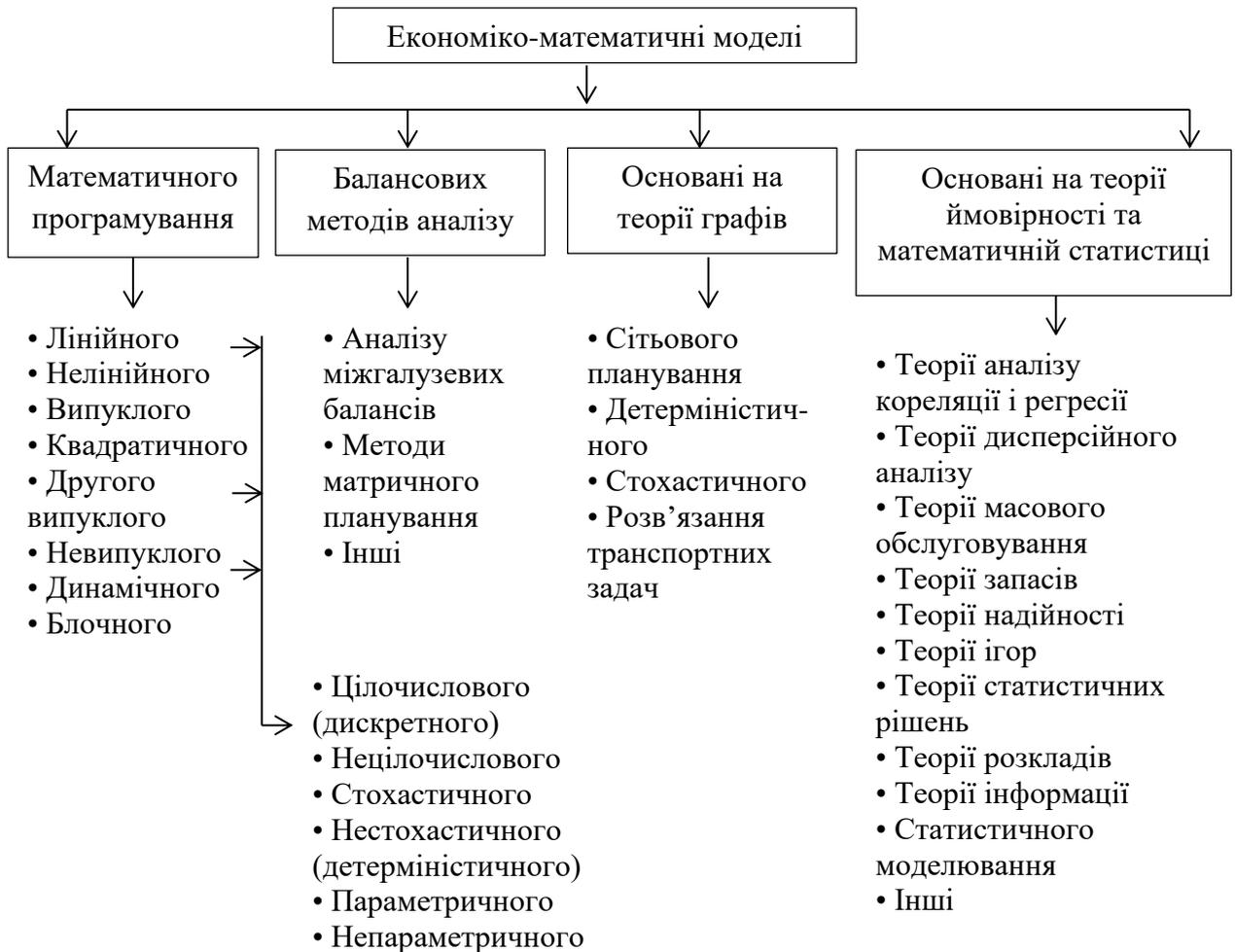


Рисунок 1.1 – Класифікація економіко-математичних моделей [15]

Математичне програмування також включає динамічне програмування, яке дозволяє обчислити оптимальне рішення в умовах, коли результати на кожному етапі впливають на наступні. Моделі, що базуються на теорії графів, також використовуються для оптимізації ухвалюваних рішень.

Мережеве планування, в якому використовуються моделі мережі, важливо для оптимізації управлінських рішень, організації виконання завдань та контролю. Це включає детерміністичні та стохастичні моделі в залежності від точності визначення тривалості робіт.

Балансові моделі дозволяють враховувати взаємозв'язки між підрозділами виробництва та досягати пропорційного розвитку. Економіко-математичні моделі, що ґрунтуються на теорії ймовірностей та статистики, широко використовуються при оптимізації управлінських рішень. Це включає аналіз кореляцій, регресії, дисперсійний аналіз, теорію ігор, статистичні рішення та інші.

Різні моделі, такі як лінійне програмування для оперативно-календарного та техніко-економічного планування чи динамічне програмування для заміни устаткування та оптимального розподілу амортизаційних відрахувань, використовуються для різних завдань.

Моделі теорії графів та мережевого планування є ефективними для оптимізації рішень щодо виконання завдань і організації робіт. Застосовуються також балансові методи аналізу для пропорційного розвитку виробництва.

Моделі, засновані на теорії вірогідності та математичній статистиці, використовуються для вирішення різних статистичних завдань, таких як аналіз кореляцій, регресій, дисперсійний аналіз і інші.

Для моделей народногосподарського рівня важливим є поділ на агреговані та деталізовані. Залежно від того, містять народногосподарські моделі просторові чинники й умови чи не містять, розрізняють моделі просторові і точкові.

Слід зазначити, що під математичним моделюванням мається на увазі також процес установа відповідності для деякої даної реальної системи S з деякою, що відповідає наведеним вище вимогам, математичною моделлю M і дослідження цієї моделі (M), що дозволяє отримати як характеристики, так і оцінки поведінки реальної системи в певних інтервалах значень її показників і параметрів [14].

Класифікація видів математичних моделей може проводитися й за такими ознаками: аналітичне та комп'ютерне моделювання (рис. 1.2):

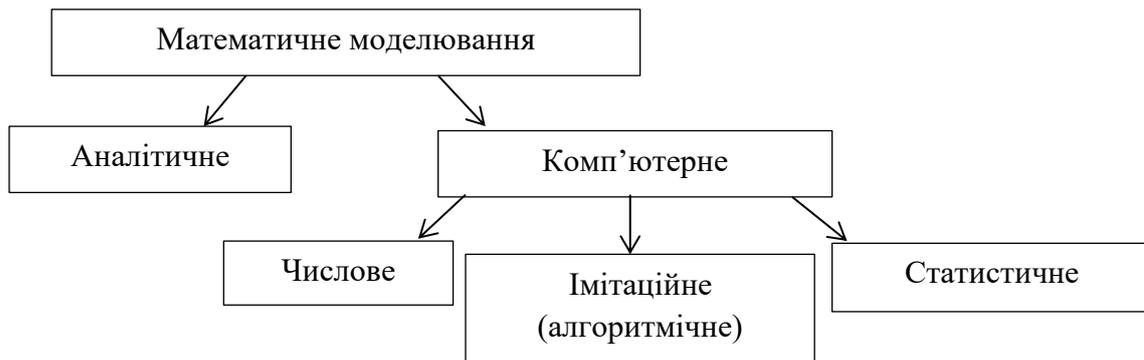


Рисунок 1.2 – Аналітичне та комп'ютерне моделювання [26]

Для аналітичного моделювання характерним є те, що процеси функціонування елементів системи записують у вигляді деяких математичних співвідношень (алгебраїчних, інтегро-диференціальних, кінцево-різницевих тощо) чи логічних умов.

Аналітична модель може досліджуватися такими методами:

- а) аналітичним, коли прагнуть у загальному вигляді отримати деякі залежності для шуканих характеристик;
- б) числовим;
- в) якісним, коли, не маючи явного розв'язку, все ж знаходять деякі властивості рішень.

Комп'ютерне моделювання характеризується тим, що математична модель системи (використовуючи основні співвідношення аналітичного моделювання, — на цьому необхідно зробити наголос) подається у вигляді деякого алгоритму та програми, придатної для її реалізації на комп'ютері, що дозволяє проводити з нею обчислювальні експерименти. Залежно від математичного інструментарію (апарату), що використовується в побудові моделі, та способу організації обчислювальних експериментів можна виокремити три взаємопов'язані види моделювання: числове, алгоритмічне (імітаційне) та статистичне.

За числового моделювання для побудови комп'ютерної моделі використовуються методи обчислювальної математики, а обчислювальний

експеримент полягає в числовому розв'язанні деяких математичних рівнянь за заданих значень параметрів і початкових умов.

Алгоритмічне (імітаційне) моделювання (може бути як детермінованим, так і стохастичним) — це вид комп'ютерного моделювання, для якого характерним є відтворення на комп'ютері (імітація) процесу функціонування досліджуваної складної системи. Імітуються (з використанням аналітичних залежностей і моделей) елементарні явища, що становлять процес, зі збереженням їхньої логічної та семантичної структури, послідовності плину в часі, що дозволяє отримати нову інформацію про стан системи S у задані моменти часу [2].

Статистичне моделювання — це вид комп'ютерного моделювання, який дозволяє отримати статистичні дані відносно процесів у модельованій системі S .

Зазначимо, що все частіше (і це логічно) в економіці використовується комбіноване моделювання, системотвірним елементом якого є аналітичні моделі.

У побудові та використанні комбінованих моделей попередньо проводять декомпозицію процесу функціонування моделі на складові елементи.

З розвитком економіко-математичних досліджень ускладнюється й проблема класифікації моделей, що використовуються. Разом із виникненням нових типів моделей (особливо змішаних типів) і нових ознак їх класифікації здійснюється процес інтеграції моделей різних типів у більш складні модельні конструкції [44].

1.3. Методи та інструменти математичного моделювання промислового підприємства

Для математичного моделювання промислового підприємства використовують різноманітні методи та інструменти:

1. Системна динаміка.
2. Математичне програмування.
3. Моделювання черг.
4. Симуляція.
5. Імітаційне моделювання.
6. Аналіз чутливості.

Системна динаміка є потужним методом математичного моделювання, який застосовується для вивчення довгострокових динамічних процесів та взаємодії складних систем. Цей підхід розвивається на перетині наукових досліджень, керування та інженерії, зокрема для аналізу та оптимізації функціонування промислових підприємств [33].

Однією з ключових концепцій системної динаміки є ідея динамічного зв'язку між компонентами системи з часом. Модель системи створюється на основі системи диференціальних рівнянь, що враховують найважливіші змінні та їх взаємодію. Це дозволяє враховувати затримки, нелінійності та зворотний зв'язок у системі.

Основний принцип системної динаміки полягає в розбитті системи на більш прості підсистеми або структурні елементи, які взаємодіють між собою. Кожен елемент має свої власні змінні стану, які визначаються взаємодією з іншими елементами у системі [6].

Динаміка системи визначається розв'язанням системи диференціальних рівнянь, що враховують різноманітні фактори та взаємодії. Зміни в початкових умовах або параметрах можуть призводити до складних ефектів на довгостроковий горизонт [45].

Однією з важливих особливостей системної динаміки є використання графічних імітаційних моделей для візуалізації динаміки системи. Це дозволяє аналізувати зміни в системі з часом, виявляти можливі причинно-наслідкові зв'язки та прогнозувати поведінку системи в різних умовах.

Важливим етапом в розвитку системної динаміки є ідентифікація ключових зв'язків, залежностей та параметрів системи, що дозволяє

побудувати точні та корисні моделі. Такий підхід дає можливість вирішувати складні задачі управління та планування на підприємствах, а також розробляти стратегії для досягнення довгострокових цілей організації [13].

Математичне програмування (МП) є потужним інструментом оптимізації, який застосовується для знаходження найкращих рішень у задачах з обмеженнями. Цей підхід знаходить широке застосування у різних галузях, включаючи економіку, логістику, фінанси, виробництво та інші.

Основна ідея Математичного програмування полягає в формалізації задачі оптимізації у вигляді математичної моделі, яка включає об'єктивну функцію та набір обмежень. Об'єктивна функція визначає ціль, яку необхідно оптимізувати (максимізувати чи мінімізувати), тоді як обмеження враховують обмеження та умови, які повинні бути виконані.

Однією з базових форм Математичного програмування є лінійне програмування, де об'єктивна функція та всі обмеження є лінійними. Цей вид програмування знаходить широке застосування в задачах оптимізації розподілу ресурсів, планування виробництва, транспортних задачах та багатьох інших областях [36].

Не лінійне програмування, у свою чергу, розширює можливості Математичного програмування, дозволяючи моделювати складніші системи з нелінійними функціями об'єктиву та обмеженнями. Це особливо корисно в тих випадках, коли відносини між змінними не можна адекватно описати лінійними функціями.

Математичне програмування також охоплює інші варіації, такі як цілочисельне програмування, де рішення обмежується цілими числами. Це важливо, наприклад, в задачах розподілу ресурсів, коли необхідно враховувати цілі кількості обладнання чи робочих годин [47].

У випадку динамічних та неперервних задач застосовується динамічне програмування, яке дозволяє оптимізувати рішення в умовах неперервного часу та змінних параметрів.

Математичне програмування стає потужним інструментом для прийняття обґрунтованих управлінських рішень, забезпечуючи оптимальне використання ресурсів та досягнення стратегічних цілей підприємства чи організації.

Моделювання черг, або теорія черг, є важливим інструментом для аналізу та оптимізації потоку ресурсів в різноманітних системах, включаючи промислові підприємства, обслуговування клієнтів, транспортні мережі та інші. Цей підхід базується на математичних моделях, які дозволяють досліджувати взаємодію між об'єктами (або подіями), які обслуговуються в певному порядку.

Однією з ключових концепцій теорії черг є ідея об'єктів, які намагаються отримати обслуговування та об'єктів, які його забезпечують. Введенням черги можна моделювати інтереси клієнтів, які очікують на обслуговування. Ці об'єкти можуть включати, наприклад, клієнтів в черзі на касі в магазині або запитання, які очікують відповіді в інформаційному центрі.

Змодельована черга може бути описана різними характеристиками, такими як середній час очікування, інтенсивність потоку, імовірність втрати, кількість елементів в черзі тощо. Моделі черг можуть бути як аналітичними, так і симуляційними, залежно від складності системи та точності, яку необхідно досягти [58].

Однією з основних характеристик черг є їхній режим обслуговування. Наприклад, система може мати одноканальний або багатоканальний режим, де кожен канал може обслуговувати свою чергу. Також важливим є вибір стратегії обслуговування, такої як «перш прийшов – перш обслужений» (FIFO) або пріоритетність відповідно до певних критеріїв [55].

Теорія черг широко використовується для планування та оптимізації обслуговування в різних галузях, включаючи транспорт, телекомунікації, банківський сектор і виробництво. Аналіз черг дозволяє покращити

ефективність систем та зменшити час очікування клієнтів, що важливо для задоволення їхніх потреб та оптимізації витрат.

Симуляція є потужним інструментом для моделювання та аналізу реальних систем через комп'ютерне моделювання подій та процесів. Цей підхід використовується в різних галузях, включаючи промисловість, логістику, транспорт, медицину, фінанси та багато інших сфер [56].

Симуляційні моделі відтворюють реальні системи та дозволяють досліджувати їхню динаміку, взаємодію та вплив різних факторів. Однією з ключових особливостей симуляції є можливість експериментувати з системою, відтворюючи різні сценарії та аналізуючи їхні наслідки.

Метод симуляції включає кілька ключових етапів. По-перше, необхідно визначити мету симуляції та чітко сформулювати завдання. Далі слід обрати модель для відтворення системи, що може бути дискретною (з подіями у визначені моменти часу) чи неперервною (з безперервним потоком часу).

Під час розробки симуляційної моделі важливо враховувати всі важливі компоненти та взаємозв'язки системи. Це може включати в себе вхідні та вихідні потоки, різні етапи обробки, розподіл ресурсів та взаємодію між об'єктами.

Після розробки моделі проводять симуляції, які можуть бути стохастичними чи детермінованими. Стратегія симуляції полягає в виконанні великої кількості експериментів для оцінки різних сценаріїв та отримання статистичної інформації.

Важливим аспектом симуляції є аналіз результатів та висновки. Це дозволяє визначити ефективність та продуктивність системи в різних умовах, виявляти можливі проблеми та оптимізувати параметри для досягнення кращих результатів [37].

Симуляція є ефективним інструментом для вирішення складних проблем, де аналітичні рішення можуть бути важкодоступними або неможливими. Вона дозволяє приймати обґрунтовані рішення та вдосконалювати системи без прямого впливу на реальні об'єкти.

Імітаційне моделювання є підходом, що використовує комп'ютерне програмування для створення віртуальної моделі реальної системи та відтворення її динаміки та взаємодії об'єктів у реальному часі.

В основі імітаційного моделювання лежить ідея створення абстрактної моделі, яка відображає ключові аспекти реальної системи. Ця модель може включати в себе об'єкти, події та їх взаємодію. Кожен об'єкт у моделі має свої властивості та стани, а події відтворюють взаємодію між об'єктами.

Однією з ключових особливостей імітаційного моделювання є можливість спостереження за системою в реальному часі. Програма виконується шляхом відтворення взаємодії об'єктів та обробки подій відповідно до заданих правил. Це дозволяє досліджувати динаміку системи та аналізувати її поведінку в різних сценаріях.

Імітаційне моделювання використовується для вирішення різних завдань, включаючи аналіз ефективності систем, оптимізацію процесів, тестування нових стратегій та прийняття управлінських рішень. Важливим аспектом є можливість моделювати реальні умови та враховувати непередбачені обставини, що дозволяє отримати більш реалістичні результати.

Під час розробки імітаційної моделі необхідно враховувати всі важливі аспекти системи та правильно визначити параметри об'єктів та взаємодій. Крім того, важливо провести валідацію та верифікацію моделі, перевіряючи її на відповідність реальним даним та результатам експериментів.

Імітаційне моделювання стає все більш важливим інструментом в різних сферах, де аналіз та оптимізація систем можуть призвести до покращення ефективності та прийняття кращих управлінських рішень [5].

Аналіз чутливості - це метод в управлінні та прийнятті рішень, який дозволяє визначити вплив змін у вихідних параметрах чи вхідних даних на результати моделі, розрахунки або прийняття рішень. Цей підхід важливий для визначення того, наскільки робочий результат чутливий до змін в окремих факторах [16].

Під час аналізу чутливості визначають ключові параметри або змінні, які можуть впливати на вихідні результати. Ці параметри можуть бути фізичними величинами, економічними показниками, часовими рамками, тощо. Відомі також як «чутливість», ці параметри визначають, наскільки зміни в них можуть впливати на кінцевий результат.

Однією з основних технік аналізу чутливості є зміна окремих параметрів або вхідних даних на певний відсоток та спостереження за змінами в результатах. Це дозволяє виявити та оцінити важливість кожного параметра для моделі та визначити, наскільки чутливий є вихід до конкретної зміни [56].

Додатково, аналіз чутливості може включати побудову графіків, таких як графіки чутливості, які демонструють відносний вплив змін у параметрах. Це візуально вказує на те, які фактори мають найбільший вплив на результати та можуть бути ключовими для управління або оптимізації системи чи процесу [32].

Аналіз чутливості має широкий спектр застосувань у науці, інженерії, фінансах, маркетингу та інших галузях. Цей підхід допомагає визначити ризики, визначити ключові чинники та виявити можливості для оптимізації та управління в умовах невизначеності та змін.

Висновок до розділу 1

У першому розділі проаналізовано теоретичні та методичні засади економіко-математичного моделювання діяльності промислових підприємств.

Детально досліджено сутність економіко-математичного моделювання як потужного інструменту дослідження складних економічних систем на основі побудови їх формалізованих математичних моделей. Показано, що це метод наукового пізнання, за якого об'єкт досліджується опосередковано через модель-замінник. Визначено ключові етапи процесу моделювання:

постановка задачі, побудова моделі, її аналіз, підготовка інформації, числове розв'язання, інтерпретація результатів.

Розглянута класифікація економіко-математичних моделей за цільовим призначенням, способом формалізації, характером зв'язків, відображенням часу тощо. Показано, що вибір типу моделі залежить від особливостей об'єкта моделювання та цілей дослідження.

Проаналізовано конкретні методи моделювання промислових підприємств: лінійне та динамічне програмування, системна динаміка, теорія масового обслуговування, імітаційне моделювання та аналіз чутливості. Показано їх застосування для вирішення задач оптимізації, прогнозування, планування виробництва і бізнес-процесів підприємства.

Отже, у першому розділі сформовано теоретико-методологічне підґрунтя економіко-математичного моделювання промислового підприємства, що є базою для подальшого дослідження конкретного об'єкта.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ФІНАНСОВО-ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ АТ «ПЗМС»

2.1. Загальна характеристика діяльності підприємства

Акціонерне товариство «Полтавський завод медичного скла» (АТ «ПЗМС») є підприємством, спеціалізованим у виробництві і постачанні медичного скла та виробів з нього. Основна діяльність підприємства включає в себе виробництво медичних пляшок, аптекарських посудин, лабораторного посуду та інших продуктів, виготовлених з медичного скла [49].

Діяльність підприємства розділена на наступні аспекти:

1. Виробництво медичних пляшок: АТ «ПЗМС» виготовляє різноманітні види медичних пляшок, які використовуються для зберігання та транспортування ліків, реактивів і інших речовин у медичних та лабораторних установах.

2. Виробництво аптекарського посуду: Підприємство також спеціалізується на виготовленні аптекарського скла, яке використовується для вимірювання та зберігання лікарських препаратів у аптеках та медичних закладах.

3. Виробництво лабораторного посуду: АТ «ПЗМС» виробляє різні види лабораторного скла, необхідного для проведення наукових досліджень, аналізів і експериментів у лабораторіях різних галузей, включаючи хімію, біологію та медицину.

4. Дотримання стандартів якості та безпеки: Полтавський завод медичного скла приділяє велику увагу дотриманню стандартів якості та безпеки виробництва, щоб забезпечити надійність та безпеку своєї продукції. Це особливо важливо в медичній сфері, де якість і чистота посуду можуть мати критичне значення для пацієнтів і результатів досліджень.

Полтавський завод медичного скла відомий своєю високою якістю продукції та дотриманням всіх необхідних стандартів безпеки і якості у виробництві медичного посуду. Підприємство впроваджує сучасні технології та інноваційні рішення для підвищення продуктивності та задоволення потреб клієнтів у сфері медичної і лабораторної діагностики. Робота АТ «ПЗМС» спрямована на забезпечення медичних закладів та лабораторій надійним та якісним посудом для здійснення досліджень і проведення медичних процедур.

Акціонерне товариство «Полтавський завод медичного скла» - підприємство виробництва та реалізації виробів медичного та загального призначення зі скла на ринку товарів в Україні. Засновано у 1996 році внаслідок перетворення державного підприємства «Полтавський завод медичного скла».

Юридична адреса: 36008, Полтавська обл., місто Полтава, Шевченківський район, вулиця Європейська, будинок 158.

Згідно зі Статутом, товариство створене без обмеження строку діяльності. Воно має право здійснювати зовнішньоекономічну діяльність у будь-якій сфері, пов'язаній з виробництвом скляних виробів, створювати дочірні підприємства та відкривати представництва.

Статутний капітал АТ «ПЗМС» становить 2,617 млн. грн. Він може збільшуватися шляхом додаткової емісії акцій чи підвищення їх номінальної вартості.

Щодо розподілу прибутку, то товариство може здійснювати виплату дивідендів винятково грошовими коштами. Дивіденди мають бути виплачені протягом 6 місяців після прийняття відповідного рішення Загальними зборами акціонерів. Водночас існують певні законодавчі обмеження на виплату дивідендів, що пов'язані із забезпеченням фінансової стійкості та платоспроможності АТ «ПЗМС».

Порядок скликання позачергових загальних зборів Позачергові Загальні збори акціонерів можуть скликатися за ініціативою Наглядової ради,

на вимогу Правління чи акціонерів, що володіють не менше 5% голосуючих акцій.

Кворум загальних зборів Загальні збори мають кворум за умови реєстрації акціонерів, що володіють більш ніж 50% голосуючих акцій товариства.

Особливості корпоративного управління в акціонерному товаристві може бути посада корпоративного секретаря, на якого покладаються функції взаємодії з акціонерами, організаційне забезпечення роботи органів управління.

Захист прав міноритарних акціонерів Акціонери, що володіють більше 5% акцій, можуть скликати позачергові Загальні збори та проводити аудиторські перевірки фінансово-господарської діяльності АТ.

АТ «Полтавський завод медичного скла» має в м. Полтава виробничі потужності для проектування, розробки, модернізації, виробництва, випробування та дослідження виробів медичного та загального призначення зі скла.

Діяльність акціонерного товариства регламентується Цивільним кодексом України, Господарським кодексом України, Законом України «Про акціонерні товариства», а також іншими законодавчими актами України.

АТ «Полтавський завод медичного скла»:

- має самостійний баланс, рахунки в банках, печатку із своїм найменуванням, ідентифікаційним кодом, штампи, бланки, фірмовий логотип;
- діє на принципах повної господарської самостійності, несе відповідальність за результати діяльності та виконання зобов'язань;
- може набувати майнові та особисті немайнові права, бути позивачем в суді;
- має право випускати цінні папери;
- самостійно планує діяльність і укладає необхідні договори.

Метою діяльності акціонерного товариства є виробництво та реалізація скляних виробів медичного та загального призначення, задоволення потреб населення у такій продукції, отримання прибутку.

Основними видами діяльності АТ «Полтавський завод медичного скла» є:

- проектування, розробка, виробництво скляних виробів медичного та загального призначення;
- оптова та роздрібна торгівля власною продукцією;
- зовнішньоекономічна діяльність у сфері експорту та імпорту товарів.

Організаційна структура управління акціонерним товариством включає Загальні збори акціонерів, Наглядову раду та Правління на чолі з Головою правління.

Таким чином, АТ «Полтавський завод медичного скла» є підприємством, що спеціалізується на виробництві та продажу скляних виробів медичного призначення, діє на підставі статуту та чинного законодавства України.

2.2. Організаційно-управлінська структура підприємства

Організаційна структура – це сукупність виробничих ланок і впорядкованих потоків ресурсів у виробничій системі, а також органів управління та їх певний взаємозв'язок, які забезпечують досягнення стратегічних цілей підприємства [56].

Структура має тісні зв'язки з її елементами: ланками управління на кожному рівні, цілями, функціями, процесом управління, чисельним і професійно-кваліфікаційним складом працівників, ступенем централізації і децентралізації функцій управління, інформаційними зв'язками. В рамках організаційної структури відбувається рух потоків інформації і прийняття

управлінських рішень, у чому беруть участь менеджери всіх рівнів, категорій і професійної спеціалізації.

Розподіл відповідальності між усіма елементами підприємства (від рядових співробітників до керівників вищої ланки) є тим критерієм, за яким організаційні структури управління поділяються на типи. Глобально структура управління буває двох типів: вертикальна (ієрархічна) та горизонтальна (мережева) [23].

В форматі вертикальної структури управління наявний контроль нижчих рівнів вищими, через що даний тип називають також пірамідою, структурою «деревоподібного» типу або бюрократичною структурою. Одним з головних ознак вертикальної структури управління є централізація — тобто зосередженість влади в одних руках (генеральний директор) або в органі управління (рада директорів).

Горизонтальна структура управління або «холакратія» — відносно нова і все більш значуща світова тенденція. Основою такої структури є:

- команди, які самоорганізуються;
- відсутність поділу на рівні;
- децентралізація управління підрозділами компанії [63].

Така структура дозволяє прискорити прийняття рішень (що важливо в умовах постійних змін на ринках збуту), зменшити роль і кількість менеджерів середньої ланки, значно скоротивши бюрократію.

В реальному житті організаційна структура управління підприємством часто містить в собі одночасно елементи вертикальної та горизонтальної структур управління, проте загалом домінує перша. Найбільш поширені такі три типи:

- Лінійна.
- Функціональна.
- Матрична.

Лінійна структура управління є класичною вертикальною структурою, в якій головному керівнику підпорядковується і звітує керівник нижчої

ланки, а йому — колектив працівників компанії. Співробітники в такій структурі звітують тільки перед своїм безпосереднім керівником, який відповідальний за результати їх роботи перед вищим керівництвом.

За побудови функціональної структури управління фахівці одного рівня об'єднуються в спеціалізовані підрозділи. Тобто спеціалісти з продажів — у відділ продажів, усі фахівці бухгалтерії — у фінансовий відділ тощо. До середньої ланки така структура буде аналогічна лінійній, а от нижче — вже формуватиметься за функціональною ознакою [16].

Матрична структура управління містить в собі елементи горизонтальної та вертикальної структур управління. Як і в лінійному типі, тут вертикальна побудова: створюються відділи (наприклад, виробництва, постачання, збуту тощо). Разом з цим здійснюється горизонтальне управління проектами та програмами. Окрема програма може включати в себе ряд різних проєктів.

Акціонерне товариство «ПЗМС» не має жодних підприємств-філій, представництв або участі в об'єднаннях підприємств, згідно з Законом «Про спільну діяльність».

Організаційна структура підприємства (Додаток А) є лінійно-функціональною, що дозволяє йому бути спрямованим на задоволення потреб клієнтів, виготовлення продукції високої якості та підтримувати стабільність в постачанні інших підрозділів. Ця структура також сприяє зниженню рівня персональної міграції, що має позитивний вплив на якість виробництва та дотримання корпоративних стандартів [29].

Лінійно-функціональна організаційна структура має такі переваги:

1. Швидка реакція на розпорядження і вказівки від постановки до виконання.
2. Оперативність у прийнятті управлінських рішень.
3. Раціональне поєднання моделей лінійного та функціонального управління, що сприяє більш сталим зв'язкам і підвищує їх ефективність.

4. Висока відповідальність керівництва та співробітників лінійних підрозділів, ясність у менеджменті.

5. Висока кваліфікація спеціалістів у функціональних підрозділах.

6. Зберігання високої ефективності координації процесів, навіть при великому персоналі.

Згідно інформації, викладеній у Статуті АТ «Полтавський завод медичного скла», основні характеристики органів управління такі:

1. Загальні збори акціонерів

- вищий орган товариства;
- проводяться не рідше 1 разу на рік - річні збори;
- кворум загальних зборів - більше 50% голосуючих акцій;
- рішення приймаються простою більшістю голосів акціонерів (з деяких питань - більше 3/4).

2. Наглядова рада

- складається з 5 осіб;
- обирається загальними зборами на 3 роки;
- здійснює контроль та регулювання діяльності товариства.

3. Правління та Голова Правління

- склад правління - 3 особи на чолі з Головою;
- обирається Наглядовою радою терміном на 3 роки;
- здійснює управління поточною діяльністю товариства.

4. Резервний капітал - 15% статутного капіталу.

Організаційно-управлінська структура АТ «Полтавський завод медичного скла» має дворівневу структуру і включає такі органи:

Загальні збори акціонерів

Загальні збори акціонерів є вищим органом управління товариства, що включає всіх акціонерів або їх уповноважених представників. Проводяться не рідше одного разу на рік.

До виключної компетенції загальних зборів відноситься: визначення основних напрямів діяльності та стратегії розвитку, внесення змін до статуту, обрання наглядової ради, затвердження річних результатів діяльності і розподіл прибутку, прийняття рішень про ліквідацію, злиття, поділ компанії тощо.

Рішення загальних зборів є обов'язковими для виконання.

Наглядова рада

Наглядова рада представляє інтереси акціонерів у період між загальними зборами, здійснює захист їх прав та інтересів, в межах компетенції контролює та регулює діяльність правління.

До основних функцій наглядової ради відносяться: призначення та звільнення голови і членів правління; затвердження умов оплати їх праці; затвердження річних бюджетів, бізнес-планів, стратегії товариства; визначення аудитора та умов договору з ним; контроль за фінансово-господарською діяльністю; аналіз дій виконавчого органу та регулярне заслуховування його звітів тощо.

Правління та Голова Правління

Правління є виконавчим органом товариства, що здійснює управління його поточною діяльністю. Очолює правління Голова.

До повноважень Правління входить: організація господарської діяльності та виконання завдань згідно рішень загальних зборів та наглядової ради; розробка бюджетів та бізнес-планів; звітування перед наглядовою радою; формування штатного розкладу і посадових інструкцій; прийняття рішень щодо фінансово-господарської діяльності; представництво інтересів компанії тощо.

Така організаційно-управлінська структура дозволяє розподілити повноваження між загальними зборами, наглядовою радою та правлінням, забезпечує чіткий контроль та прийняття рішень в межах компетенції кожного органу.

2.3. Аналіз фінансово-економічних показників діяльності АТ «ПЗМС»

Рентабельність як показник дає уявлення про достатність (недостатність) прибутку порівняно з іншими окремими величинами, що впливають на виробництво, реалізацію і взагалі на фінансово-господарську діяльність підприємства. При визначенні показника рентабельності прибуток співвідноситься з чинниками, що мають найзначніший вплив на його отримання. Показники рентабельності показують, який прибуток був отриманий фінансового інвестування та інших необоротних активів [24]. Оборотні активи зросли на 130.04% відносно 2020 року та на 121.58% відносно 2021 року. Збільшення грошових коштів і готової продукції сильно вплинуло на цей ріст. Чистий дохід скоротився на 98.82% відносно 2020 року та на 90.06% відносно 2021 року. Це відображає зниження прибутку від операційної діяльності та збільшення собівартості реалізованої продукції. Фондовіддача зросла на 114.19% відносно 2020 року та на 101.89% відносно 2021 року, що свідчить про покращення використання власних активів. Фондоозброєність та фондомісткість зменшилися, що може свідчити про більш ефективне використання оборотних активів та зменшення потреби в них. Коефіцієнт оборотності активів для необоротних активів зріс на 116.35% відносно 2020 року, що може вказувати на більшу ефективність у використанні цих активів. Однак, коефіцієнт для оборотних активів зменшився на 75.99%, що вказує на меншу оборотність цих активів.

Загалом, таблиця свідчить про значні зміни у фінансовому стані підприємства у 2022 році порівняно з попередніми роками. Зменшення необоротних активів і зростання оборотних активів супроводжуються скороченням чистого доходу. Однак підприємство покращило використання своїх активів, що відображається у фондовіддачі та коефіцієнтах оборотності активів.

Аналіз фінансової рентабельності підприємства (табл 2.1.) є важливим кроком у вивченні його фінансового стану та віддзеркалює ефективність використання ресурсів та здатність генерувати прибуток. У цій таблиці наведені розрахунки коефіцієнтів рентабельності активів, рентабельності реалізації та загальної рентабельності власного капіталу для підприємства протягом трьох років: 2020, 2021 та 2022 років. Дані показники визначаються у відсотках та відображають підприємством на одиницю витрачених ресурсів, а також прибуток, одержаний з кожної одиниці активів і вкладеного капіталу. Тобто аналіз рентабельності підприємства дозволяє визначити ефективність вкладення коштів у підприємство, раціональність їх використання, а також він показує чи здатне дане підприємство випускати високорентабельну продукцію, яка користуватиметься попитом серед споживачів, чи зможе це підприємство конкурувати з іншими подібними в умовах ринкової економіки [20].

Динаміку основних показників базового підприємства, що характеризують ресурси, діяльність та ефективність господарювання наведено у таблиці в Додатку Б.

Отже, необоротні активи зменшилися на 84.93% відносно 2020 року та на 88.79% відносно 2021 року. Основна причина - різке зменшення іншого важливий аспект фінансової діяльності компанії.

Таблиця 2.1. Розрахунок коефіцієнтів рентабельності підприємства АТ «ПЗМС» за 2020-2022 рр.

Показники	2020 р.	2021 р.	2022 р.	Абсолютне відхилення	
				2022 від 2020 рр.	2022 від 2021 рр.
Рентабельність активів	15,52	9,63	9,75	-5,76	0,13
Рентабельність реалізації	38,75	23,20	18,30	-20,45	-4,90
Загальна рентабельність власного капіталу	1594	10,01	9,91	-6,03	-0,10

Отже, показник рентабельності активів зменшився з 15,52% у 2020 році до 9,75% у 2022 році. Це свідчить про те, що підприємство здатне генерувати

менше прибутку від кожного гривні вкладених в активи. Водночас, рентабельність активів від 2021 до 2022 року зросла на 0,13%, що може свідчити про певне поліпшення ситуації в порівнянні з попереднім роком. Рентабельність реалізації впала з 38,75% в 2020 році до 18,30% в 2022 році. Це відображає значне зниження прибутку, який отримується від продажу продукції. Зменшення цього показника на 20,45% від 2020 до 2022 року свідчить про складну ситуацію у сфері продажу товарів або послуг. Показник загальної рентабельності власного капіталу впав з 15,94% у 2020 році до 9,91% у 2022 році. Це означає, що кожні 100 гривень власного капіталу приносять менше прибутку. Зменшення цього показника на 6,03% від 2020 до 2022 року свідчить про труднощі у забезпеченні рентабельності власного капіталу.

Аналіз фінансової рентабельності є важливим інструментом для оцінки фінансової стійкості та прибутковості підприємства. У цьому контексті, таблиця 2.2. досліджує показники рентабельності підприємства за три роки - 2020, 2021 і 2022 роки.

Таблиця 2.2. Розрахунок показників рентабельності АТ «ПЗМС» за 2020-2022 рр.

Показник	Роки			Відхилення			
				2022 від 2020 рр.		2022 від 2021 рр.	
	2020	2021	2022	абсолютне, тис.грн	відносне, %	абсолютне, тис.грн	відносне, %
Валовий прибуток, тис. грн.	175703	125322	108864	-66839.00	61,96	-16458	86,87
Питома вага валового прибутку у сумі чистого доходу, %	44,74	29,08	28,05	-16,69	62,70	-1,03	96,46
Рентабельність реалізації, %	38,75	23,20	18,30	-20,45	47,23	-4,90	78,87

Продовження табл. 2.2.

Прибуток (збиток) від операційної діяльності, тис. грн.	152174	99990	71019	-81155,00	46,67	-28971	71,03
Чистий прибуток, тис. грн.	120595	75703	81154	-39441,00	67,29	5451	107,20
Чиста рентабельність, %	0,31	0,18	0,21	-0,10	68,10	0,03	119,04
Власний капітал, тис. грн.	756525	756525	819150	62625,00	108,28	62625	108,28
Рентабельність власного капіталу, %	15,94	10,01	9,91	-6,03	62,15	-0,10	99,00

Показники, такі як валовий прибуток, рентабельність реалізації, чистий прибуток та рентабельність власного капіталу, аналізуються для визначення тенденцій та змін в фінансовому стані підприємства.

Аналіз показників рентабельності підприємства показує наступне: зменшення валового прибутку на 61,96% від 2020 до 2022 року свідчить про складну економічну ситуацію або зміни в прибутковості діяльності; питома вага валового прибутку у сумі чистого доходу: Падіння цього показника на 16,69% від 2020 року може вказувати на зменшення ефективності у конвертації валового прибутку в чистий дохід; рентабельність реалізації: Зменшення цього показника на 20,45% від 2020 до 2022 року свідчить про труднощі у генерації прибутку від продажу товарів або послуг; чистий прибуток: Збільшення чистого прибутку на 67,29% від 2020 до 2022 року свідчить про покращення фінансової результативності підприємства; рентабельність власного капіталу: Зниження цього показника на 6,03% від 2020 до 2022 року може свідчити про меншу прибутковість для власників підприємства.

До показників, які характеризують ефективність використання основних засобів, належать: фондівдача, рентабельність основних засобів,

сума прибутку на одну гривню основних засобів. Найбільш загальним показником, який характеризує ефективність використання основних засобів, є фондovіддача.

Абсолютним показником ефективності використання основних засобів є сума прибутку на одну гривню основних засобів. До показників ефективності використання основних засобів можна також віднести показник питомої ваги активної частини основних засобів у їх загальній сумі. Формули розрахунку показників забезпечення стану й ефективності використання основних засобів та їхню характеристику наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3. Показники стану та ефективності використання основних засобів АТ «ПЗМС» за 2020-2022 рр.

Найменування показника	Роки			Абсолютне відхилення	
	2020	2021	2022	2022 від 2020 рр.	2022 від 2021 рр.
Фондомісткість	0,95	0,85	0,83	-0,12	-0,02
Фондоозброєність	877,89	861,60	845,25	-32,64	-16,35
Коефіцієнт реальної вартості основних засобів у майні підприємства	0,48	0,46	0,39	-0,09	-0,08
Коефіцієнт зносу ОЗ	0,56	0,69	0,91	0,36	0,23
Коефіцієнт придатності основних засобів	0,44	0,31	0,09	-0,36	-0,23
Коефіцієнт вибуття ОЗ	1,56	1,73	1,91	0,36	0,18
Фондовіддача	1,05	1,18	1,20	0,15	0,02
Рентабельність ОЗ	32,32	20,72	25,13	-7,19	4,41

Отже, у період з 2020 по 2022 рік спостерігається загальне зменшення фондovіддачі на 0,12 пункту, або на 12%. Це може свідчити про більш ефективне використання робочого часу працівників. Фондоозброєність також зменшилася на 32,64 одиниць у порівнянні з 2020 роком. Це може вказувати на економію ресурсів і оптимізацію обладнання. Коефіцієнт реальної вартості основних засобів скоротився на 0,09 в порівнянні з 2020 роком. Це може бути наслідком списання або знецінення основних засобів. Коефіцієнт зносу ОЗ зріс на 0,36, що свідчить про те, що основні засоби старіють швидше, ніж очікувалося. Коефіцієнт придатності основних засобів впав на

0,36 в порівнянні з 2020 роком, що може свідчити про зменшення придатності і робочої здатності основних засобів. Коефіцієнт вибуття ОЗ зріс на 0,36 у порівнянні з 2020 роком, що може вказувати на збільшення кількості списань або вибуття основних засобів. Фондовіддача – показник, що відображає випуск продукції на 1 грн основних фондів підприємства. Вона підвищилася на 0,15 в порівнянні з 2020 роком, що свідчить про покращення використання основних засобів. Рентабельність ОЗ зросла на 4,41% в порівнянні з 2020 роком, що свідчить про покращення вибуття прибутку від основних засобів.

У таблиці 2.4. представлені дані про виручку від реалізації продукції та амортизацію протягом трьох років - 2020, 2021 та 2022 років. Також визначено коефіцієнт амортизаційної віддачі для цих років. Аналіз цих показників допоможе виявити, як змінюється використання активів підприємства та як це впливає на його фінансовий результат.

Таблиця 2.4. Розрахунок амортизаційної віддачі АТ «ПЗМС»
за 2020-2022 рр.

Найменування показника	Роки			Абсолютне відхилення	
	2020	2021	2022	2022 від	2022 від
				2020 рр.	2021 рр.
Виручка від реалізації продукції, тис. грн.	392744	430956	388102	-4642	-42854
Амортизація, тис. грн.	34839	44995	44955	10116	-40
Коефіцієнт амортизаційної віддачі	11,27	9,58	8,63	-2,64	-0,94

Отже, аналіз показників амортизаційної віддачі за роками 2020, 2021 та 2022 надає нам важливі уявлення про ефективність використання активів на підприємстві. Згідно з отриманими даними, коефіцієнт амортизаційної віддачі зменшився на 2,64 одиниці в порівнянні з 2020 роком, та на 0,94 одиниці в порівнянні з 2021 роком.

Управління основними засобами є важливим аспектом фінансового управління підприємством. Від ефективності використання основних засобів залежать як прибуток, так і стійкість підприємства на ринку. Ця таблиця

містить розрахунок узагальнюючих показників ефективності використання основних засобів для трьох років: 2020, 2021 та 2022. Вони включають такі важливі показники, як виручка від реалізації продукції, прибуток (збиток), середньорічна вартість основних засобів, середньооблікова чисельність робітників, фондівдача, рентабельність (збитковість) основних засобів, продуктивність праці, рівень ефективності використання основних засобів, перший інтегральний показник ефективності використання основних засобів та другий інтегральний показник.

Аналіз цих показників (табл. 2.5.) допоможе виявити, як ефективно підприємство використовує свої основні засоби і як це впливає на фінансовий результат підприємства.

Таблиця 2.5. Розрахунок узагальнюючих показників ефективності використання основних засобів АТ «ПЗМС» за 2020-2022 рр.

Найменування показника	Роки			Відхилення			
				2022 від 2020 рр.		2022 від 2021 рр.	
	2020	2021	2022	абсолютне, тис.грн	відносне, %	абсолютне, тис.грн	відносне, %
Виручка від реалізації продукції, тис. грн.	392744	430956	388102	-4642	98,82	-42854	90,06
Прибуток (збиток), тис. грн.	152174	99990	71019	-81155	46,67	-28971	71,03
Середньорічна вартість ОЗ, тис. грн.	384130	369211	344101,5	-40028,5	89,58	-25109	93,20
Середньооблікова чисельність робітників, чол.	425	424	382	-43	89,88	-42	90,09
Фондовіддача, грн.	1,02	1,17	1,13	0,11	110,31	-0,04	96,63
Рентабельність (збитковість) ОЗ, %	32,32	20,72	25,13	-7,19	77,76	4,41	121,3
Продуктивність праці, грн.	92,41	101,64	101,60	9,19	109,94	-0,04	99,96
Рівень ефективності використання ОЗ, %	0,024	0,028	0,030	0,01	122,73	0,00	107,2

Продовження табл. 2.5.

Перший інтегральний показник ефективності використання основних засобів, грн.	0,575	0,492	0,532	-0,04	92,62	0,04	108,3
Другий інтегральний показник ефективності використання основних засобів, грн.	0,009	0,008	0,009	0,00	102,61	0,00	112,1

Отже, аналіз узагальнюючих показників ефективності використання основних засобів за роками 2020, 2021 та 2022 надає важливу інформацію про діяльність підприємства. Порівнюючи величини абсолютних та відносних відхилень для кожного показника, можна виділити деякі тенденції. Наприклад, виручка від реалізації продукції та прибуток показують відносне зменшення в 2022 році порівняно з попередніми роками. У той же час, фондоддача та рентабельність (збитковість) основних засобів підвищилися в 2022 році, що може свідчити про поліпшення ефективності використання активів. Узагальнюючі показники, такі як перший інтегральний показник ефективності використання основних засобів та другий інтегральний показник, також показують певне поліпшення в ефективності використання активів у 2022 році. Однак слід враховувати, що інші показники, такі як середньооблікова чисельність робітників і середньорічна вартість основних засобів, погіршилися в 2022 році.

Оборотні активи є важливою частиною балансу підприємства, і їх склад може значно впливати на фінансовий стан та діяльність компанії. Динаміка оборотних активів дозволяє виявити зміни у структурі та обсязі активів протягом деякого періоду. У цій таблиці представлена динаміка складу оборотних активів протягом трьох років: 2020, 2021 та 2022. Для

кожного показника, включаючи виробничі запаси, незавершене виробництво, готову продукцію, товари, дебіторську заборгованість та гроші та їх еквіваленти, розглядаються абсолютні та відносні зміни у вартості.

Аналіз динаміки оборотних активів (табл. 2.6.) допомагає виявити тенденції у використанні ресурсів та управлінні обіговими активами на підприємстві.

Таблиця 2.6. Динаміка складу оборотних активів АТ «ПЗМС»
за 2020-2022 рр.

Найменування показника	Роки			Відхилення			
				2022 від 2020 рр.		2022 від 2021 рр.	
	2020	2021	2022	абсолютне, тис.грн	відносне, %	абсолютне, тис.грн	відносне, %
Виробничі запаси	42274	59696	76566	34292	181,12	16870	128,26
Незавершене виробництво	17595	10801	36646	19051	208,28	25845	339,28
Готова продукція	21647	26126	74290	52643	343,19	48164	284,35
Товари	51	82	144	93	282,35	62	175,61
Дебіторська заборгованість за продукцію, товари, роботи, послуги	88342	113317	96092	7750	108,77	-17225	84,80
Дебіторська заборгованість за розрахунками: за виданими авансами	5702	10334	1170	-4532	20,52	-9164	11,32
з бюджетом	3681	3217	31384	27703	852,59	28167	975,57
з нарахованих доходів	537	637	763	226	142,09	126	119,78
Інша поточна дебіторська заборгованість	584	735	1187	603	203,25	452	161,50
Гроші та їх еквіваленти	200533	182473	177147	-23386	88,34	-5326	97,08
Готівка	0	2	0	0	0	-2	0
Витрати майбутніх періодів	65	80	63	-2	96,92	-17	78,75
Всього оборотних активів	381011	407500	495452	114441	130,04	87952	121,58

Отже, аналіз динаміки складу оборотних активів протягом трьох років показує важливі зміни у структурі активів підприємства.

Загалом, можна побачити значний ріст оборотних активів у 2022 році порівняно з попередніми роками. Значні збільшення виробничих запасів, незавершеного виробництва, готової продукції та товарів свідчать про збільшення операційної активності підприємства. Однак дебіторська заборгованість за продукцію та товари скоротилася у 2022 році, що може вказувати на поліпшення процесу збирання заборгованості.

Ефективність використання оборотних активів є ключовим аспектом фінансового управління підприємством. Таблиця 2.7. містить динаміку показників ефективності оборотних активів протягом трьох років: 2020, 2021 та 2022. Розглядаються такі важливі показники, як чистий фінансовий результат, чистий дохід від реалізації продукції, середньорічна вартість оборотних активів, віддача оборотних активів, рентабельність оборотних активів та інтегральний показник ефективності використання оборотних активів.

Аналіз цих показників допомагає виявити, наскільки результативно підприємство використовує свої оборотні активи для досягнення фінансових цілей.

Таблиця 2.7. Динаміка показників ефективності оборотних активів
АТ «ПЗМС» за 2020-2022 рр.

Найменування показника	Роки			Відхилення			
				2022 від 2020 рр.		2022 від 2021 рр.	
	2020	2021	2022	абсолютне, тис.грн	відносне, %	абсолютне, тис.грн	відносне, %
Чистий фінансовий результат: Прибуток	120595	75703	81154	-39441	67,29	5451	107,20

Продовження табл. 2.7.

Чистий дохід від реалізації продукції (товарів, послуг)	392744	430956	388102	-4642	98,82	-42854	90,06
Середньорічна вартість оборотних активів	343246	394254.5	451475	108229	131,53	57220,5	114,51
Віддача оборотних активів	1,14	1,09	0,86	-0,28	75,13	-0,23	78,64
Рентабельність оборотних активів	0,35	0,19	0,18	-0,17	51,16	-0,01	93,61
Інтегральний показник ефективності використання оборотних активів	0,06	0,05	0,04	-0,02	62,00	-0,01	85,80

Отже, аналіз динаміки показників ефективності оборотних активів протягом трьох років показує важливі зміни у використанні ресурсів підприємства. Загалом, можна побачити певне поліпшення у деяких показниках у 2022 році порівняно з попередніми роками. Наприклад, чистий фінансовий результат підвищився, але віддача та рентабельність оборотних активів скоротилися. Це може вказувати на складну динаміку використання оборотних активів підприємства. Інтегральний показник ефективності використання оборотних активів також показує певне поліпшення у 2022 році, що свідчить про зусилля в оптимізації використання активів.

Джерела фінансування оборотних активів є важливою складовою фінансової структури підприємства. Таблиця 2.8. представляє динаміку джерел фінансування оборотних активів протягом трьох років: 2020, 2021 та 2022. Розглядаються такі джерела, як зареєстрований капітал, капітал у дооцінках, додатковий капітал, резервний капітал та нерозподілений прибуток.

Аналіз динаміки цих джерел допомагає виявити, як змінюється структура та обсяг власного капіталу підприємства та як це впливає на фінансову стабільність та здатність до фінансування оборотних активів.

Таблиця 2.8. Динаміка джерел фінансування оборотних активів
АТ «ПЗМС» за 2020-2022 рр.

Найменування показника	Роки			Відхилення			
				2022 від 2020 рр.		2022 від 2021 рр.	
	2020	2021	2022	абсолютне, тис.грн	відносне, %	абсолютне, тис.грн	відносне, %
Зареєстрований капітал	2618	2618	2618	0	100	0	100
Капітал у дооцінках	4234	4230	4229	-5	99,88	-1	99,98
Додатковий капітал	5	5	4	-1	80	-1	80
Резервний капітал	754	754	754	0	100	0	100
Нерозподілений прибуток (непокритий збиток)	748914	761801	811545	62631	108,36	49744	106,53
Усього власного капіталу	756525	769408	819150	62625	108,28	49742	106,46

Отже, аналіз динаміки джерел фінансування оборотних активів протягом трьох років показує важливі зміни у структурі та обсягу власного капіталу підприємства. Загалом, можна відзначити певний ріст власного капіталу у 2022 році порівняно з попередніми роками.

Аналіз відхилень показників є важливою частиною фінансового обліку та контролю на підприємствах. Ця таблиця містить розрахунок відхилень показників у трьох роках: 2020, 2021 та 2022. Розглядаються такі показники, як середньооблікова чисельність робітників, відпрацьовано днів та годин одним робітником, середня тривалість робочого дня та фонд робочого часу.

Аналіз відхилень (табл. 2.9.) допомагає виявити та оцінити зміни в робочому режимі та ефективності використання робочого часу на підприємстві.

Отже, аналіз відхилень показників у таблиці показує важливі тенденції та зміни в робочому режимі на підприємстві протягом трьох років.

Таблиця 2.9. Розрахунок відхилень показників АТ «ПЗМС»
за 2020-2022 рр.

Найменування показника	За планом	Роки			Абсолютне відхилення	
		2020	2021	2022	2022 від 2020 рр.	2022 від 2021 рр.
Середньооблікова чисельність робітників, осіб	410	425	424	382	-43	-42
Відпрацьовано одним робітником:						
днів	219	216	215	210	-6	-5
годин	1752	1723	1719	1674	-49	-45
Середня тривалість робочого дня, годин	8	7,977	7,995	7,971	-0,005	-0,024
Фонд робочого часу, год.	718320	732275	728856	639468	-92807	-89388

Загалом, можна побачити, що середньооблікова чисельність робітників скоротилася, а кількість днів та годин, відпрацьованих одним робітником, також зменшилися. Середня тривалість робочого дня трохи скоротилася, а фонд робочого часу значно скоротився у порівнянні з планом та попереднім роком.

Значення і сутність фінансової стійкості виявляються в її показниках. Учені виділяють абсолютний показник фінансової стійкості – власний оборотний капітал. Власний оборотний капітал характеризує обсяг власних фінансових ресурсів, спрямованих на забезпечення потреб поточної діяльності. Збільшення показника свідчить про розвиток діяльності підприємства. У процесі оцінювання фінансової стійкості досліджуються її відносні показники. Показники оцінки структури джерел фінансових ресурсів (коефіцієнти фінансової незалежності, залежності, ризику і стабільності) також відносяться до відносних показників фінансової стійкості [7].

Аналіз фінансової стійкості підприємства є ключовим завданням для оцінки його здатності витримати фінансові ризики та забезпечити стабільну діяльність в умовах змін на ринку. У таблиці 2.10. проводиться розрахунок ряду коефіцієнтів фінансової стійкості, які допомагають оцінити стан фінансового здоров'я підприємства.

Таблиця 2.10. Розрахунок коефіцієнтів фінансової стійкості підприємства АТ «ПЗМС» за 2020-2022 рр.

Найменування показника	Роки			Відхилення			
				2022 від 2020 рр.		2022 від 2021 рр.	
	2020	2021	2022	абсолютне, тис.грн	відносне, %	абсолютне, тис.грн	відносне, %
Коефіцієнт співвідношення мобільних та іммобілізованих активів	0,96	1,08	1,47	0,51	153,11	0,40	136,94
Коефіцієнт маневреності в ласного капіталу	0,48	0,51	0,59	0,11	123,71	0,08	116,12
Коефіцієнт забезпечення запасів власними оборотними коштами	4,42	4,04	2,57	-1,85	58,23	-1,47	63,71
Коефіцієнт маневреності робочого капіталу (власного оборотного капіталу)	0,23	0,25	0,39	0,16	171,75	0,14	156,96
Стабільність структури оборотних коштів	0,95	0,96	0,97	0,03	103,01	0,02	101,68
Індекс постійного активу	0,52	0,49	0,41	-0,11	78,44	-0,08	83,40
Коефіцієнт реальної вартості основних засобів	0,48	0,46	0,39	-0,09	80,85	-0,08	83,56

Отже, результати розрахунку коефіцієнтів фінансової стійкості підприємства свідчать про значні зміни у фінансовому стані та структурі активів та пасивів. Оцінка фінансової стійкості є важливою для ризик-орієнтованого управління та прийняття стратегічних рішень. Коефіцієнт співвідношення мобільних та іммобілізованих активів значно зріс протягом досліджуваного періоду, що може свідчити про більшу ліквідність та рухливість активів. Це може бути позитивним сигналом для фінансової стійкості. Коефіцієнт маневреності власного капіталу також зріс, що вказує на збільшену можливість використання власних коштів для забезпечення операцій. Коефіцієнт забезпечення запасів власними оборотними коштами значно зменшився, що може бути певним сигналом ризику в управлінні запасами та необхідності більш ефективного управління оборотними

активами. Коефіцієнт маневреності робочого капіталу зріс і показав позитивний сигнал щодо здатності виробництва використовувати власний оборотний капітал для фінансування операцій. Стабільність структури оборотних коштів показала певне збереження структури активів протягом років. Індекс постійного активу та коефіцієнт реальної вартості основних засобів зменшилися, що може бути наслідком зносу та витрат на обслуговування основних засобів.

Під час проведення фінансового аналізу підприємства важливо визначити запас фінансової стійкості (зони безпечності), тобто той обсяг реалізації, який забезпечує підприємству певну стійкість його фінансового стану [8].

Запас фінансової стійкості характеризує рівень захищеності основної діяльності від зниження обсягів доходів і фінансових результатів, який склався на підприємстві в даний момент часу і яким можна скористатись у випадку форс-мажорних обставин.

Запас фінансової стійкості (ЗФС) показує величину, на яку фактичний або плановий обсяг реалізації перевищує поріг рентабельності.

Поріг рентабельності ($P_{рен}$) (точка беззбитковості у грошовому вимірі) – це відношення суми постійних витрат до частки маржинального доходу у чистому доході від реалізації продукції.

В якості постійних витрат беруть суму адміністративних витрат (АВ) і витрат на збут (ВЗ).

В якості маржинального доходу беруть валовий прибуток (ВП), оскільки він дорівнює різниці між чистим доходом від реалізації і собівартістю реалізованої продукції (змінними витратами). Частка маржинального доходу у чистому доході від реалізації продукції (ЧДРП) показує маржинальний прибуток на 1 гривню реалізованої продукції.

$$P_{рен} = (18103 + 19742) / (108864 / 388102) = 134918,1 \text{ тис. грн.}$$

Економічний зміст порогу рентабельності полягає в тому, що визначається та сума чистого доходу, яка необхідна для покриття всіх постійних витрат підприємства. Прибутку при цьому не буде, але не буде й збитку. Рентабельність тут дорівнює нулю.

Поріг рентабельності використовується для розрахунку запасу фінансової стійкості (ЗФС) у абсолютному і відносному вимірі:

$$\text{ЗФС}_{\text{абс}} = 388102 - 134918,1 = 253183,9 \text{ тис. грн.}$$

$$\text{ЗФС}_{\text{відн}} = 253183,9 / 388102 * 100 = 65,2\%$$

Проведений аналіз фінансової стійкості підприємства вказує на те, що у певний момент часу воно має певний запас фінансової стійкості (ЗФС), який характеризує його здатність витримувати форс-мажорні обставини та залишати в зоні прибутковості.

Поріг рентабельності (Прен), який визначається як відношення суми постійних витрат до частки маржинального доходу у чистому доході від реалізації продукції, складає 134918,1 тис. грн. Прен вказує на ту мінімальну величину чистого доходу, яка необхідна для покриття всіх постійних витрат підприємства без отримання прибутку. Іншими словами, при цьому рівні рентабельності прибуток дорівнює нулю.

За результатами розрахунків встановлено, що підприємство має запас фінансової стійкості в абсолютному вимірі, рівний 253183,9 тис. грн, або 65,2% від суми реалізації продукції в 2022 році.

Цей запас фінансової стійкості вказує на здатність підприємства покривати постійні витрати та забезпечувати стабільність діяльності в умовах коливань ринку та негативних економічних факторів. Завдяки високій рівні фінансової стійкості, підприємство має можливість реагувати на негативні ситуації та зберігати рентабельність діяльності.

Висновок до розділу 2

У другому розділі проведено аналіз фінансово-господарської діяльності АТ «ПЗМС».

Підприємство спеціалізується на виробництві медичного скла та виробів з нього, зокрема медичних пляшок, аптекарського і лабораторного посуду. Підприємство дотримується стандартів якості та безпеки, що дуже важливо в медичній сфері.

Проаналізовано організаційно-управлінську структуру АТ «ПЗМС», яка є лінійно-функціональною. Така структура дозволяє ефективно задовольняти потреби клієнтів і забезпечувати якість продукції.

Проведено ретельний аналіз фінансово-економічних показників діяльності підприємства за період 2020-2022 рр. Виявлено значні зміни у фінансовому стані у 2022 році порівняно з попередніми роками. Зокрема, скоротилися необоротні активи та чистий дохід, але фондвіддача і рентабельність активів покращилися.

Оцінено також показники ефективності використання основних засобів, оборотних активів, робочого часу тощо. Виявлено позитивні тенденції у фондвіддачі та показниках рентабельності ОЗ у 2022 році. Є ознаки поліпшення використання оборотних активів, але прослідковується скорочення фонду робочого часу.

Крім того, проаналізовано показники фінансової стійкості підприємства за три роки. Багато коефіцієнтів покращилися, зокрема співвідношення мобільних та іммобілізованих активів, коефіцієнт маневреності власного капіталу, маневреності робочого капіталу тощо. Це свідчить про зростання фінансової стабільності. Також розраховано запас фінансової стійкості підприємства, який становить 65,2% від обсягу реалізації.

Отже, проведений у розділі аналіз дає цілісне уявлення про фінансово-господарську діяльність АТ «ПЗМС» та виявляє позитивні зрушення у фінансовій стійкості і ефективності використання активів у 2022 році. Це створює підґрунтя для побудови економіко-математичних моделей підприємства у наступному розділі.

РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ДІЯЛЬНОСТІ АТ «ПЗМС»

3.1. Застосування множинної лінійної регресії для аналізу економічних показників діяльності підприємства АТ «ПЗМС»

Одним із потужних інструментів, що дозволяє вивчати залежність між різними факторами та прогнозувати їх вплив на ефективність підприємства, є множинна лінійна регресія. Цей метод став необхідним елементом аналізу в сфері економіки та управління. Використання множинної лінійної регресії дозволяє з'ясувати, як різноманітні фактори взаємодіють та впливають на ключові показники ефективності підприємства.

Застосування цього методу дозволяє врахувати вплив декількох факторів на результативний показник, що є важливим при аналізі складних соціально-економічних систем. На відміну від парного кореляційно-регресійного аналізу, множинна регресія надає можливість оцінити сукупний внесок обраних факторів у зміну результативної ознаки.

За допомогою побудованої економетричної моделі можна кількісно оцінити ступінь впливу кожного з факторів на результативний показник за умови фіксації інших факторів. Це дає змогу виявити найбільш значущі в діяльності підприємства чинники.

Лінійна регресія – це алгоритм в аналізі даних, призначений для моделювання та прогнозування взаємозв'язку між двома змінними. У рамках лінійної регресії вивчаються два види змінних: залежна і незалежна. Незалежна змінна самостійна, не піддається впливу від інших. Зміна цієї змінної викликає зміни у рівнях залежної змінної. Залежна змінна – об'єкт дослідження, і лінійна регресія намагається передбачити її значення. В кожному випадку дослідження включає значення обох типів змінних – залежної та незалежної [60].

Множинна лінійна регресія – це метод аналізу даних, який використовується для моделювання залежностей між залежною змінною та набором незалежних змінних. У випадку, коли вхідний набір даних містить більше однієї незалежної змінної, рівняння множинної лінійної регресії розширюється відповідно до кількості змінних у наборі.

Множинна (багатофакторна) регресія являє собою модель, де середнє значення залежної (пояснюваної) змінної у розглядається як функція декількох незалежних (пояснювальних) змінних x_1, x_2 [42].

Будь-яке економічне дослідження розпочинається зі створення моделі, тобто визначення структури моделі на основі відповідної теорії, що описує взаємозв'язок між змінними. Іншими словами, вивчення розпочинається з теоретичного фундаменту, який встановлює зв'язок між різними явищами.

Спочатку необхідно виокремити найбільш суттєві фактори впливу з усіх можливих, які впливають на результуючу ознаку. Якщо існує домінуючий фактор, що використовується як пояснювальна змінна, то достатньо парної регресії. Наприклад, може бути припущено, що попит на товар А залежить від ціни x в зворотній залежності. У такому випадку необхідно врахувати, які інші фактори залишаються незмінними, та перейти від простої регресії до багатофакторної. Рівняння простої регресії описує взаємозв'язок між двома змінними, що проявляється лише в середньому за сукупністю спостережень.

Випадкова величина або відхилення в моделі враховує вплив неврахованих факторів, випадкових помилок і особливостей вимірювання. Існування цієї величини у моделі пояснюється трьома основними джерелами:

1. Специфікація моделі: Форма рівняння моделі може бути нелінійною, що включає, наприклад, обернені чи степеневі функції. виправлення помилок у моделі можливе шляхом зміни математичної формули.

2. Вибірковий характер даних: Робота з вибірковими даними і неможливість дослідження всієї статистичної сукупності може викликати

викривлення результатів через неоднорідність даних у вихідній статистичній сукупності. Збільшення обсягу вибірки може коригувати ці помилки.

3. Помилки вимірювання: Ці помилки є найбільш небезпечними, оскільки вони можуть впливати на якісну оцінку зв'язку між ознаками. Помилки вимірювання особливо важливі на макрорівні, наприклад, в дослідженнях попиту і споживання, де використовується «дохід на душу населення». Такі помилки можуть виникати внаслідок приховування деяких доходів або недостовірності статистичних даних, наприклад, у балансах підприємств. Вирішення цих проблем включає підтвердження достовірності вимірювань і уважне врахування можливих помилок в моделі.

Багатовимірною сукупністю ознак, серед яких є одна результуюча у і m факторних ознак x_1, x_2, \dots, x_m .

Наявна вибірка об'єму n , тобто маємо n точок: $(y_i, x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi}, i = 1, 2, \dots, n$, в $m+1$ - вимірному векторному просторі.

Можна визначити вибіркового парний коефіцієнт кореляції між кожною парою ознак. Наприклад, \tilde{r}_{yx_j} – вказує на вибіркового парний коефіцієнт між результативним показником y та факторною змінною x_j ($j \in \{1, 2, \dots, m\}$), $\tilde{r}_{x_i x_j}$ – вибіркового коефіцієнт кореляції між факторними ознаками x_i і x_j .

Зв'язок між ознаками можна задати за допомогою кореляційної матриці:

$$Q_{m+1} = Q(y_i, x_1, \dots, x_m) \quad (3.1)$$

елементами якої є вибіркового парні коефіцієнти кореляції:

$$Q_{m+1} = \begin{pmatrix} 1 & \tilde{r}_{yx_1} & \dots & \tilde{r}_{yx_m} \\ \tilde{r}_{x_j y} & 1 & \dots & \tilde{r}_{x_1 m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{r}_{x_m y} & \tilde{r}_{x_m x_1} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (3.2)$$

Щоб визначити вплив лише однієї факторної ознаки x_j на результуючий показник y , потрібно зафіксувати значення ознак $x_1, \dots, x_{j-1}, x_{j+1}, \dots, x_m$ і отримати вибірку об'єму n при різних значеннях ознаки x_j . У

цьому випадку варіація у пояснюється зміною у змінній x_j . Коефіцієнт кореляції, отриманий на основі цієї вибірки, називається частковим коефіцієнтом кореляції і позначається $\tilde{r}_{yx_j^*\{x_1, \dots, x_1\}/\{x_j\}}$. Часткові коефіцієнти кореляції можна знайти за допомогою кореляційної матриці Q_{m+1} за наступною формулою:

$$\tilde{r}_{yx_j^*\{x_1, \dots, x_1\}/\{x_j\}} = \frac{-A_{1j+1}}{\sqrt{A_{11} * A_{j+1j+1}}} \quad (3.3)$$

де A_{sq} – алгебраїчне доповнення до елементу a_{sq} кореляційної матриці, що знаходиться на перетині s-го рядка і q-го стовпчика кореляційної матриці Q_{m+1} .

Для оцінки значущості частинних коефіцієнтів кореляції $\tilde{r}_{yx_j^*\{x_1, \dots, x_1\}/\{x_j\}}$ ($j=1, 2, \dots, m$) знаходяться відповідні значення параметрів t_j :

$$t_j = \frac{\tilde{r}_{yx_j^*\{x_1, \dots, x_1\}/\{x_j\}} \sqrt{k}}{\sqrt{1 - \tilde{r}_{yx_j^*\{x_1, \dots, x_1\}/\{x_j\}}^2}} \quad (3.4)$$

де t_j – випадкові величини, які розподілені законом Стьюдента зі ступенем свободи $k=n-m-1$, і порівнюються з критичним значенням $t_{k,a}$ при рівні значущості a . Якщо $|t_j| > t_{k,a}$, тоді частинний коефіцієнт $\tilde{r}_{yx_j^*\{x_1, \dots, x_1\}/\{x_j\}}$ є значущим.

Множинний кореляційний зв'язок між результуючим показником у і факторними ознаками $R_{y.x_1, x_2, \dots, x_m}$, який знаходиться за наступною формулою:

$$R_{y.x_1, x_2, \dots, x_m} = \sqrt{1 - \frac{|Q_{m+1}|}{A_{11}}} \quad (3.5)$$

де $|Q_{m+1}|$ – визначник (детермінант) кореляційної матриці Q_{m+1} .

Після виявлення впливових факторних ознак будується рівняння множинної лінійної регресії:

$$\tilde{y}(x_1, x_2, \dots, x_m) = m_y(x_1, x_2, \dots, x_m) = a_0 + a_1 x_1 + \dots + a_m x_m \quad (3.6)$$

де $m_y(x_1, x_2, \dots, x_m)$ – умовне математичне сподівання.

Нехай $y_i = \tilde{y}_i + \tilde{u}_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$), тоді коефіцієнт детермінації визначається так:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \tilde{u}_i^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{m}_y)^2} \quad (3.7)$$

де \tilde{m}_y – вибіркове математичне сподівання y .

Адекватність лінійної регресійної моделі перевіряється за параметром:

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} * \frac{n - m - 1}{m} \quad (3.8)$$

Рохраховане значення параметра F порівнюється з критичним значенням $F_{кр}(m, n - m - 1)$ і за критерієм Фішера досліджувана лінійна регресійна модель буде адекватною, якщо $F > F_{кр}(m, n - m - 1)$ [28].

Для розв'язування задачі вибору найвпливовіших факторних ознак використовують наступний алгоритм.

Крок 1. Відносно факторних ознак (незалежних змінних) x_1, x_2, \dots, x_q на основі емпіричної таблиці (вибірки) знаходимо вибірккові коефіцієнти кореляції:

$$\tilde{r}_{yx_j} = \frac{c\tilde{d}v}{\tilde{\sigma}_y * \tilde{\sigma}_{x_i}}, (i = 1, 2, \dots, q) \quad (3.9)$$

де y – результуюча ознака (залежна змінна); $c\tilde{d}v(y, x_i)$ – вибірккова коваріація досліджуваних показників y та x_i ; $\tilde{\sigma}_y, \tilde{\sigma}_{x_i}$ – вибірккові середньоквадратичні відхилення досліджуваних показників.

За допомогою t -статистики Стюдента визначимо підмножину факторних ознак $\{x_{j_1}, x_{j_2}, \dots, x_{j_k}\} \subset \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, для яких:

$$t_{j_s} = \frac{|\tilde{r}_{yx_{j_s}}| * \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - r^2_{yx_{j_s}}}} \quad (3.10)$$

де n – кількість спостережень; $t_{n-2, \alpha}$ – критичне значення параметра t_{j_s} , при рівні значущості α зі ступенем свободи $n-2$.

Виконання нерівності свідчить про значущість вибіркового парного коефіцієнта кореляції $\tilde{r}_{yx_{j_s}}$.

Крок 2. На основі вибірових даних для факторних ознак $x_{j_1}, x_{j_2}, \dots, x_{j_k}$ і результуючого показнику будується кореляційна матриця $Q_{k+1}(y, x_{j_1}, \dots, x_{j_k})$:

$$Q_{k+1}(y, x_{j_1}, \dots, x_{j_k}) := \begin{pmatrix} 1 & \tilde{r}_{yx_{j_1}} & \dots & \tilde{r}_{yx_{j_k}} \\ \tilde{r}_{x_{j_1}y} & 1 & \dots & \tilde{r}_{x_{j_1}x_{j_k}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{r}_{x_{j_k}y} & \tilde{r}_{x_{j_k}x_{j_1}} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (3.11)$$

Далі знаходяться частинні вибірові коефіцієнти кореляції:

$$\tilde{r}_{yx_{j_s}}^2 = \frac{-A_{1s+1}}{\sqrt{A_{11} * A_{s+1s+1}}}, \quad (s = 1, 2, \dots, k) \quad (3.12)$$

За допомогою t-статистики Стьюдента потрібно визначити підмножину $\{x_1, x_2, \dots, x_m\} \subset \{x_{j_1}, x_{j_2}, \dots, x_{j_k}\}$, для яких:

$$t_{yz_i^*\{x_{j_1}, \dots, x_{j_k}\}/\{z_i\}} = \frac{\tilde{r}_{yz_i^*\{x_{j_1}, \dots, x_{j_k}\}/\{z_i\}}}{\sqrt{1 - \tilde{r}_{yz_i^*\{x_{j_1}, \dots, x_{j_k}\}/\{z_i\}}^2}} > t_{n-k-1, \alpha} \quad (3.13)$$

де $t_{n-k-1, \alpha}$ – критичне значення параметра $t_{yz_i^*\{x_{j_1}, \dots, x_{j_k}\}/\{z_i\}}$ при рівні значущості і ступенем свободи $n - k - 1$.

Крок 3. Знаходимо множинний коефіцієнт детермінації:

$$R^2_{y, z_1, \dots, z_m} = 1 - \frac{|Q_{m+1}(y, z_1, \dots, z_m)|}{A_{11}} \quad (3.14)$$

де, $|Q_{m+1}(y, z_1, \dots, z_m)|$ - детермінант матриці $Q_{m+1}(y, z_1, \dots, z_m)$.

Якщо значення коефіцієнта R^2_{y, z_1, \dots, z_m} показує, що варіація у у достатній мірі пояснюється варіаціями факторних ознак z_1, \dots, z_m , то потрібно перейти до кроку 4. А в протилежному випадку потрібно зробити висновок, що існують факторні змінні, які суттєво впливають на результуючу ознаку у і вони не враховані. Тому при побудові множинної лінійної регресійної моделі треба провести додаткове дослідження, щоб виявити нові значущі факторні ознаки x_{q+1}, x_{q+2}, \dots , і можуть бути включені у лінійну регресійну модель. Або збільшити кількість спостережень для уточнення

зв'язків між результируючим показником y і факторними ознаками z_1, \dots, z_m , якщо це можливо.

Крок 4. Відносно факторних ознак z_1, z_2, \dots, z_m будується рівняння множинної лінійної регресії:

$$\tilde{y} = a_0 + a_1 z_1 + \dots + a_m z_m \quad (3.15)$$

Крок 5. На основі вибірових значень факторних ознак z_1, z_2, \dots, z_m будується матриця:

$$Z(y, z_1, \dots, z_m) = \begin{pmatrix} 1 & z_{11} & \dots & z_{1m} \\ 1 & z_{21} & \dots & z_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & z_{n1} & \dots & z_{nm} \end{pmatrix} \quad (3.16)$$

де $i+1$ – стовпчик матриці складається із відповідних значень факторної змінної z_i (z_{ji}) – значення факторної змінної z_i при її j -ому спостереженні).

Оцінимо статистичну значущість коефіцієнтів a_i ($i=0,1,\dots,m$) множинної лінійної регресії.

Для цього знаходиться оцінева коваріаційна матриця:

$$\tilde{\sigma}_u^2 = \begin{pmatrix} \tilde{\sigma}_{a_0}^2 & * & * & * \\ * & \tilde{\sigma}_{a_1}^2 & * & * \\ * & * & \ddots & * \\ * & * & * & \tilde{\sigma}_{a_m}^2 \end{pmatrix} \quad (3.17)$$

на діагоналі якої знаходяться оцінки $\tilde{\sigma}_{a_0}^2, \tilde{\sigma}_{a_1}^2, \dots, \tilde{\sigma}_{a_m}^2$ дисперсій параметрів a_0, a_1, \dots, a_m , $\sigma_u = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2}{n-m-1}}$, Z' - транспонована матриця матриці Z .

Обчислюючи квадратні корені цих оцінок $\tilde{\sigma}_{a_0}^2, \tilde{\sigma}_{a_1}^2, \dots, \tilde{\sigma}_{a_m}^2$, знаходяться стандартні похибки $\tilde{\sigma}_{a_0}, \tilde{\sigma}_{a_1}, \dots, \tilde{\sigma}_{a_m}$, коефіцієнтів a_0, a_1, \dots, a_m і через них відповідно визначаються параметри $t_{a_0}, t_1, \dots, t_{a_m}$:

$$t_{a_0} = \frac{|a_0|}{\tilde{\sigma}_{a_0}}, t_{a_1} = \frac{|a_1|}{\tilde{\sigma}_{a_1}}, \dots, t_{a_m} = \frac{|a_m|}{\tilde{\sigma}_{a_m}} \quad (3.18)$$

До знайдених параметрів t_{a_i} ($i = 1, 2, \dots, m$) застосовуємо t-статистику Стьюдента. Якщо $t_{a_i} > t_{n-m-1, \alpha}$, то коефіцієнт a_i є значущим і він

залишається у рівнянні, в протилежному випадку, вважається, що коефіцієнт a_i є незначущим і він видаляється з рівняння. Після таких перетворень рівняння запишеться так:

- якщо $t_{a_i} > t_{n-m-1, \alpha}$, то:

$$\tilde{y} = a_0 + a_{j_1} z_{j_1} + \dots + a_{j_h} z_{j_h}, \quad (3.19)$$

- або у протилежному випадку:

$$\tilde{y} = a_{j_1} z_{j_1} + \dots + a_{j_h} z_{j_h}, \quad (3.20)$$

де $\{z_{j_1}, \dots, z_{j_h}\} \subset \{z_i, \dots, z_m\}$.

Крок 6. Відносно факторних ознак $z_{j_1}, z_{j_2}, \dots, z_{j_h}$ знаходиться множинний коефіцієнт детермінації $R^2 = R^2_{y, z_{j_1}, z_{j_2}, \dots, z_{j_h}}$:

$$R^2_{y, z_{j_1}, z_{j_2}, \dots, z_{j_h}} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{m}_y)^2} \quad (3.21)$$

де \tilde{m}_y – вибіркове математичне сподівання y .

Далі йде перевірка рівняння на значущість у цілому. Для цього знаходиться величина:

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} * \frac{n - h - 1}{h} \quad (3.22)$$

і порівнюється з критичним значенням $F_{кр}(h, n - s - 1, \alpha)$.

За F-статистикою Фішера рівняння буде значущим з рівнем значущості α , якщо $F > F_{кр}(h, n - h - 1, \alpha)$ і алгоритм закінчено.

Якщо жодна факторна ознака не задовольняє умови то робиться висновок, що факторні ознаки не є значущими і відносно цих факторних ознак рівняння множинної лінійної регресії не будується.

Рівняння для множинної лінійної регресії має вигляд:

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n \quad (3.23)$$

де b_0, b_1, \dots, b_n - це ваги, а x_1, x_2, \dots, x_n - значення незалежних змінних.

Під час моделювання множинною лінійною регресією важливо підібрати ваги так, щоб лінія відповідності максимально точно відображала взаємозв'язок між змінними. Це робиться за допомогою функції витрат, яка

вимірює різницю між прогнозованими та фактичними значеннями залежної змінної. Оптимізація ваг відбувається шляхом мінімізації середньоквадратичної помилки, що представляє собою середнє квадратичне відхилення прогнозів від реальних даних.

У таблиці 3.1. наведено квартальні дані фінансово-господарської діяльності підприємства за період з 1 кварталу 2020 року по 4 квартал 2022 року. Представлено такі показники: дохід від реалізації (товарів, робіт, послуг), вартість основних засобів, чистий прибуток, оборотні активи, собівартість реалізованої продукції, матеріальні затрати, витрати на оплату праці.

Таблиця 3.1. Основні показники фінансово-господарської діяльності підприємства за період з 1 кварталу 2020 року по 4 квартал 2022 року

Період	Чистий прибуток	Дохід	Основні засоби	Оборотні активи	Собівартість реалізованої продукції	Матеріальні затрати	Витрати на оплату праці
I кв. 2020	27166	93451	94675	93051	53485	33877	15332
II кв. 2020	29279	97263	91634	91984	52489	35758	16348
III кв. 2020	30458	98482	91488	96678	54842	37984	15963
IV кв. 2020	33692	103548	95307	99298	56225	38044	18094
I кв. 2021	23153	105354	89342	99678	76895	40887	17645
II кв. 2021	18114	104235	90328	98175	74002	46876	18452
III кв. 2021	16056	109678	91247	100633	76605	49892	18845
IV кв. 2021	18380	111689	94400	109012	78132	53272	20070
I кв. 2022	19658	95738	81064	110687	69654	62481	15288
II кв. 2022	18954	93698	79004	113875	68141	63845	16214
III кв. 2022	20337	96145	78112	128887	68984	61784	16984
IV кв. 2022	22205	102521	84706	142003	72459	66970	17233

На основі даних квартальної фінансової звітності підприємства необхідно побудувати кореляційну матрицю.

Економічний показник Y залежить від трьох факторів. Використовуючи χ^2_i – критерій, з надійністю $P=0,95$ потрібно оцінити наявність загальної мультиколінеарності – тобто наявності тісної лінійної залежності або сильної кореляції між двома чи більше факторами. Якщо існує загальна мультиколінеарність, потрібно, використовуючи t -статистику з надійністю $P=0,95$, виявити пари факторів, між якими існує мультиколінеарність. Якщо такі пари існують, то один із факторів цієї пари виключити із розгляду. Використовуючи сервіс: математика/матриці, знайти оцінки параметрів лінійної регресії.

Використовуючи F -критерій з надійністю $P=0,95$, необхідно перевірити статистичну значущість коефіцієнта детермінації (оцінити адекватність прийнятої математичної моделі статистичним даним на основі критерію Фішера).

Якщо математична модель із заданою надійністю адекватна експериментальним даним, то використовуючи t -статистику з надійністю $P=0,95$ оцінити значущість параметрів регресії, знайти значення прогнозу показника для заданих значень факторів, його довірчий інтервал із надійністю $P=0,95$, частинні коефіцієнти еластичності для точки прогнозу. На основі отриманих розрахунків зробити економічний аналіз.

В практиці економічні фактори часто пов'язані між собою і це істотно впливає на якість економетричного моделювання.

Основні наслідки мультиколінеарності:

1. Падає точність оцінок параметрів, яка виявляється в зростанні помилок деяких оцінок, в значному збільшенні дисперсії оцінок параметрів;
2. Оцінки деяких параметрів стають незначущими;
3. Оцінки деяких параметрів стають чутливими до обсягів сукупності спостережень.

Тому при побудові економетричної моделі потрібно визначити існування мультиколінеарності та усунути її [46].

Спочатку записуються значення змінних X_1, X_2, X_3 , та Y , а також допоміжної змінної X_0 , які дорівнюють 1. Умовно вважається, що вільний член a_0 рівняння регресії множиться на фіктивну змінну X_{i0} , яка приймає значення 1 для всіх i . Далі визначаються прогнозовані значення та суми значень відповідних змінних.

Для визначення мультиколінеарності застосовується алгоритм Фаррара –Глобера. Цей алгоритм використовує три види статистичних критеріїв.

За критерієм χ^2 перевіряється мультиколінеарність усього масиву факторів.

За F – критерієм перевіряється незалежність кожного фактора з рештою факторів.

За критерієм Ст'юдента t перевіряється кожна пара незалежних факторів.

Алгоритм Фаррара – Глобера поділяється на декілька кроків.

Крок 1. Стандартизація (нормалізація) змінних факторів.

Матриця змінних факторів X замінюється стандартизованою матрицею X^* , елементи якої обчислюють за формулами:

$$a). x_{ik}^* = \frac{x_{ik} - \bar{X}_k}{\delta_{xk}} \quad b). x_{ik}^* = \frac{x_{ik} - \bar{X}_k}{\sqrt{\delta_{xk}^2 n}} \quad (3.24)$$

де n – число спостережень; m – число пояснювальних змінних, ($k=1,2,\dots,m$); \bar{X}_k – середнє арифметичне значень фактора X_k , δ_{xk}^2 – дисперсія (середнє квадратичне відхилення) k -ї пояснювальної змінної X_k .

Крок 2. Знаходження кореляційної матриці стандартизованих факторів.

Кореляційна матриця R знаходиться відповідно до двох методів стандартизації факторів за формулами:

$$a). R = \frac{1}{n} (X^*)^T X^* \quad \text{або} \quad b). R = (X^*)^T X^* \quad (3.25)$$

де X^* – матриця стандартизованих незалежних змінних, $(X^*)^T$ – матриця, транспонована до матриці X^* .

Крок 3. Виявлення мультиколінеарності в масиві факторів.

Знаходиться детермінант (визначник) кореляційної матриці $|R|$. Для перевірки наявності мультиколінеарності між змінними X_1, X_2, X_3 визначаємо розрахункове та табличне значення критерію χ^2 .

Далі знаходиться табличне значення χ^2_i при заданому рівні значущості $\alpha=0.05$ і ступені вільності $k = \frac{1}{2} m(m - 1)=3$.

Якщо $\chi^2_{роз} > \chi^2_{табл}$ то в масиві факторів існує мультиколінеарність.

Крок 4. Знаходження оберненої матриці до кореляційної матриці.

Обернена матриця позначається Z . Тоді

$$Z = R^{-1} = [(X^*)^T X^*]^{-1} \quad (3.26)$$

Крок 5. Перевірка мультиколінеарності фактора X_k з іншими факторами.

Застосовуються критерії Фішера. Для цього знайдиться значення F статистики (F критерій Фішера) для кожного фактора за формулою:

$$F_k = (z_{kk} - 1) \cdot \frac{n - m}{m - 1} \quad (3.27)$$

де z_{kk} – діагональний елемент матриці Z .

В таблиці критичних значень знаходимо значення $F_{табл}$ при значущості $\alpha=0,05$ і ступенях вільності $V_2 = n - m = 15 - 3 = 12$ та $V_1 = m - 1 = 3 - 1 = 2$.

Якщо $F_{факт} > F_{табл}$, то фактор X_k – мультиколінеарний з іншими факторами.

Крок 6. Знаходження частинних коефіцієнтів кореляції

Використовуючи матрицю Z обчислюються частинні коефіцієнти кореляції за формулою:

$$q_{ij} = \frac{-z_{ij}}{\sqrt{z_{ii}z_{jj}}} \quad (3.28)$$

де z_{ij} – елемент оберненої матриці Z , що міститься в i -ому рядку і в j -ому стовпчику, z_{ii} та z_{jj} – діагональні елементи матриці Z .

Крок 7. Перевірка мультиколінеарності пари факторів.

Застосовується критерій Ст'юдента. Для перевірки мультиколінеарності між факторами X_k та X_j обчислюють t -статистику за формулою:

$$t_{ij} = \frac{r_{ij} \sqrt{n - m - 1}}{\sqrt{1 - r_{ij}^2}} \quad (3.29)$$

На рис. 3.1 зображено застосування алгоритму Фаррара-Глобера для визначення мультиколінеарності на основі вартості основних засобів, чистого доходу та собівартості реалізованої продукції АТ «ПЗМС» за квартали 2020-2022рр. у MS Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	X_0	X_1	X_2	X_3	Y	X_{1n}	X_{2n}	X_{3n}	Y_r	$L=Y \cdot Y_r$	L^2				
2	1	94675	93051	53485	27166	0,3051	-0,2774	-0,4094	56711,01	-29545,01	872907665,65				
3	1	91634	91984	52489	29279	0,1562	-0,2986	-0,4399	55580,96	-26301,96	691793107,52				
4	1	91488	96678	54842	30458	0,1491	-0,2053	-0,3677	55932,75	-25474,75	648963008,06				
5	1	95307	99298	56225	33692	0,3360	-0,1531	-0,3253	57461,44	-23769,44	564986397,73				
6	1	89342	99678	76895	23153	0,0440	-0,1456	0,3090	55456,43	-32303,43	1043511444,04				
7	1	90328	98175	74002	18114	0,0923	-0,1755	0,2202	55664,62	-37550,62	1410048746,35				
8	1	91247	100633	76605	16056	0,1373	-0,1266	0,3001	56188,86	-40132,86	1610646335,24				
9	1	94400	109012	78132	18380	0,2916	0,0401	0,3469	57982,85	-39602,85	1568385746,81				
10	1	81064	110687	69654	19658	-0,3612	0,0734	0,0868	53570,85	-33912,85	1150081648,58				
11	1	79004	113875	68141	18954	-0,4620	0,1368	0,0403	53139,99	-34185,99	1168682059,18				
12	1	78112	128887	68984	20337	-0,5057	0,4355	0,0662	54119,87	-33782,87	1141282345,51				
13	1	84706	142003	72459	22205	-0,1829	0,6964	0,1729	57494,59	-35289,59	1245354833,37				
14	1	85000,00	145000,0	78729		-0,1685	0,7560		57851,46						
15	12	1146307	1428961	880641,8333	277452	-1,68E-01	7,56E-01	1,83E-15	727156	-391852	13116643338				
16	$SQ(N)$	X_{1s}	X_{2s}	X_{3s}	Y_s	S^2	$D[V]$	F_r	SX_1	SX_2	SX_3				
17	3,46	88442,25	106996,75	66826,08	23121,00	1093053611,50	32297177,09	0,03	5897,43	14511,80	9407,35				
18	X^T														
19	0,305	0,156	0,149	0,336	0,044	0,092	0,137	0,292	-0,361	-0,462	-0,506	-0,183			
20	-0,277	-0,299	-0,205	-0,153	-0,146	-0,175	-0,127	0,040	0,073	0,137	0,435	0,696			
21	-0,409	-0,440	-0,368	-0,325	0,309	0,220	0,300	0,347	0,087	0,040	0,066	0,173			
22															
23															
24		R=Kor			Z			Q			T				
25	1	-0,678926351	-0,296542431		1,855417869	1,251151635	0,020159186		-1	-0,639588372	-0,013404721		#ДЕЛО!	-2,35331	-0,03792
26	-0,678926351	1	0,423650438		1,251151635	2,062419672	-0,502725451		-0,639588372	-1	0,317064775		-2,353308	#ДЕЛО!	0,945583
27	-0,296542431	0,423650438	1		0,020159186	-0,502725451	1,218957912		-0,013404721	0,317064775	-1		-0,037918	0,945583	#ДЕЛО!
28															
29		det[Kor]		Критерій χ^2			Критерій Фішера			Критерій Ст'юдента					
30		0,09471738		$\chi^2_{роз}$	$\chi^2_{табл}$		Fфакт₁	3,849380409		Fтабл			t(0,05;8)		2,306004
31				-21,60452952	7,814727903		Fфакт₂	4,780888525		4,256					
32							Fфакт₃	0,985310603							

Рисунок 3.1 – Визначення існування мультиколінеарності на основі вартості основних засобів, оборотних активів, собівартості реалізованої продукції та чистого прибутку (тис. грн) АТ «ПЗМС» за допомогою алгоритму Фаррара-Глобера за квартали 2020-2022рр. у MS Excel

Порівнявши $\chi^2_{роз}=-21,6045$ та $\chi^2_{табл}=7,8147$, можна виявити, що в масиві факторів існує мультиколінеарність.

Оскільки F-критерій в другому випадку більше ніж його табличне значення $4,78089 > 4,256$, то друга незалежна змінна мультиколінеарна з першою та третьою.

У першому випадку $t_{12} = -2,35331$ більше за табличне значення критерію Ст'юдента $= 2,306004$ то можна стверджувати про наявність мультиколеніарності між першою та другою змінною.

У другому випадку $t_{13} = -0,0379$ менше за табличне значення критерію Ст'юдента $= 2,306004$, можна стверджувати про відсутність мультиколеніарності між першою та третьою змінними.

У третьому випадку $t_{23} = 0,9456$ менше за табличне значення критерію Ст'юдента $= 2,306004$, можна стверджувати про відсутність мультиколеніарності між другою та третьою змінними.

Між пояснювальними змінними досліджуваної моделі існує лінійна залежність, існує мультиколеніарність, що може привести до негативного впливу на кількісні оцінки параметрів економетричної моделі.

Наступним кроком, використовуючи пакет електронних таблиць Excel зробити наступне:

1. Знайти оцінки параметрів a_0, a_1, a_2 .
 2. За критерієм χ^2 перевірити мультиколінеарність усього масиву факторів.
 3. Використовуючи критерій Фішера, з надійністю $P=0,95$ перевірити статистичну гіпотезу про адекватність прийнятої економічної моделі статистичним даним.
 4. Якщо модель адекватна статистичним даним, то знайти прогноз показника Y_p та його надійний інтервал.
 5. Якщо модель адекватна статистичним даним, то знайти коефіцієнт еластичності Кел для базисних даних і прогнозу.
 6. Побудувати графіки статистичних даних та лінії регресії.
 7. На основі одержаної економетричної моделі зробити висновки.
- Для початку потрібно знайти оцінки параметрів, використовуючи

матричні операції.

Записується система нормальних рівнянь у матричній формі.

$$[X]^T [X] \vec{a} = [X]^T \vec{Y} \quad (3.30)$$

Якщо помножити матричне рівняння зліва на матрицю $[[X]^T [X]]^{-1}$ то для оцінки параметрів вектора \vec{a} отримується формула.

$$\vec{a} = [[X]^T [X]]^{-1} [X]^T \vec{Y} \quad (3.31)$$

Крок 1. Знаходження оцінок параметрів регресії (рис. 3.2.).

1. Знайти транспоновану матрицю $[X]^T$ по відношенню до матриці вхідних даних $[X]$.
2. Знайти кореляційну матрицю, як добуток матриць $[[X]^T [X]]^{-1}$
3. Знайти обернену матрицю до кореляційної $[[X]^T [X]]^{-1}$
4. Визначити добуток матриць $[X]^T Y$.
5. Знайти оцінки вектора (параметри a_0, a_1, a_2) для отриманих на попередньому кроці матриць $[[X]^T [X]]^{-1}$ та $[X]^T Y$.

33													
34	X^T транспонована до X												
35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
36	94675	91634	91488	95307	89342	90328	91247	94400	81064	79004	78112	84706	
37	93051	91984	96678	99298	99678	98175	100633	109012	110687	113875	128887	142003	
38	53485	52489	54842	56225	76895	74002	76605	78132	69654	68141	68984	72459	
39													
40	R*=Kor*			Z*				[X]^TY		a			
41	12	1061307	1283961	801913	68,35302139	-0,000525558	-0,000174562	-4,65477E-05	277452		16409,49756	a₀	
42	1061307	94281734623	1,12859E+11	70725567035	-0,000525558	4,44565E-09	1,21827E-09	3,02804E-11	24717846836		0,341581085	a₁	
43	1283961	1,12859E+11	1,39907E+11	86496113404	-0,000174562	1,21827E-09	8,16118E-10	-3,06875E-10	29325403764		0,085569463	a₂	
44	801913	70725567035	86496113404	54650682947	-4,65477E-05	3,02804E-11	-3,06875E-10	1,14782E-09	18014050029				

Рисунок 3.2 – Знаходження оцінок параметрів регресії на основі вартості основних засобів, оборотних активів, собівартості реалізованої продукції та чистого прибутку (тис. грн) АТ «ПЗМС» за квартали 2020-2022рр. у MS Excel

Крок 2. Перевірка мультиколінеарності масиву двох факторів за критерієм χ^2 (рис.3.3.).

1. Знайти транспоновану матрицю $[X]^T$ по відношенню до матриці вхідних даних $[X]$.
2. Знайти кореляційну матрицю, як добуток матриць $[[X]^T [X]]^{-1}$

Визначити детермінант (визначник) кореляційної матриці $|R^*|$. Для перевірки наявності мультиколінійності між змінними X_1 та X_2 визначити розрахункове та табличне значення критерію χ^2 . Знайти табличне значення χ^2_i при заданому рівні значущості $\alpha=0.05$ і ступені вільності $k = \frac{1}{2} m(m - 1) = 3$.

46	X^{1T} транспонована до X											
47	0.305089024	0.156234069	0.149087465	0.336025009	0.044042172	0.092306226	0.137290673	0.291627954	-0.361160498	-0.461996146	-0.505658961	-0.182887
48	-0.277414982	-0.298640214	-0.205265105	-0.153146915	-0.145587788	-0.175486124	-0.126590509	0.040088238	0.073408073	0.136825169	0.435450464	0.6963597
49	-0.409386333	-0.439949728	-0.367743243	-0.325306313	0.308976173	0.220201174	0.300077193	0.346934927	0.086777843	0.040349715	0.06621813	0.1728323
50												
51	R*=Kor*				Критерій* χ^2							
52	1	-0,678926351	-0,296542431	det[Kor]*	$\chi^2_{розр}$		$\chi^2_{табл}$					
53	-0,678926351	1	0,423650438	0,442229387	-7,47932677		7,8147279					
54	-0,296542431	0,423650438	1									
55												

Рисунок 3.3 – Перевірка мультиколінійності масиву двох факторів за критерієм χ^2 на основі вартості основних засобів, оборотних активів, собівартості реалізованої продукції та чистого прибутку (тис. грн) АТ «ПЗМС» за квартали 2020-2022рр. у MS Excel

Крок 3. Перевірка статистичної гіпотези про адекватність прийнятої економічної моделі статистичним даним (рис. 3.4.).

Оцінити параметри регресії. Описати розрахункові дані:

У першому рядку справа наліво знаходяться оцінки параметрів множинної лінійної регресії відповідно a_0 , a_1 , a_2 .

У другому рядку справа наліво знаходяться середні квадратичні відхилення оцінок параметрів σ_{a_0} , σ_{a_1} , σ_{a_2} .

У третьому рядку в першій комірці знаходиться коефіцієнт детермінації, а в другій комірці – середнє квадратичне відхилення показника.

У четвертому рядку в першій комірці знаходиться розрахункове значення F-статистики, в другій комірці знаходиться k — число ступенів вільності.

У п'ятому рядку в першій комірці знаходиться сума квадратів відхилень розрахункових значень показника від його середнього значення, в другій комірці – залишкова сума квадратів.

Таблиця розрахункових значень додаткової регресійної статистики має

ВИГЛЯД:

a_2	a_1	a_0
σ_{a_2}	σ_{a_1}	σ_{a_0}
r^2	S	#Н/Д
F_{r1}	K	#Н/Д
$\sum(\hat{y}-\bar{y})^2$	$\sum(\hat{y}_i-\bar{y}_i)^2$	#Н/Д

Розглянути значущість параметрів регресії. Для цього розрахувати t-статистику кожного із параметрів за формулою:

$$\vec{Y} t_{ip} = \frac{|a_i|}{\sigma_i} \quad (3.32)$$

де α_i – оцінки параметрів множинної лінійної регресії, σ_i – середні квадратичні відхилення оцінок параметрів.

56				
57	a_3	a_2	a_1	a_0
58	-0,4886468	0,08556946	0,34158108	16409,49756
59	0,09832974	0,08291342	0,19351561	23995,35221
60	0,81031662	2902,33989	#Н/Д	#Н/Д
61	11,3918485	8	#Н/Д	#Н/Д
62	287880333	67388614,7	#Н/Д	#Н/Д

Рисунок 3.4 – Перевірка статистичної гіпотези про адекватність прийнятої економічної моделі статистичним даним на основі вартості основних засобів, оборотних активів, собівартості реалізованої продукції та чистого прибутку (тис. грн) АТ «ПЗМС» за квартали 2020-2022рр. у MS Excel

Крок 4. Знайти прогноз показника Y_p та його надійний інтервал (рис. 3.5.).

Знайти точкову оцінку значення прогнозу. Довірчий інтервал цієї точкової оцінки обчислити за формулою:

$$(\hat{y}_p - d \hat{y}_p, \hat{y}_p + d \hat{y}_p), \quad (3.33)$$

$$\text{де } d \hat{y}_p = t_{p,k} S \sqrt{\vec{X}_p^T [[X]^T [X]]^{-1} \vec{X}_p + 1}.$$

Алгоритм розрахунку довірчого інтервалу прогнозу:

1. Знайти добуток $\vec{X}_p [[X]^T [X]]$.
2. Розрахувати значення $\vec{X}_p^T [Z] \vec{X}_{p+1}$.
3. Обчислити значення S_{yp} та $t * S_{yp}$.
4. Розрахувати довірчі межі прогнозу.

Середньоквадратичні відхилення параметрів				t-статистика (критерій Ст'юдента)				t-кр
Sa ₀ =	Sa ₁ =	Sa ₂ =	Sa ₃ =	Ta ₀ =	Ta ₁ =	Ta ₂ =	Ta ₃ =	t(0,95;11)
23995,35221	0,193515615	0,08291342	0,098329735	0,6838615	1,76513448	1,032033932	-4,96947	2,306004
середнє квадратичне відхилення								
2902,33989								

Рисунок 3.5 – Прогноз показника Y_p та його надійний інтервал на основі вартості основних засобів, чистого доходу та собівартості реалізованої продукції (тис. грн) АТ «ПЗМС» за квартали 2020-2022рр. у MS Excel

Крок 5. Коефіцієнт еластичності Кел для базисних даних і прогнозу(рис. 3.6.).

Частинні коефіцієнти еластичності для прогнозу знайти за формулами

$$k_1 = \frac{a_1 x_{1p}}{y_{1p}} \text{ та } k_2 = \frac{a_2 x_{2p}}{y_{2p}}.$$

Довірчий інтервал							Коефіцієнт еластичності	
[Xp]*[Z]=	-5,29551826	3,1356E-05	2,31689E-05	1,89573E-06	ZI=	0,72920834	KX ₁ =	0,50
	S[Yp]=	3816,55857			Ymin=	49050,46	KX ₂ =	0,21
	t*SYp=	8800,99985			Ymax=	66652,46	KX ₃ =	-0,66

Рисунок 3.6 – Коефіцієнт еластичності на основі вартості основних засобів, оборотних активів, собівартості реалізованої продукції та чистого прибутку (тис. грн) АТ «ПЗМС» за квартали 2020-2022рр. у MS Excel

Оскільки $F_{розр.} > F_{крит.}$, то з надійністю $P=0,95$ можна вважати математичну модель: $Y = 16409,5 + 0,34X_1 + 0,08X_2$ адекватною експериментальним даним. На основі цієї моделі можна робити економічні висновки.

З надійністю $P=0,95$ можна вважати, що вплив факторів X_1 , X_2 , X_3 на показник Y значний.

Прогнозне значення показника з надійністю $P=0,95$ буде знаходитись у проміжку (49050,46; 66652,46).

При зміні факторів у точці прогнозу X_{1P} на 1 % показник зміниться на 0,50% при незмінних значеннях фактора X_{2P} , X_{3P} .

При зміні фактора у точці прогнозу X_{2P} на 1% показник зміниться на 0,21% при незмінних значеннях фактора X_{1P} , X_{3P} .

При зміні фактора у точці прогнозу X_{3P} на 1% показник зміниться на - 0,66% при незмінних значеннях фактора X_{1P} , X_{2P} .

3.2. Використання виробничої функції для аналізу діяльності АТ «ПЗМС»

Теорію виробничих функцій зазвичай відзначають виникненням у 1927 році, коли американські вчені, економіст П. Дуглас та математик Д. Кобб, опублікували статтю під назвою «Теорія виробництва». У цьому дослідженні вони спробували емпірично визначити вплив витрат капіталу та праці на обсяг виробництва у секторі оброблювальної промисловості США.

Виробнича функція відображає функціональний зв'язок між ефективним використанням факторів виробництва (праці і майнового капіталу) і випуском, який досягається, враховуючи існуючі технічні та організаційні знання.

У випадку субституційної виробничої функції збільшення виробництва може відбуватися за рахунок підвищення кількісної характеристики одного з чинників, при цьому кількісна характеристика іншого чинника залишається незмінною. У іншому випадку виробництво залишається сталим при різних кількісних комбінаціях факторів праці і майнового капіталу.

На основі введених умовних понять про субституційні фактори виробництва можна зробити два основні висновки щодо функціонального взаємозв'язку цих факторів:

1. При однакових умовах збільшення витрат одного з факторів виробництва призводить до збільшення обсягу випуску – перша похідна є позитивною.

2. Однак гранична продуктивність зростаючого фактора зменшується зі збільшенням його кількості – друга похідна є негативною.

Рівень організаційних і технічних знань відображається у взаємодії факторів. У даному випадку рівень знань є постійним, припускаючи відсутність технічного прогресу. Таким чином, субституційну функцію виробництва можна представити графічно, відображаючи зв'язок між кількістю праці і випуском при фіксованій кількості майнового капіталу.

Кожне збільшення параметра майнового капіталу призводить до зсуву кривої вгору і одночасного збільшення граничної продуктивності праці при фіксованій кількості робочої сили [62].

Зі збільшенням параметра майнового капіталу збільшується середня продуктивність праці, але зменшується коефіцієнт праці, що вказує на зменшення середньої кількості праці на одиницю випуску і є оберненою величиною середньої продуктивності праці.

У 1927 році П. Дуглас виявив, що при порівнянні графіків логарифмів реального обсягу випуску (Y), капітальних витрат (K) і витрат праці (L) з часом відстані від графіка обсягу випуску до графіків витрат праці та капіталу складають постійну пропорцію [61].

Проте при великих значеннях K і L ця функція втрачає економічний зміст, оскільки випуск продовжує зростати при зростанні витрат. Кінетична функція $y = AK^\alpha L^\beta e^\gamma$, де γ - норма технічного прогресу за одиницю часу, була запропонована Філіпом Уїкстідом близько 30 років тому, але Дуглас і Кобб були першими, хто використовував емпіричні дані для її побудови.

Еластичність випуску продукції по капіталу і праці рівна відповідно α і β . Отже, збільшення витрат капіталу на 1% призводить до зростання випуску на α відсотків, а збільшення витрат праці на 1% призводить до зростання випуску на β відсотків. Припускається, що обидві величини α і β

знаходяться між нулем і одиницею, є позитивними, оскільки збільшення витрат виробничих чинників повинне викликати зростання випуску, але ймовірно менше одиниці, оскільки зменшення ефекту від масштабу виробництва призводить до повільнішого зростання випуску, ніж витрат виробничих чинників при незмінних інших умовах.

Якщо сума α і β перевищує одиницю, то можна говорити про наявність зростаючого ефекту від масштабу виробництва. Це означає, що при збільшенні капіталу і праці у певній пропорції обсяг випуску зростає в більшій пропорції. Якщо сума α і β дорівнює одиниці, то це вказує на наявність постійного ефекту від масштабу виробництва, де обсяг випуску збільшується у тій же пропорції, що і збільшення капіталу і праці. У випадку, коли їх сума менша за одиницю, має місце убуваючий ефект від масштабу виробництва, і збільшення обсягу випуску відбувається в меншій пропорції, ніж збільшення капіталу і праці.

Враховуючи припущення про конкурентність ринків чинників виробництва, α і β можуть бути інтерпретовані як прогнозовані долі доходу, отриманого відповідно за рахунок капіталу і праці. У випадку конкурентного ринку праці ставка заробітної плати (w) буде рівна граничному продукту праці.

Однією із неокласичних двофакторних виробничих функцій є мультиплікативна виробнича функція Кобба-Дугласа:

$$Y(K, L) = AK^\alpha L^\beta; A > 0, \alpha < 1, \beta < 1, \quad (3.34)$$

де A – виробничий коефіцієнт (коефіцієнт нейтрального технічного прогресу), що показує пропорційність всіх функцій і змінюється при зміні базової технології (через 30-40 років); K , L – капітал (основні фонди) та праця; α , β – коефіцієнти еластичності обсягу виробництва за витратами капіталу та праці.

Виробнича функція Кобба-Дугласа розглядає взаємодію між кількістю праці (L) та капіталу (K) в контексті їхнього впливу на виробництво. Праця та капітал можуть взаємозамінюватися та взаємодоповнюватися у процесі

виробництва. Концепція визначає, що ці фактори виробництва можуть взаємно коригуватися, а досліджуваний період є довгостроковим.

Оскільки при логарифмуванні ця функція лінійна:

$$\ln Y_t = \ln A + \alpha_1 \ln K_t + \alpha_2 \ln L_t + u_t \quad (3.35)$$

де $u_t = \ln \delta_t$ – випадкова похибка спостережень, одержуємо модель множинної лінійної регресії. Параметри функції A, α_1, α_2 можуть бути визначені за методом найменших квадратів.

Виробнича функція Кобба-Дугласа передбачає, що при збільшенні витрат ресурсів виробництво також збільшується.

$$\begin{aligned} \frac{\partial Y}{\partial K} &= \alpha_1 A K^{\alpha_1-1} L^{\alpha_2} = \frac{\alpha_1 Y}{K} > 0, \alpha_1 > 0 \\ \frac{\partial Y}{\partial L} &= \alpha_2 A K^{\alpha_1} L^{\alpha_2-1} = \frac{\alpha_2 Y}{L} > 0, \alpha_2 > 0 \end{aligned} \quad (3.36)$$

З формули 3.4. випливає, що гранична фондвіддача пропорційна середній фондвіддачі, а гранична продуктивність праці – середній продуктивності праці:

$$\begin{aligned} \frac{\partial Y}{\partial K} &= \alpha_1 \frac{Y}{K} > 0 \\ \frac{\partial Y}{\partial L} &= \alpha_2 \frac{Y}{L} > 0 \end{aligned} \quad (3.37)$$

З формули 3.5. випливає, що при $\alpha_1 < 1, \alpha_2 < 1$ граничні віддачі чинників менше середніх; за цих же умов виробнича функція задовольняє властивість, яка часто зустрічається в реальній економіці: зі зростанням витрат ресурсу його гранична віддача падає:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 Y}{\partial K^2} &= \alpha_1(\alpha_1 - 1) A K^{\alpha_1-2} L^{\alpha_2} = \alpha_1(\alpha_1 - 1) \frac{Y}{K} > 0, \alpha_1 > 0 \\ \frac{\partial^2 Y}{\partial L^2} &= \alpha_2(\alpha_2 - 1) A K^{\alpha_1} L^{\alpha_2-2} = \alpha_2(\alpha_2 - 1) \frac{Y}{L} > 0, \alpha_2 > 0 \end{aligned} \quad (3.38)$$

З формули 3.6 випливає, що при необмеженому збільшенні одного з ресурсів випуск необмежено зростає. Таким чином дана виробнича функція, при $0 < \alpha_1 < 1, 0 < \alpha_2 < 1$ є неокласичною.

Отже, в зазначеній виробничій функції, якщо відсутній хоча б один з ресурсів, виробництво стає неможливим.

Розглянемо економічну інтерпретацію параметрів A , α_1 , α_2 виробничої функції Кобба-Дугласа. Параметр A інтерпретується як параметр нейтрального технічного процесу: при тих самих α_1 , α_2 випуск в точці (K, L) тим більше, чим більше A .

Введемо поняття еластичності як логарифмічних похідних чинників:

$$\varepsilon_K = \frac{\partial \ln Y}{\partial \ln K} = \lim_{\Delta K \rightarrow 0} \frac{\left(\frac{\Delta Y}{Y}\right)}{\left(\frac{\Delta K}{K}\right)} \quad (3.39)$$

$$\varepsilon_L = \frac{\partial \ln Y}{\partial \ln L} = \lim_{\Delta L \rightarrow 0} \frac{\left(\frac{\Delta Y}{Y}\right)}{\left(\frac{\Delta L}{L}\right)}$$

Оскільки $\ln Y_t = \ln A + \alpha_1 \ln K + \alpha_2 \ln L$, то:

$$\varepsilon_K = \frac{\partial \ln Y}{\partial \ln K} = \alpha_1, \varepsilon_L = \frac{\partial \ln Y}{\partial \ln L} = \alpha_2 \quad (3.40)$$

тобто α_1 – коефіцієнт еластичності випуску за основними фондами, α_2 – коефіцієнт еластичності випуску за працею [27].

Коефіцієнт еластичності чинника вказує, на скільки відсотків збільшиться випуск, якщо чинник зросте на 1%. Якщо $\alpha_1 > \alpha_2$, то маємо інтенсивне зростання (що зберігає працю), в іншому випадку – екстенсивне зростання (що зберігає фонди).

На основі аналізу коефіцієнтів еластичності у виробничої функції Кобба-Дугласа можна виділити:

- 1) пропорційно-зростаючу виробничу функцію, коли $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$;
- 2) непропорційно-зростаючу, коли $\alpha_1 + \alpha_2 > 1$;
- 3) спадну $\alpha_1 + \alpha_2 < 1$ [30].

Обсяг випуску продукції має вигляд $Y = a_0 \cdot X_1^{a_1} \cdot X_2^{a_2}$,

де Y – обсяг випущеної продукції; X_1 – працезатрати; X_2 – основні засоби.

На основі статистичних даних, використовуючи метод найменших квадратів, необхідно знайти:

- оцінки параметрів виробничої регресії a_0, a_1, a_2 ;
- з надійністю $P=0,95$ встановити адекватність прийнятої математичної моделі статистичним даним. Якщо модель адекватна статистичним даним, то знайти значення прогнозу Y_p і його надійний інтервал;
- побудувати ізокванту $Y=c$, де c – одне із значень планового обсягу випуску продукції.

Для обчислення коефіцієнтів при невідомих a_0, a_1, a_2 і вільних членів необхідно скористатися системою рівнянь, яка має вигляд $ZA=T$. Вона складається наступним чином:

$$Z = \begin{vmatrix} n & \sum z_{1i} & \sum z_{2i} \\ \sum z_{1i} & \sum z_{1i}z_{1i} & \sum z_{1i}z_{2i} \\ \sum z_{2i} & \sum z_{2i}z_{1i} & \sum z_{2i}z_{2i} \end{vmatrix} \quad (3.41)$$

Вектор вільних членів має наступний вигляд:

$$T = \begin{vmatrix} \sum y_{1i} \\ \sum z_{1i}y_{1i} \\ \sum z_{2i}y_{1i} \end{vmatrix} \quad (3.42)$$

Для визначення адекватності вибраної математичної моделі експериментальним даним необхідно визначити оцінку тісноти та значимості зв'язку змінних у регресійній моделі. Під терміном «значимість зв'язку» (істотність, або значущість) розуміють оцінку відхилення вибірових змінних від своїх значень у генеральній сукупності спостережень за допомогою статистичних критеріїв. У поняття «тіснота зв'язку» (щільність) вкладається оцінка впливу незалежної змінної на залежну змінну.

Для характеристики значимості зв'язку розраховується коефіцієнт кореляції R за формулою:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum (Y - Y_r)^2}{\sum (Y - Y_s)^2}} \quad (3.43)$$

Чим ближче коефіцієнт кореляції до одиниці, тим істотніше зв'язок між незалежною та залежними змінними.

Для обчислення довірчого інтервалу оцінки прогнозного значення обчислюємо добуток $Z_p [[Z]^T [Z]]^{-1}$ [53].

На рис. 3.7 зображено розрахунок параметрів моделі залежності чистого доходу АТ «ПЗМС» від основних засобів та матеріальних затрат на основі виробничої функції Кобба-Дугласа за квартали 2020-2022рр. у MS Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Виробнича регресія Кобба-Дугласа													
2	X_1	X_2	Y	Z_1	Z_2	Y_1	Y_{1r}	Y_r	$(Y-Y_r)^2$	$(Y-Y_s)^2$	$(Y_1-Y_{1r})^2$			
3	15332	94675	93451	9.638	11,458	11,445	11,46	95165,20	2938492,49	8733089401	0,0003			
4	16348	91634	97263	9,702	11,426	11,485	11,50	98474,45	1467617,82	9460091169	0,0002			
5	15963	91488	98482	9,678	11,424	11,498	11,48	97036,59	2089203,75	9698704324	0,0002			
6	18094	95307	103548	9,803	11,465	11,548	11,56	105340,27	3212225,16	10722188304	0,0003			
7	17645	89342	105354	9,778	11,400	11,565	11,54	102765,86	6698460,47	11099465316	0,0006			
8	18452	90328	104235	9,823	11,411	11,554	11,57	105765,61	2342767,99	10864935225	0,0002			
9	18845	91247	109678	9,844	11,421	11,605	11,58	107287,34	5715232,66	12029263684	0,0005			
10	20070	94400	111689	9,907	11,455	11,623	11,63	112027,64	114674,79	12474432721	0,0000			
11	15288	81064	95738	9,635	11,303	11,469	11,44	92860,84	8278047,41	9165764644	0,0009			
12	16214	79004	93698	9,694	11,277	11,448	11,47	95874,93	4739013,91	8779315204	0,0005			
13	16984	78112	96145	9,740	11,266	11,474	11,50	98451,04	5317830,30	9243861025	0,0006			
14	17233	84706	102521	9,755	11,347	11,538	11,52	100513,00	4032081,94	10510555441	0,0004			
15	17706,35	79945,27	1	9,782	11,289		11,526	101317,642						
16	206468,00	1061307,00	1211802	117,00	136,65	138,25	138,25	1211562,78	46945648,68	1,22782E+11	0,005			
17														
18														
19	Z			T		$n=$	12	Критерій Фішера			$R=$	0,99981		
20	12	116,996	136,654	138,253		$Y_s=$	100983,50	$F_{роз}=$			5,489	$S^2=$	4,734E-03	
21	116,996	1140,75316	1332,3541	1347,97048					$F_{таб}=$			4,256	$T_{кр}=$	2,26216
22	136,654	1332,35408	1556,2427	1574,41854										
23														
24	Z^{-1}			A				104235	106956,5					
25	2646,84798	-69,416201	-172,9902	3,92889874		a_0		109678						
26	-69,4162007	14,6453398	-6,442951	0,60738072		a_1								
27	-172,990167	-6,4429514	20,706953	0,14668259		a_2								
28														
29	Довірчий інтервал													
30	$= Z_p [[Z]^T [Z]]^{-1}$	14,9381449			1,10469802	-2,25023581	для $I1_p$			для $I2_p$				
31							$Y1_p - DY_1 =$	11,185	$Y_p - DY =$	72056,2				
32					0,34081418		$Y1_p + DY_1 =$	11,859	$Y_p + DY =$	141331				
33	$= Z_p [[Z]^T [Z]]^{-1} Z_p^T$													
34					$DY_1 =$	0,060078174								
35														
36	$a_p =$	50,8509468												
37	$b =$	264724,836												

Рисунок 3.7 – Розрахунок параметрів моделі залежності чистого доходу (тис.грн) АТ «ПЗМС» за допомогою адаптивної моделі Брауна за квартали 2020-2022рр. у MS Excel

Для більш повного уявлення взаємозамінюваності факторів виробничої регресії необхідно розглянути її ізокванти. Для регресії, що розглядається, геометричне місце точок факторів X_1 , X_2 (різні комбінації факторів), для яких

показник Y залишається сталим, називається ізоквантою. Виявимо комбінацію факторів, при яких буде виконано плановий обсяг випуску продукції Y_0 , тобто необхідно знайти рівняння ізокванти. Щоб побудувати її, необхідно виразити один із факторів виробничої регресії через інший фактор і сталі значення показника регресії:

$$X_1 = \frac{Y_0^{1/a_1}}{a_0^{1/a_1} X_2^{a_2/a_1}}. \quad (3.44)$$

Якщо сталу $\left(\frac{Y_0}{a_0}\right)^{1/a_1}$ позначити за b , то можна отримати таку

залежність
$$X_1 = \left(\frac{b}{X_2^{a_2/a_1}}\right) [59].$$

В таблиці 3.2. показано значення ізокванти.

Таблиця 3.2. Значення ізоквант

Таблиця значень ізокванти		
Чистий дохід (Y)	Основні засоби (X ₂)	Працевитрати(X ₁)
100000	94675	16635
100000	91634	16767
100000	91488	16774
100000	90800	16804
100000	89342	16870
100000	89010	16885
100000	88020	16931
100000	86015	17025
100000	81064	17271
100000	79004	17378
100000	78112	17426
100000	74050	17652

На рис. 3.8 побудовано графік ізокванти $Y=y_1$ моделі залежності чистого доходу АТ «ПЗМС» від основних засобів та матеріальних затрат на основі виробничої функції Кобба-Дугласа за квартали 2020-2022рр. у MS Excel.

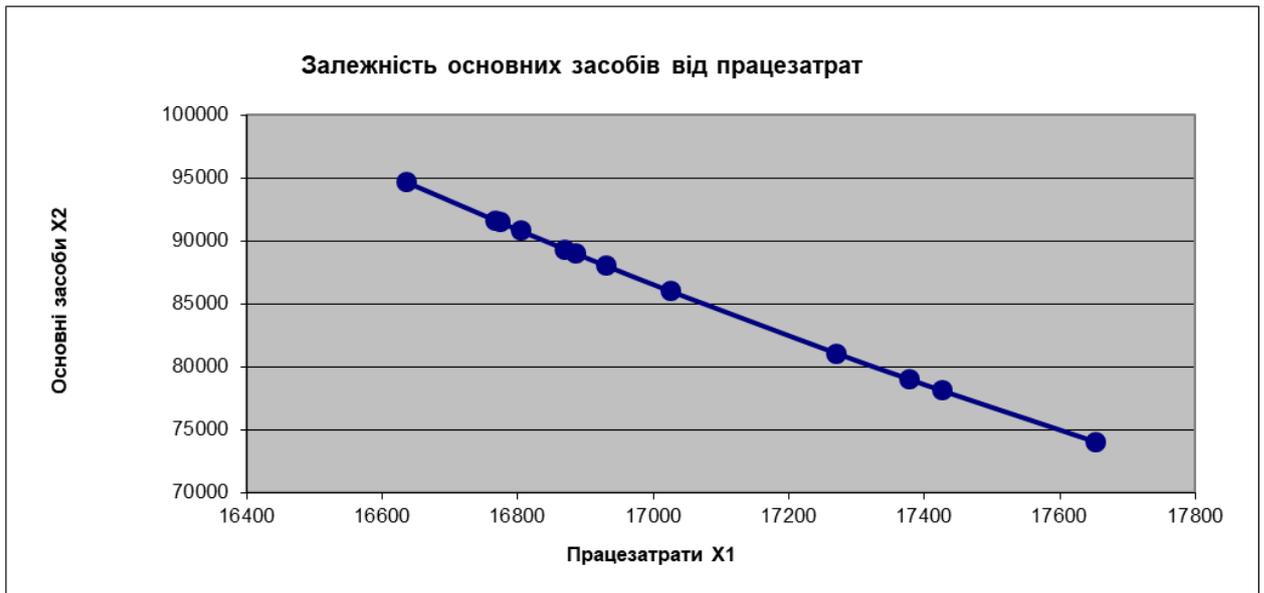


Рисунок 3.8 –Графік залежності основних засобів від працезатрат АТ «ПЗМС» за допомогою адаптивної моделі Брауна за квартали 2020-2022рр. у MS Excel

Знайдена математична модель $Y = a_0 \cdot X_1^{a_1} \cdot X_2^{a_2}$, з коефіцієнтами $a_0 = 3,923$; $a_1 = 0,607$; $a_2 = 0,147$.

Оскільки $F_{\text{роз}} = 5,489 > F_{\text{кр}} = 4,256$, то з надійністю $P=0,95$ можна вважати, що прийнята математична модель адекватна експериментальним даним і її можна застосувати для аналізу господарської діяльності підприємства.

Параметри $a_1 = 0,607$ і $a_2 = 0,147$ є частинними коефіцієнтами еластичності, тобто зміна фактора X_1 (працезатрати) на 1% при незмінному факторі X_2 (основні засоби) викликає зміну обсягу випуску продукції на 0,607%, аналогічно зміна фактора X_2 на 1% при незмінному факторі X_1 викликає зміну обсягу випуску продукції на 0,147%.

Темпи приросту показника виражаються лінійно через темпи приросту факторів: $\epsilon_y = 0,219\epsilon_{x1} + 0,813\epsilon_{x2}$, де $\epsilon_y, \epsilon_{x1}, \epsilon_{x2}$ – темпи приросту показника і факторів відповідно.

Для факторів $X_1 = 17706,35$, $X_2 = 79945,27$ визначена оцінка прогнозу $Y_p = 101317,64$ і з надійністю $P=0,95$ вона буде належати інтервалу (72056,2;1411331).

Оскільки сумарний коефіцієнт еластичності $A=a_1+a_2=0,754$, то при збільшенні обсягу основних засобів та обсягу працезатрат у k разів, обсяг випуску продукції збільшиться у $k^{0,754}$ разів.

3.3. Прогнозування основних економічних показників діяльності АТ «ПЗМС»

На практиці для кількісної оцінки динаміки явищ широко застосовують наступні основні аналітичні показники:

- абсолютні прирости;
- коефіцієнти темпу росту;
- темп росту;
- темпи приросту.

Кожний з вказаних показників може бути трьох видів: ланцюговим, базисним, середнім (табл. 3.3).

Таблиця 3.3. Основні показники динаміки [54]

Вид показника	Абсолютний приріст	Коефіцієнт темпу росту	Темп росту, %	Темп приросту, %
Ланцюговий	$\Delta y_i = y_i - y_{i-1}$	$K_i = \frac{y_i}{y_{i-1}}$	$T_{i(p)} = \frac{y_i}{y_{i-1}} \cdot 100\%$	$T_{i(np)} = (K_i - 1) \cdot 100\%$
Базисний	$\Delta y_i = y_i - y_0$	$K_i = \frac{y_i}{y_0}$	$T_{i(p)} = \frac{y_i}{y_0} \cdot 100\%$	$T_{i(np)} = (K_i - 1) \cdot 100\%$
Середній	$\bar{\Delta y} = \frac{y_n - y_1}{n - 1}$	$\bar{K} = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_1}}$	$\bar{T}_{(p)} = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_1}} \cdot 100\%$	$\bar{T}_{(np)} = (\bar{K} - 1) \cdot 100\%$

В основі розрахунку показників динаміки лежить порівняння рівнів часового ряду.

Методи згладження поділяються на дві групи:

- аналітичне вирівнювання - з використанням кривої, проведеної між конкретними рівнями так, щоб вона відображала тенденцію, притаманну ряду;

- механічне вирівнювання окремих рівнів ряду з використанням фактичних значень сусідніх рівнів.

Найпростішим методом механічного вирівнювання (згладження) є метод простої ковзної середньої.

При непарному значенні m усі рівні активної ділянки можуть бути представлені у вигляді:

$$y_{t-p}, y_{t-p+1}, \dots, y_{t-1}, y_t, y_{t+1}, \dots, y_{t+p-1}, y_{t+p} \quad (3.45)$$

де y_t - центральний рівень активного ряду; $y_{t-p}, y_{t-p+1}, \dots, y_{t-1}$ - послідовність із P рівнів активної ділянки, що передують центральному; $y_{t+1}, \dots, y_{t+p-1}, y_{t+p}$ - послідовність із P рівнів активної ділянки, що слідує за центральним. Тоді ковзна середня розраховується за формулою:

$$\bar{y}_t = \frac{\sum_{i=t-p}^{t+p} y_i}{m}, \quad t > p, \quad \text{де } p = \frac{m-1}{2} \quad (3.46)$$

При парному числі рівнів прийнято перше та останнє спостереження на активній ділянці брати з половинними вагами:

$$\bar{y}_t = \frac{\frac{1}{2}y_{t-p} + y_{t-p+1} + \dots + y_{t-1} + y_t + y_{t+1} + \dots + y_{t+p-1} + \frac{1}{2}y_{t+p}}{2p} = \frac{\frac{1}{2}y_{t-p} + \sum_{i=t-p+1}^{t+p-1} y_i + \frac{1}{2}y_{t+p}}{2p}. \quad (3.47)$$

При використанні ковзної середньої одержують $n - m + 1$ згладжених значень рівнів ряду, при цьому перші P і останні P рівні ряду губляться (не згладжуються).

Розглянемо один із прийомів, що дозволяє відтворити загублені значення часового ряду при використанні простої ковзної середньої. Для цього необхідно:

1) Обчислити середній абсолютний приріст на останній активній ділянці

$$y_{t-p}, y_{t-p+1}, \dots, y_{t-1}, y_t, y_{t+1}, \dots, y_{t+p-1}, y_{t+p} \quad (3.48)$$

$$\overline{\Delta y} = \frac{y_{t+p} - y_{t-p}}{m-1} \quad (3.49)$$

де m – довжина активної ділянки; y_{t+p} – значення останнього рівня на активній ділянці; y_{t-p} – значення першого рівня на активній ділянці; $\overline{\Delta y}$ – середній абсолютний приріст на останній активній ділянці.

2) Отримати p згладжених значень у кінці часового ряду шляхом послідовного додавання середнього абсолютного приросту до останнього згладженого значення.

Аналогічну процедуру можна реалізувати для оцінювання перших рівнів часового ряду.

Цей метод використовують лише для рядів, що мають лінійну тенденцію [57].

На рис. 3.9 проведено прогнозування за допомогою обчислення показників динаміки часового ряду АТ «ПЗМС» на показників доходу на I квартал 2023р. у MS Excel.

Також розраховується середній рівень ряду, середній абсолютний приріст та середній темп зростання.

Середній рівень ряду = 100983,50

середній абсолютний приріст (базисний) = 8217,27;

середній абсолютний приріст (ланцюговий) = 824,55;

середній темп зростання = 1,008.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Період	Ряд динаміки	Абсолютний приріст ΔY_i		Темп зростання K_i		Темп приросту T_i		Абсолютне значення 1% приросту A_i		Коефіцієнт прискорення ΔI		Вирівнювання
2			Б	Л	Б	Л	Б	Л	Б	Л	Б	Л	
3	I кв. 2020	93451											
4	II кв. 2020	97263	3812,00	3812,00	1,04	1,04	0,04	0,04	934,51	934,51			96398,67
5	III кв. 2020	98482	5031,00	1219,00	1,05	1,01	0,05	0,01	934,51	972,63	1,01	0,97	99764,33
6	IV кв. 2020	103548	10097,00	5066,00	1,11	1,05	0,11	0,05	934,51	984,82	1,05	1,04	102461,33
7	I кв. 2021	105354	11903,00	1806,00	1,13	1,02	0,13	0,02	934,51	1035,48	1,02	0,97	104379,00
8	II кв. 2021	104235	10784,00	-1119,00	1,12	0,99	0,12	-0,01	934,51	1053,54	0,99	0,97	106422,33
9	III кв. 2021	109678	16227,00	5443,00	1,17	1,05	0,17	0,05	934,51	1042,35	1,05	1,06	108534,00
10	IV кв. 2021	111689	18238,00	2011,00	1,20	1,02	0,20	0,02	934,51	1096,78	1,02	0,97	105701,67
11	I кв. 2022	95738	2287,00	-15951,00	1,02	0,86	0,02	-0,14	934,51	1116,89	0,86	0,84	100375,00
12	II кв. 2022	93698	247,00	-2040,00	1,00	0,98	0,00	-0,02	934,51	957,38	0,98	1,14	95193,67
13	III кв. 2022	96145	2694,00	2447,00	1,03	1,03	0,03	0,03	934,51	936,98	1,03	1,05	97454,67
14	IV кв. 2022	102521	9070,00	6376,00	1,10	1,07	0,10	0,07	934,51	961,45	1,07	1,04	97551,24
15	I кв. 2023	103387,97											97647,91
16	С. Р. ряду	100983,50											
17	С. А.пр. (Б)		8217,27										
18	С. А.пр. (Л)			824,55									
19	С. т. зростання				1,008								
20	С. т. зростання для вир. ряду												1,001
21													

Рисунок 3.9 – Прогнозування базисних та ланцюгових показників на основі часового ряду показників обсягу доходу АТ «ПЗМС» на I квартал 2023р. у MS Excel.

На рис. 3.10 наведено графік вирівнювання показників обсягу доходу АТ «ПЗМС» на I квартал 2023р. у MS Excel.

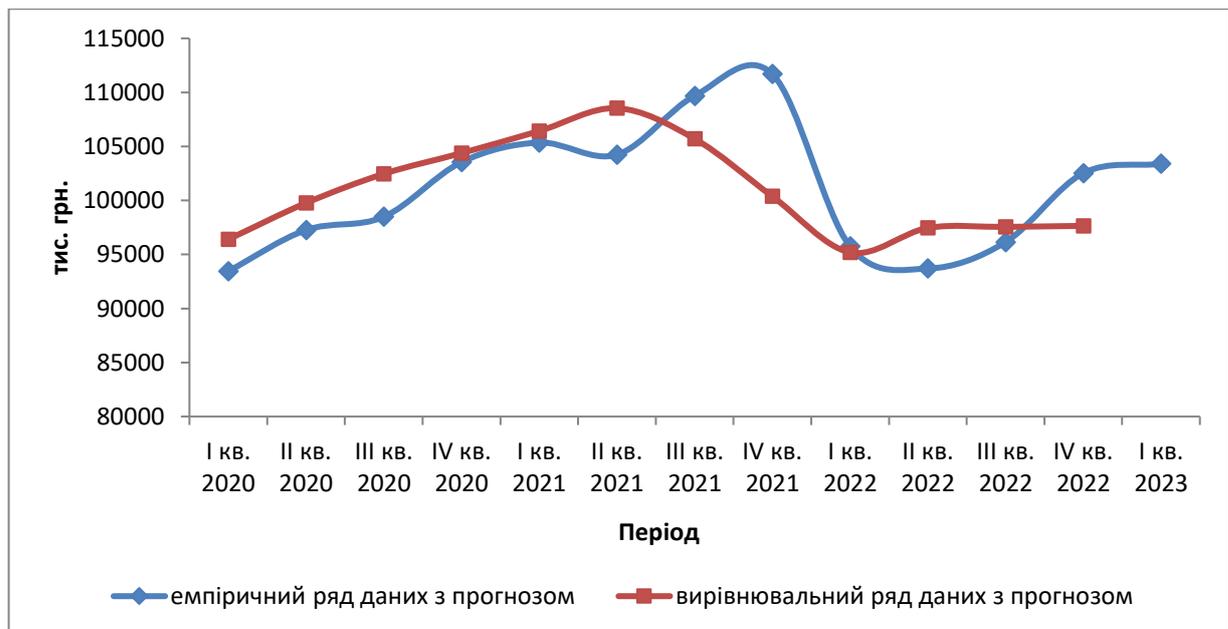


Рисунок 3.10 – Графік вирівнювання показників обсягу доходу АТ «ПЗМС» на I квартал 2023р. у MS Excel.

На рис. 3.11 проведено прогнозування за допомогою обчислення показників динаміки часового ряду АТ «ПЗМС» на показників чистого прибутку на I квартал 2023р. у MS Excel.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Період	Ряд динаміки	Абсолютний приріст ΔY_i		Темп зростання K_i		Темп приросту T_i		Абсолютне значення 1% приросту A_i		Коефіцієнт прискорення ΔI		Вирівнювання
2			Б	Л	Б	Л	Б	Л	Б	Л	Б	Л	
3	I кв. 2020	27166											
4	II кв. 2020	29279	2113,00	2113,00	1,08	1,08	0,08	0,08	271,66	271,66			28967,67
5	III кв. 2020	30458	3292,00	1179,00	1,12	1,04	0,12	0,04	271,66	292,79	1,04	0,97	31143,00
6	IV кв. 2020	33692	6526,00	3234,00	1,24	1,11	0,24	0,11	271,66	304,58	1,11	1,06	29101,00
7	I кв. 2021	23153	-4013,00	-10539,00	0,85	0,69	-0,15	-0,31	271,66	336,92	0,69	0,62	24986,33
8	II кв. 2021	18114	-9052,00	-5039,00	0,67	0,78	-0,33	-0,22	271,66	231,53	0,78	1,14	19107,67
9	III кв. 2021	16056	-11110,00	-2058,00	0,59	0,89	-0,41	-0,11	271,66	181,14	0,89	1,13	17516,67
10	IV кв. 2021	18380	-8786,00	2324,00	0,68	1,14	-0,32	0,14	271,66	160,56	1,14	1,29	18031,33
11	I кв. 2022	19658	-7508,00	1278,00	0,72	1,07	-0,28	0,07	271,66	183,80	1,07	0,93	18997,33
12	II кв. 2022	18954	-8212,00	-704,00	0,70	0,96	-0,30	-0,04	271,66	196,58	0,96	0,90	19649,67
13	III кв. 2022	20337	-6829,00	1383,00	0,75	1,07	-0,25	0,07	271,66	189,54	1,07	1,11	20498,67
14	IV кв. 2022	22205	-4961,00	1868,00	0,82	1,09	-0,18	0,09	271,66	203,37	1,09	1,02	19864,25
15	I кв. 2023	21801,65											19249,47
16	С. Р. ряду	23121,00											
17	С. А. пр. (Б)		-4412,73										
18	С. А. пр. (Л)			-451,00									
19	С. т. зростання				0,982								
20	С. т. зростання для виряду												0,969

Рисунок 3.11 – Прогнозування базисних та ланцюгових показників на основі часового ряду показників обсягу чистого прибутку АТ «ПЗМС» на I квартал 2023р. у MS Excel.

Також розраховується середній рівень ряду, середній абсолютний приріст та середній темп зростання.

Середній рівень ряду = 23121

середній абсолютний приріст (базисний) = -4412,73;

середній абсолютний приріст (ланцюговий) = -451;

середній темп зростання = 0,982.

На рис. 3.12 наведено графік вирівнювання показників обсягу чистого прибутку АТ «ПЗМС» на I квартал 2023р. у MS Excel.

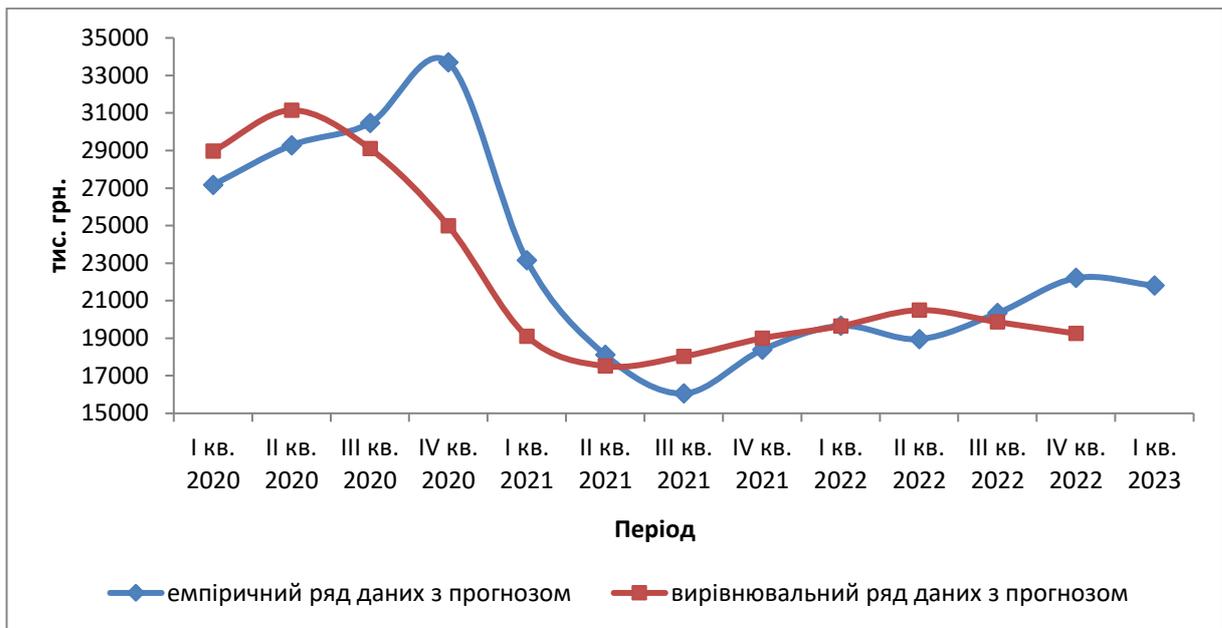


Рисунок 3.12 – Графік вирівнювання показників обсягу чистого прибутку АТ «ПЗМС» на I квартал 2023р. у MS Excel.

Вплив багатьох чинників на результативну змінну може бути описаний лінійною моделлю:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_mx_m + u \quad (3.50)$$

де y – досліджувана (залежна) змінна; $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$ – незалежні змінні; $a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_m$ – параметри моделі; u – випадкова складова регресійного рівняння. Лінійність функції є суттєвою умовою, оскільки це пов'язано з методами оцінювання параметрів. Оскільки дослідження лінійних функцій має переваги перед іншими класами функцій, то нелінійні функції намагаються передусім звести до лінійних.

Для побудови прогнозної моделі виділяють певні фактори, які впливають на значення y . До списку факторів слід включати ті з них, які мають значний вплив на величину y і в той же час слабо пов'язані між собою. Для визначення сили впливу використовують коефіцієнт кореляції. Найчастіше застосовують коефіцієнт лінійної кореляції, який визначається рівністю

$$r = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (3.51)$$

де $\overline{xy}, \overline{x}, \overline{y}$ – середні значення величини x, y, xy ; σ_x, σ_y – середні квадратичні відхилення, що визначаються за формулами:4

$$\sigma_x = \sqrt{\overline{x^2} - (\overline{x})^2} \quad (3.52)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\overline{y^2} - (\overline{y})^2} \quad (3.53)$$

Коефіцієнти кореляції змінюються в межах $-1 \leq r \leq 1$. Чим ближче за абсолютною величиною число r до 1, тим сильніший вплив фактора на залежну змінну y . За допомогою коефіцієнта кореляції можна визначити фактори, які потрібно взяти для побудови прогнозової моделі [64].

На рис. 3.13 проведено прогнозування за допомогою лінійної багатофакторної моделі чистого доходу АТ «ПЗМС» на основі основних засобів та витрат на оплату праці на I квартал 2023р. у MS Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Період	Y_t	X_1	X_2	X_3	X_4	Y_t	$(Y_t - Y_t)^2$	$(Y_t - Y_t)^2$	a_0	a_1	a_2		Якість прогнозу	
2	I кв. 2020	93451	94675	15332	33877	93051	105074,36	135102494,62	56738556,25	111,59	0,77	2,08		0,03578735	
3	II кв. 2020	97263	91634	16348	35758	91984	104847,57	57525771,17	13842120,25					0,03303712	
4	III кв. 2020	98482	91488	15963	37984	96678	103932,40	29706872,80	6257502,25					0,03222432	
5	IV кв. 2020	103548	95307	18094	38044	99298	111319,53	60396694,24	6576660,25					0,02914836	
6	I кв. 2021	105354	89342	17645	40887	99678	105784,11	184994,09	19101270,25					0,02815759	
7	II кв. 2021	104235	90328	18452	46876	98175	108226,71	15933735,38	10572252,25					0,02876539	
8	III кв. 2021	109678	91247	18845	49892	100633	109754,59	5866,43	75594330,25					0,02598115	
9	IV кв. 2021	111689	94400	20070	53272	109012	114739,48	9305441,27	114607730,25					0,02505398	
10	I кв. 2022	95738	81064	15288	62481	110687	94487,66	1563340,80	27515270,25					0,03409799	
11	II кв. 2022	93698	79004	16214	63845	113875	94829,67	1280684,36	53078510,25					0,03559892	
12	III кв. 2022	96145	78112	16984	61784	128887	95747,08	158341,40	23411082,25					0,03380991	
13	IV кв. 2022	102521	84706	17233	66970	142003	101350,57	1369914,74	2363906,25					0,02973526	
14	I кв. 2023		79945	17706			98666,51	312534151,29	409659191,00					0,03094978	
15		1	0,49	0,93	-0,05	-0,05								96,91%	
16															
17								$R=$	$0,71$						
18								$F_{розр}$	$5,59$						
19								$F_{табл}$	$4,84$						
20															
21															

Рисунок 3.13 – Прогнозування чистого доходу на основі лінійної багатофакторної моделі АТ «ПЗМС» на I квартал 2023р. у MS Excel.

На рис. 3.14 рображено графік прогнозування за допомогою лінійної багатофакторної моделі чистого доходу АТ «ПЗМС» на основі основних засобів та витрат на оплату праці на I квартал 2023р. у MS Excel.

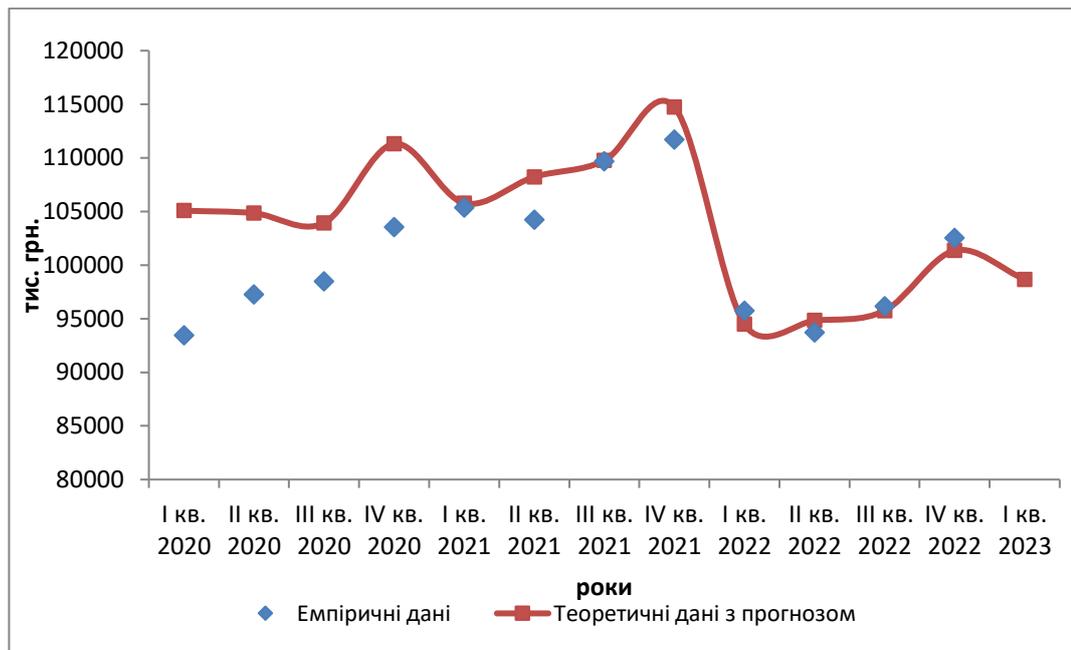


Рисунок 3.14 – Графік прогнозування чистого доходу на основі лінійної багатофакторної моделі АТ «ПЗМС» на I квартал 2023р. у MS Excel.

За отриманими розрахунками маємо, що для даного процесу тренд можна описати функцією:

$$y = 111,59 + 0,77x_1 + 2,08x_2$$

Найбільш поширеним із критеріїв перевірки адекватності моделі є критерій Фішера. Отже, якщо $F > F_{кр}$, то побудована регресійна модель адекватна реальній дійсності.

Ефективність застосування економіко-математичної моделі значною мірою визначається її адекватністю, тобто здатністю коректно описувати досліджувані процеси і явища. Для оцінки адекватності побудованої лінійної багатофакторної моделі доцільно проаналізувати такі показники:

- коефіцієнт кореляції - характеризує тісноту зв'язку між факторними та результативною ознаками;
- критерій Фішера - оцінює значущість зв'язку загалом по моделі;
- якість прогнозу - характеризує точність прогнозних значень.

Результати розрахунку даних показників та порівняння їх з граничними значеннями наведено в таблиці 3.3. Це дозволяє зробити обґрунтований

висновок про прийнятність побудованої моделі та доцільність використання отриманих результатів моделювання.

Таблиця 3.3 Показники для перевірки лінійної багатофакторної моделі на адекватність

Показник	Фактичне значення
R	0,71
$F_{\text{розр}}$	5,59
$F_{\text{табл}}$	4,48
Якість прогнозу	96,91%

Отже, надані в табл. 3.3 значення дають підставу стверджувати, що побудована модель коректно описує залежність результативного показника від факторних ознак і її можна використовувати для якісного прогнозування та прийняття обґрунтованих управлінських рішень на підприємстві.

Отримане в процесі моделювання прогнозне значення економічного показника рекомендується використовувати підприємству в якості орієнтира при плануванні господарської діяльності, визначенні стратегії розвитку та оцінці очікуваних результатів від реалізації управлінських рішень.

Висновки за розділом 3

У третьому розділі магістерської роботи застосовано сучасний економіко-математичний інструментарій для поглибленого аналізу та прогнозування діяльності АТ «ПЗМС».

Проведено аналіз економічних показників діяльності АТ «ПЗМС» за допомогою множинної лінійної регресії. Це дозволило виявити найбільш значущі фактори впливу серед запропонованих незалежних змінних: вартість основних засобів, оборотні активи, собівартість реалізованої продукції, матеріальні затрати та витрати на оплату праці. Використання частинних

коефіцієнтів кореляції показало, що собівартість реалізованої продукції та витрати на оплату праці мають найбільший вплив на результативний показник - чистий дохід підприємства.

Побудовано та проаналізовано виробничу функцію Кобба-Дугласа для досліджуваного підприємства АТ «ПЗМС». На основі статистичних даних визначено оцінки параметрів виробничої регресії, які характеризують еластичність обсягу виробництва за основними засобами та працею. Також побудовано ізокванту, що дозволяє виявити оптимальну комбінацію факторів виробництва для досягнення планового обсягу випуску продукції 100 млн. грн.

Виконано прогнозування основних економічних показників діяльності АТ «ПЗМС», а саме: обсягу доходу та чистого прибутку на I квартал 2023 року. Для цього застосовано методи аналізу динаміки часових рядів та побудови лінійної багатофакторної моделі. В результаті отримано як точкові, так і інтервальні прогнозні оцінки досліджуваних показників, що дозволяє приймати виважені управлінські рішення з урахуванням ризиків та невизначеності майбутнього.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено актуальне науково-прикладне завдання підвищення ефективності прийняття управлінських рішень на основі розробки та застосування економіко-математичних моделей аналізу і прогнозування діяльності промислового підприємства.

У першому розділі на підставі поглибленого аналізу праць вітчизняних та зарубіжних вчених досліджено сутність, переваги та практичне значення використання економіко-математичного моделювання для вивчення складних соціально-економічних об'єктів та систем, зокрема підприємств. Визначено основні принципи, етапи та вимоги до процесу побудови моделей економічних явищ і процесів. Запропоновано авторську класифікацію економіко-математичних моделей за різними класифікаційними ознаками. Систематизовано найбільш актуальні на сьогодні методи моделювання діяльності суб'єктів господарювання, зокрема оптимізаційні, регресійні, адаптивні, імітаційні та нейромережеві моделі. Обґрунтовано переваги та доцільність застосування моделювання у виробленні та прийнятті управлінських рішень в умовах невизначеності.

У другому розділі на прикладі промислового підприємства ПрАТ «Полтавський завод медичного скла» представлено авторський підхід до комплексного економічного аналізу фінансово-господарської діяльності з використанням широкого спектру аналітичних показників. Детально проаналізовано динаміку активів, зобов'язань, фінансових результатів за період 2020-2022 рр. Досліджено показники рентабельності, ділової активності, ефективності використання ресурсів. Проведено оцінку фінансової стійкості та визначення запасу фінансової міцності підприємства. Виявлено позитивні тенденції оптимізації витрат і поліпшення фінансового стану підприємства.

У третьому розділі розроблено конкретні економіко-математичні моделі дослідження та прогнозування діяльності ПрАТ «Полтавський завод медичного скла». Застосовано сучасний економіко-математичний інструментарій для поглибленого аналізу та прогнозування діяльності підприємства. За допомогою множинної лінійної регресії виявлено найбільш значущі фактори впливу на чистий дохід: вартість основних засобів, собівартість реалізованої продукції, матеріальні затрати, витрати на оплату праці. Розроблено та проаналізовано виробничу функцію Кобба-Дугласа. Визначено еластичність обсягу виробництва за основними засобами та працею. Побудовано ізокванту з метою пошуку оптимальної комбінації факторів виробництва.

Виконано прогнозування обсягу доходу та чистого прибутку АТ «ПЗМС» на 1 квартал 2023 року за допомогою методів аналізу динаміки та лінійної багатофакторної моделі. Результати моделювання надають можливість приймати обґрунтовані управлінські рішення з врахуванням ризиків та невизначеності майбутнього.

Отримані в роботі результати дослідження та розроблені практичні рекомендації дозволяють підвищити ефективність прийняття управлінських рішень на ПрАТ «Полтавський завод медичного скла» на основі застосування методів економіко-математичного моделювання та прогнозування основних фінансово-економічних показників діяльності.

Результати дослідження та прикладні рекомендації можуть бути використані промисловими підприємствами різних галузей для вдосконалення аналізу фінансово-господарської діяльності та прийняття управлінських рішень з опорою на методи економіко-математичного моделювання, оптимізаційних розрахунків та прогнозування основних економічних показників.