

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

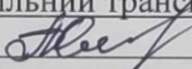
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

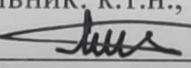
**ПОКРАЩЕННЯ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДУ
ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ПРИВАТНОГО ПІДПРИЄМСТВА
«АГРОПРОМЕНЕРГО» МІСТО ПОГРЕБИЩЕ ВІННИЦЬКОГО РАЙОНУ
ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Виконав: студент 2-го курсу, групи 2АТ-23м
спеціальності 274 – Автомобільний
транспорт

Освітньо-професійна програма –
Автомобільний транспорт

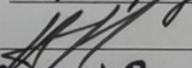
 Пінчук О.О.

Керівник: к.т.н., доц. каф. АТМ

 Антонюк О.П.

« 12 » грудня 2024 р.

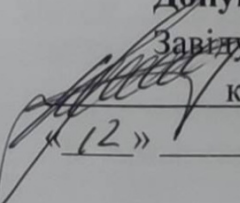
Опонент: к.т.н., доц. каф. АТМ

 П'юнташов О.О.
« 12 » грудня 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

к.т.н., доц. Цимбал С.В.

 « 12 » 12 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 27 – Транспорт
Спеціальність – 274 – Автомобільний транспорт
Освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри АТМ
к.т.н., доцент Цимбал С.В.

« 18 » 09 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Пінчуку Олександр Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Покращення процесу функціонування складу запасних частин приватного підприємства «Агропроменерго» місто Погребище Вінницького району Вінницької області

керівник роботи Антонюк Олег Павлович, к.т.н., доцент,
затверджені наказом ВНТУ від «17» вересня 2024 року № 310.

2. Строк подання здобувачем роботи: 06.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації автотранспортних засобів (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів-виробників автомобільної техніки); законодавство України в галузі безпеки руху, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; структура автопарку України; район експлуатації автомобілів – Україна; об'єктом дослідження є процес забезпечення запасними частинами підприємств, що обслуговують та експлуатують АТЗ; предмет дослідження - закономірності, що впливають на ефективність управління складом запасних частин підприємств, що обслуговують та експлуатують АТЗ; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.

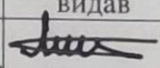
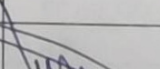
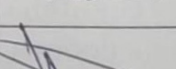
4. Зміст текстової частини:

1. Аналіз стану питання, мета та завдання дослідження.
2. Теоретичні підходи до оптимізації і управління складом автомобільних запасних частин.
3. Розрахунково-експериментальні дослідження впливу на ефективність функціонування підприємств, що обслуговують та експлуатують АТЗ методик організації функціонування складу запансних частин.
4. Результати дослідження, можливості їх практичної реалізації та економічна ефективність.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

- 1.-3. Тема, мета та завдання дослідження.
4. Проблеми управління складом запасних частин на підприємствах, що обслуговують та експлуатують АТЗ.
5. Технологічний процес керування складом.
6. Модель процесу управління запасами.
7. Структура технологічного процесу керування складом автомобільних запасних частин.
8. Оцінка попиту на автомобільні запасні частини на основі моделі суміші імовірнісних розподілів.
9. Гістограма розподілу даних про кількість деталей, що разово придбали клієнти.
10. Методика моделювання процесу функціонування складу запасних частин.
11. -12. Результати вибору моделі керування складом.
- 13.-14. Результати імітаційного моделювання процесу функціонування складу запасних частин.
15. Порівняння фактичного та змодельованого руху запасу.
16. Висновки

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

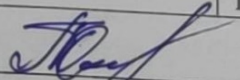
Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Антонюк О.П., доцент кафедри АТМ		
Визначення ефективності запропонованих рішень	Буренніков Ю.Ю., професор кафедри АТМ		

7. Дата видачі завдання « 18 » вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

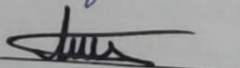
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	18.09-22.09.2024	Дик.
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	23.09-20.10.2024	Дик.
3	Обґрунтування методів досліджень	23.09-20.10.2024	Дик.
4	Розв'язання поставлених задач	21.10-03.11.2024	Дик.
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	04.11-17.11.2024	Дик.
6	Виконання розділу «Результати дослідження, можливості їх практичної реалізації та економічна ефективність»	18.11-01.12.2024	Дик.
7	Нормоконтроль МКР	02.12-06.12.2024	Дик.
8	Попередній захист МКР	09.12-11.12.2024	Дик.
9	Рецензування МКР	12.12-16.12.2024	Дик.
10	Захист МКР	17.12-20.12.2024	Дик.

Здобувач


(підпис)

Пінчук О.О.

Керівник роботи


(підпис)

Антонюк О.П.

АНОТАЦІЯ

УДК 629.113

Пінчук О.О. Покращення процесу функціонування складу запасних частин приватного підприємства «агропроменерго» місто поGREбище вінницького району вінницької області. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2024. 96 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 28 назв; рис.: 38; табл. 9.

У магістерській кваліфікаційній роботі виявлено закономірності та особливості формування потреби в запасних частинах на ПП «Агропроменерго», яка є функцією суміші ймовірнісних розподілів, що включає ймовірності появи споживачів та обсягу їх вимог.

Виявлено взаємозв'язки між параметрами моделі складу запасних частин, керуючими впливами на неї та показниками ефективності роботи складу: попиту, часу постачання на склад, мінімального та максимального розміру запасу; середньої вартості запасів, рівня обслуговування та розміру дефіциту на складі. Експериментально встановлено функціональну залежність між середнім розміром запасу і дефіцитом.

На основі виявлених закономірностей сформовано імітаційну математичну модель, яка враховує виявлені залежності між параметрами ефективності, а також закономірності формування потреб, що робить управління складом запасних частин ефективнішим.

Виконана перевірка результатів дослідження в умовах приватного підприємства «Агропроменерго» показує, що оборотність запасних частин групи А на складі збільшилася з 2,46 до 4,46 рази на рік, їх дефіцит знизився з 21 до 9%, а їх запаси зменшилися в 1,6 рази. Розрахунковий економічний ефект від застосування результатів дослідження на даному підприємстві становить 0,85 млн. грн. на рік (або 10,7% оборотних коштів).

Графічна частина складається з 17 слайдів

Ключові слова: запасна частина, рухомий склад, умови експлуатації, управління складом, транспортний процес.

ABSTRACT

UDC 629.113

Pinchuk O.O. Improvement of the process of operation of the warehouse of spare parts of the private enterprise "agropromenergo" in the city of the cemetery of the Vinnytsia district of the Vinnytsia region. Master's thesis on the specialty.

274 – Road transport. Vinnytsia: VNTU, 2024. 96 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 28 titles; Fig.: 38; table 9.

In the master's qualification work, the regularities and peculiarities of the formation of the need for spare parts at the Agropromenergo PE, which is a function of a mixture of probability distributions, including the probabilities of the appearance of consumers and the volume of their requirements, were revealed.

Interrelationships between the parameters of the spare parts warehouse model, the controlling influences on it and the indicators of the efficiency of the warehouse operation were revealed: demand, delivery time to the warehouse, minimum and maximum stock size; average cost of inventory, level of service and the size of the shortage in the warehouse. The functional dependence between the average size of the stock and the shortage was established experimentally.

On the basis of the identified regularities, a simulation mathematical model was formed, which takes into account the identified dependencies between the efficiency parameters, as well as the regularities of the formation of needs, which makes the management of the spare parts warehouse more efficient.

The verification of the research results in the conditions of the private enterprise "Agropromenergo" shows that the turnover of spare parts of group A in the warehouse increased from 2.46 to 4.46 times per year, their deficit decreased from 21 to 9%, and their stocks decreased by 1, 6 times. The estimated economic effect of applying the research results at this enterprise is 0.85 million. UAH per year (or 10.7% of working capital).

The graphic part consists of 17 slides.

Keywords: spare part, rolling stock, operating conditions, warehouse management, transport process.



ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	7
1.1 Проблеми управління складом запасних частин на підприємствах, що обслуговують та експлуатують АТЗ.....	7
1.2 Огляд логістичних систем та програм для ЕОМ що використовуються для організації забезпечення запасними частинами складу автотранспортного підприємства.....	18
1.3 Висновки до розділу 1 та постановка завдань дослідження.....	23
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ І УПРАВЛІННЯ СКЛАДОМ АВТОМОБІЛЬНИХ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН.....	25
2.1 Закономірності та особливості формування потреби в запасних частинах на підприємствах, що експлуатують та обслуговують АТЗ	25
2.2 Основні концепції та моделі теорії управління запасами.....	32
2.3 Технологічний процес керування складом запасних частин.....	45
2.4 Методи класифікації запасних частин.....	48
2.5 Показники ефективності роботи складу.....	52
2.6 Стратегії, критерії та цільові функції системи керування складом автомобільних запасних частин.....	57
Висновки до розділу 2.....	60
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ, ЩО ОБСЛУГОВУЮТЬ ТА ЕКСПЛУАТУЮТЬ АТЗ МЕТОДИК ОРГАНІЗАЦІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДУ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН.....	61
3.1 Методика імітаційного моделювання процесу функціонування складу запасних частин.....	61

3.2 Методика визначення оптимальних значень параметрів системи керування складом автомобільних запасних частин.....	65
3.3 Методика вибору моделі керування складом.....	68
3.4 Методика перевірки адекватності імітаційної моделі складу	70
Висновки до розділу 3.....	72
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ, МОЖЛИВОСТІ ЇХ ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ....	73
4.1 Результати моделювання потреби у запасних частинах та оцінки достовірності отриманих результатів.....	73
4.2 Результати вибору моделі керування складом.....	76
4.3 Результати імітаційного моделювання процесу функціонування складу запасних частин.....	78
4.4 Економічна ефективність результатів дослідження.....	85
4.5 Висновки до розділу 4.....	89
ВИСНОВКИ.....	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	91
ДОДАТКИ.....	97
ДОДАТОК А. ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ.....	98
ДОДАТОК В. ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ МКР.....	



ВСТУП

Актуальність теми. Сучасні автотранспортні засоби (АТЗ) є складними технічними об'єктами, що складаються в середньому із 70 тисяч елементів, що мають різні показники надійності. Своєчасне задоволення потреби в їх періодичній заміні в умовах експлуатації безпосередньо впливає на їх якість. Однак, існуючі системи управління складом запасних частин на підприємствах, що обслуговують та експлуатують автомобільний транспорт, мають низку недоліків. Найчастіше склади переповнені одними деталями при дефіциті інших. Як правило, це пов'язано з тим, що людина, яка приймає рішення, по-перше, не бачить як зміна того чи іншого параметра відбивається на всій системі управління наповненням складу, по-друге, не може точно прогнозувати потребу в запасах, внаслідок чого її дії носять евристичний характер. Це відбувається через відсутність науково обґрунтованих ефективних методик управління складом автомобільних запасних частин, які враховують особливості виникнення потреби у них. А також відсутності інструментів регулювання між параметрами системи керування складом, керуючими впливами на неї та показниками ефективності його роботи.

Виникаюча суперечність між підвищенням ефективності процесу забезпечення підприємств запасними частинами, з одного боку, і прагненням знизити витрати пов'язані з їх зберіганням, з іншого, зумовлює проблему, на вирішення якої є важливим завданням. Тому дана робота спрямована на підвищення ефективності роботи приватного підприємства «Агропроменерго» шляхом мінімізації витрат, пов'язаних із зберіганням запасних частин на складі та зниження їхнього дефіциту, є актуальним науковим завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась відповідно до науково-дослідної тематики кафедри автомобілів та транспортного менеджменту в Вінницького національного технічного університету і є невід'ємною частиною досліджень пов'язаних з підвищенням якості вантажних автомобільних перевезень.

Мета роботи – підвищення ефективності роботи приватного підприємства «Агропроменерго» шляхом мінімізації витрат, пов'язаних із зберіганням запасних частин на складі та зниження їх дефіциту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- виявити закономірності та особливості формування потреби у запасних частинах;
- виявити закономірності між показниками ефективності управління складом автомобільних запасних частин: середнім розміром запасу та дефіцитом (рівнем задоволення потреби);
- на основі виявлених закономірностей сформулювати математичну модель технологічних процесів управління структурою та обсягом складу запасних частин;
- дати техніко-економічну оцінку результатів дослідження.

Об'єктом дослідження є процес забезпечення запасними частинами підприємств, що обслуговують та експлуатують АТЗ.

Предмет дослідження: закономірності, що впливають на ефективність управління складом запасних частин підприємств, що обслуговують та експлуатують АТЗ.

Методи дослідження: математична статистика та теорія ймовірностей; математичний аналіз; системний аналіз; теорія масового обслуговування; теорія управління; математичне та імітаційне моделювання; логістика; теорія черг та управління запасами.

- **Новизна одержаних результатів** полягає наступному:
- удосконалено методику визначення потреби в автомобільних запасних частинах на підприємствах автотранспортного транспорту як функції суміші ймовірнісних розподілів;
- уточнено залежність між витратами ресурсів та ефективністю системи забезпечення запасними частинами підприємств, що обслуговують та експлуатують АТЗ;

Практична значимість отриманих результатів. Впровадження

результатів роботи у технологічний процес управління складом запасних частин дозволяє підвищити ефективність функціонування підприємств, що обслуговують та експлуатують АТЗ, мінімізувати витрати матеріальних ресурсів, а також підвищити ступінь задоволеності клієнтів.

- **Достовірність теоретичних положень** підтверджується тим, що:
 - отримані у роботі результати не суперечать результатам попередніх досліджень у цій галузі;
 - обґрунтовано адекватністю математичних моделей, у яких прийнято коректні припущення, що відповідають реальним процесам на підприємствах, що обслуговують та експлуатують АТЗ;
 - підтверджується збігом у допустимих межах теоретичних та експериментальних даних.

Апробація роботи. Основні положення магістерської кваліфікаційної роботи було представлено на Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025) – 15 жовтня 2024 року – 15 червня 2025 року– Україна, Вінниця, ВНТУ.

Публікації. Основні положення та результати досліджень опубліковані за участі автора в роботі [1].



РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Проблеми управління складом запасних частин на підприємствах, що обслуговують та експлуатують АТЗ

Науковцями запропоновано ряд методик та моделей, що описують процес управління окремими сторонами системи запасів. Однак на практиці, на підприємствах, що обслуговують та експлуатують автомобільний транспорт, часто зустрічається тільки один метод - емпіричний. Основні причини, які не дозволили досі формалізувати процес управління складом автомобільних запасних частин, представлені рис. 1.1.

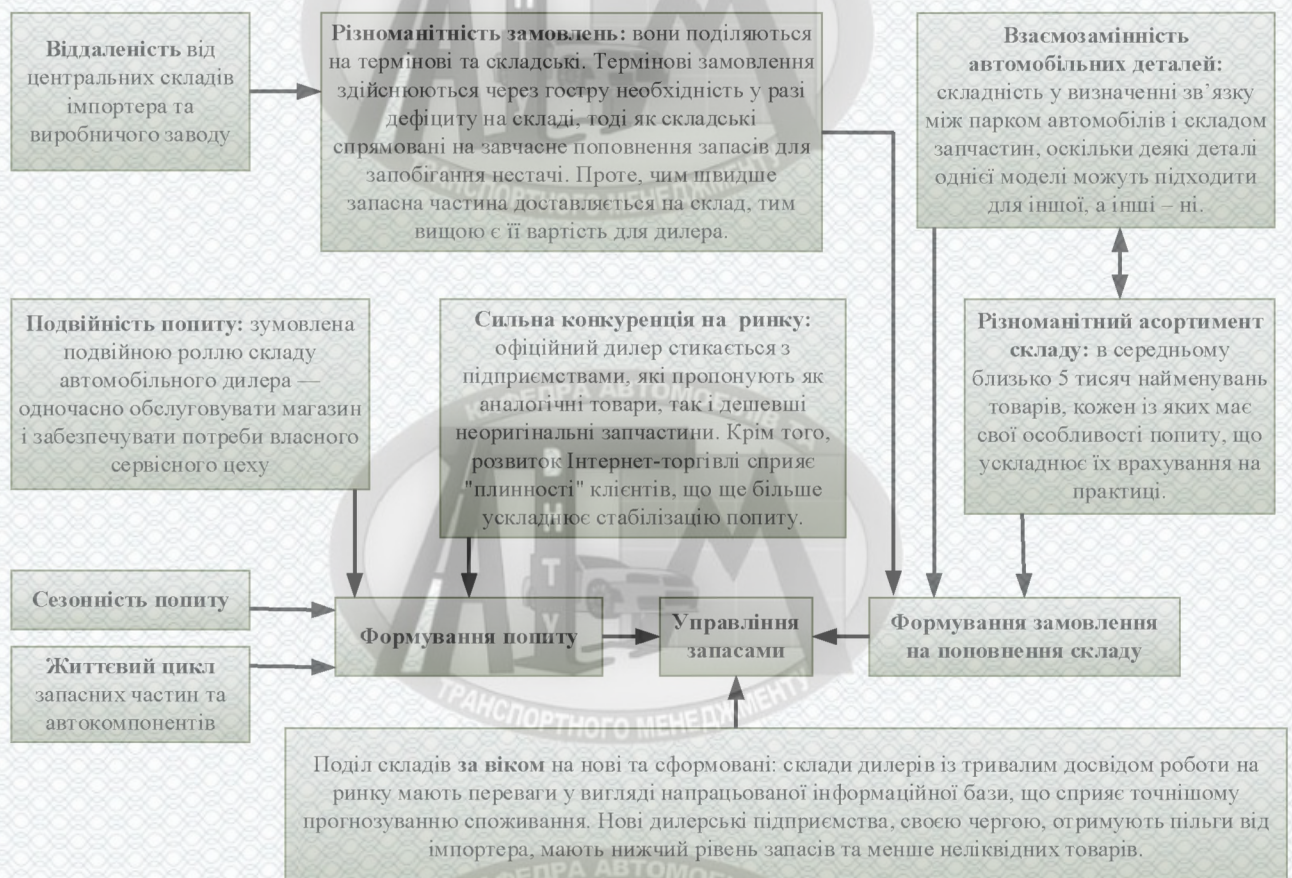


Рисунок 1.1 – Структурна схема взаємодії факторів, які впливають на процес управління складом запасних частин

Аналіз функціонування складу приватного підприємства «Агропроменерго», що займаються обслуговуванням та експлуатацією АТЗ, показав низьку ефективність керування складом автомобільних запасних частин. Оцінки втрат від такого управління можна умовно розділити на три укрупнені групи (рис. 1.2): 1) втрати від втрачених продажів через недостатній рівень обслуговування - приблизно 12% від прибутку (як наслідок, зниження лояльності клієнтів до дилера та марки); 2) втрати від завищення складського запасу - приблизно 43% заморожених оборотних коштів, вкладених у запасні частини (як наслідок, оборотність запасів у 2-2,5 рази нижча за регламентовану для дилерів даної марки); 3) втрати від помилок у номенклатурі запасів, що зберігаються - приблизно 47% заморожених оборотних засобів, вкладених у запасні частини (приводить до накопичення неліквідів).

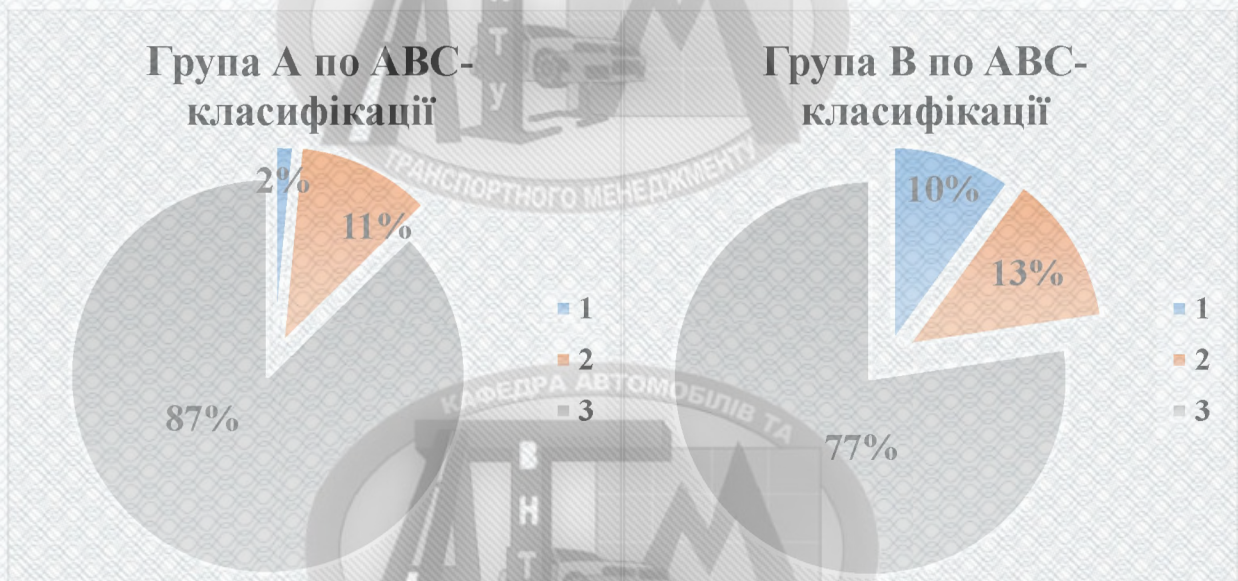


Рисунок 1.2 - Недоліки існуючого управління та втрати від них: 1- частка позицій, присутніх на складі; 2 - допустимий рівень частки відсутніх позицій; 3- фактичне перевищення допустимого рівня.

Низькі показники ефективності управління обумовлені цілою низкою факторів. До першої групи факторів можна віднести географічну віддаленість регіону від центральних складів заводів- виготовлювачів та імпортерів. У випадку з досліджуваним підприємством, при створенні запасів необхідно

враховувати, що найпоширеніший і найдешевший спосіб доставки від центрального складу (м. Вінниця) автомобільним транспортом може здійснюватися від одного до двох разів на тиждень.

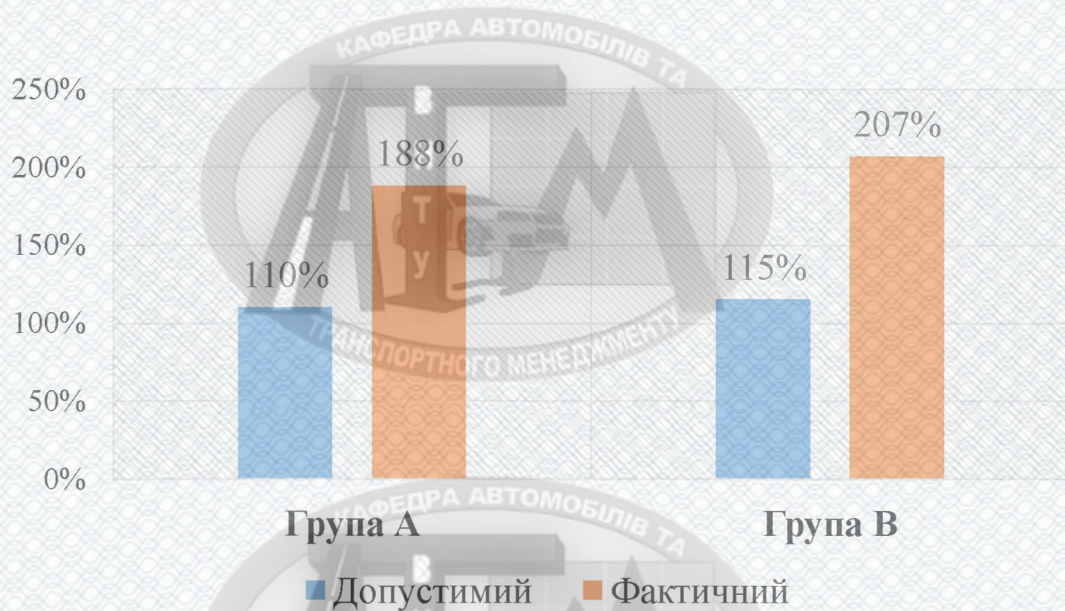


Рисунок 1.3 – Надлишки запасів на складі

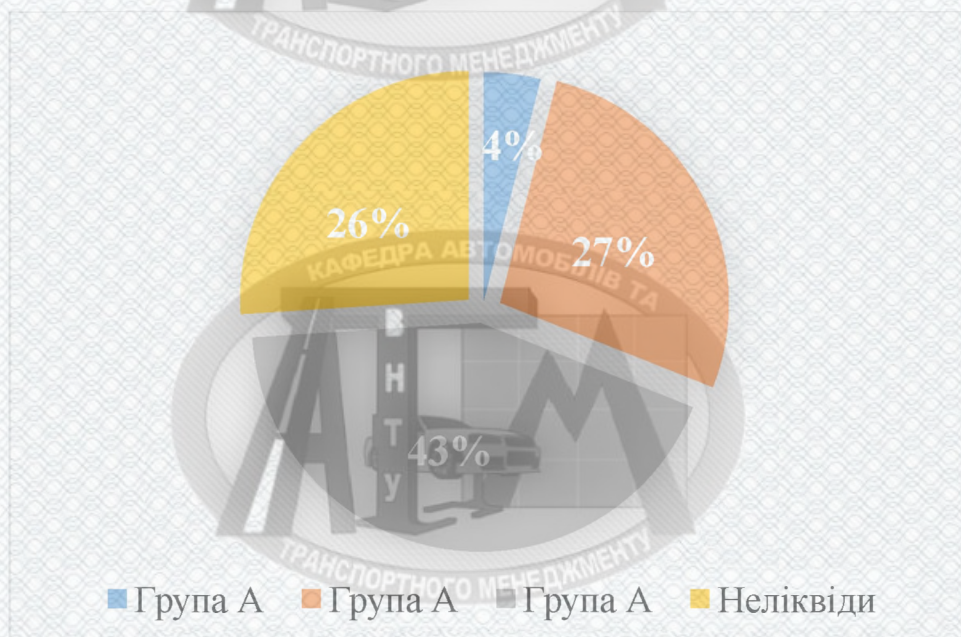


Рисунок 1.4 – Структура складу

Однак це не єдиний варіант, наприклад, у дилерських підприємствах, застосовується, як правило, декілька видів замовлень. У цілому на даний час, вони діляться на термінові і складські, тобто ті, які постачаються у зв'язку з

крайньою необхідністю через дефіцит на складі і ті, які мають заздалегідь поповнювати склад із метою не допускати дефіциту. Варіантів доставки може бути більше 4. Так у дилерів німецької марки автомобілів Volkswagen, крім складського замовлення, існує 3 термінових: звичайний, надстроковий та екстремальний (рис. 1.5). Їхня суть зводиться до того, що чим швидше запасна частина приходить на склад, тим дорожче вона обходиться дилеру, але не клієнту, тому що роздрібна ціна встановлена імпортером. Таким чином, офіційний дилер фінансово зацікавлений у грамотному управлінні складом.

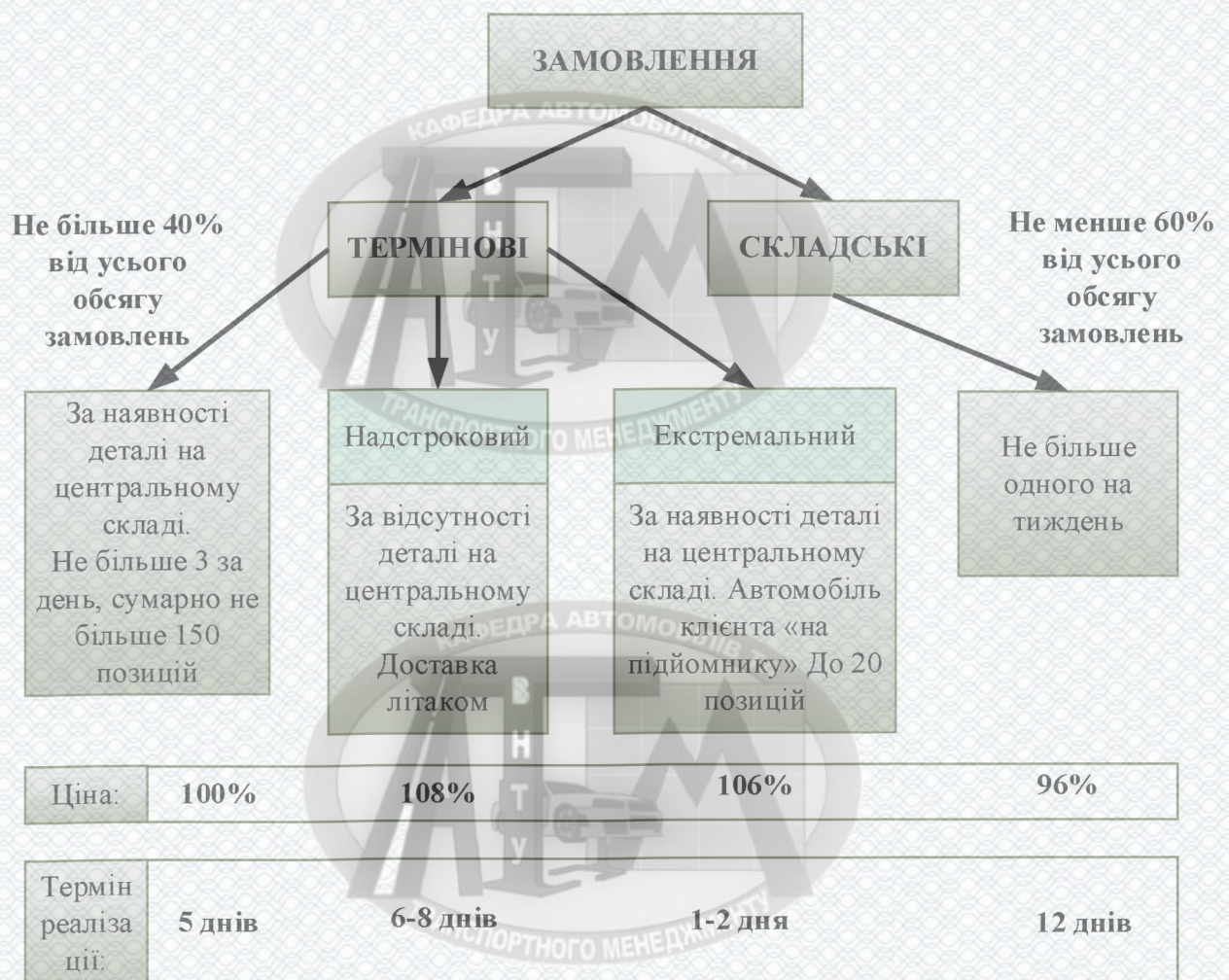


Рисунок 1.5 – Різновиди складських запасів на підприємствах дилерів компанії Volkswagen

Ще одна група факторів - «двоїстість попиту», що викликана дуалізмом складу автомобільного дилера: з одного боку, склад повинен обслуговувати

магазин, з іншого - забезпечувати власний сервісний цех запасними частинами (рис. 1.6). Співвідношення можуть бути різні, наприклад, компанія Volkswagen наводить значення розподілу обороту запасних частин своїх дилерів: 62% - власні сервісні цехи, 38% - клієнти магазинів. В даному випадку фактори розглядаються саме на прикладі автомобільних дилерів, тому що вони мають всі складові попиту на запасні частини: мають як магазин запасних частин, так і власний парк, гарантійних автомобілів, що обслуговуються.



Рисунок 1.6 – «Двоїстість попиту»

Труднощі управління номенклатурою складу обумовлена вкрай широким асортиментом запасних частин - у середньому близько 5000 найменувань позицій, що продаються, при чому всі вони мають свої закономірності попиту, які важко врахувати на практиці (рис. 1.7).

Попит деякі запасні частини має сезонність, що так само необхідно враховувати. Як видно з рисунку 1.8, коефіцієнт кореляції між 2006 та 2007 роками дорівнює 0,95, що говорить про сильний сезонний вплив на попит. Сезонна складова накладається на загальний тренд збільшення обсягів продажу запасних частин (за прогнозом консалтингової компанії Pricewaterhouse Coopers (PwC) очікується загальне підвищення попиту на автомобілі через зношеність автопарку нашої країни, низьку автомобілізацію населення; за останні п'ять років кількість автомобільних дилерів збільшилася майже в 2 рази).

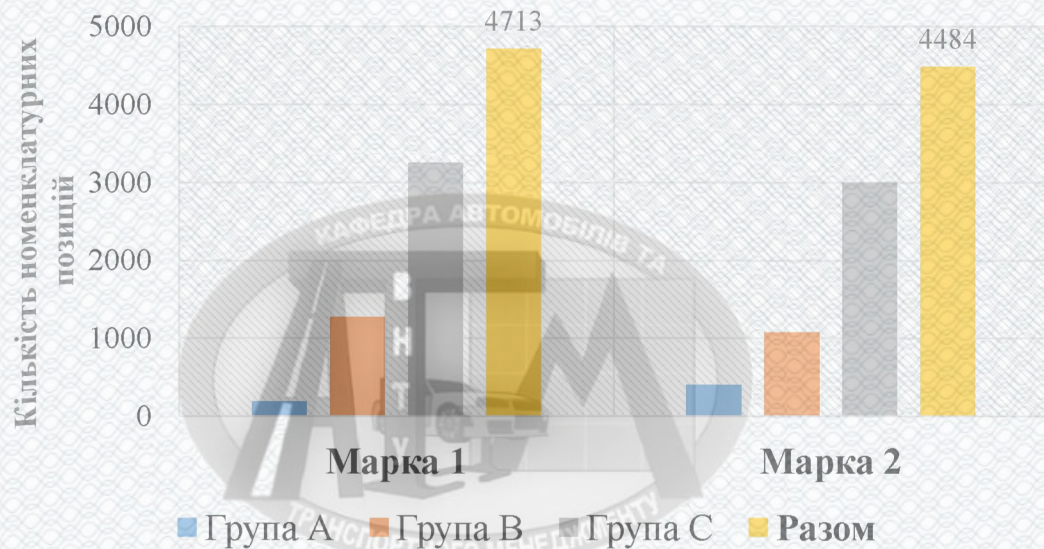


Рисунок 1.7 – Різноманітність асортименту запасних частин

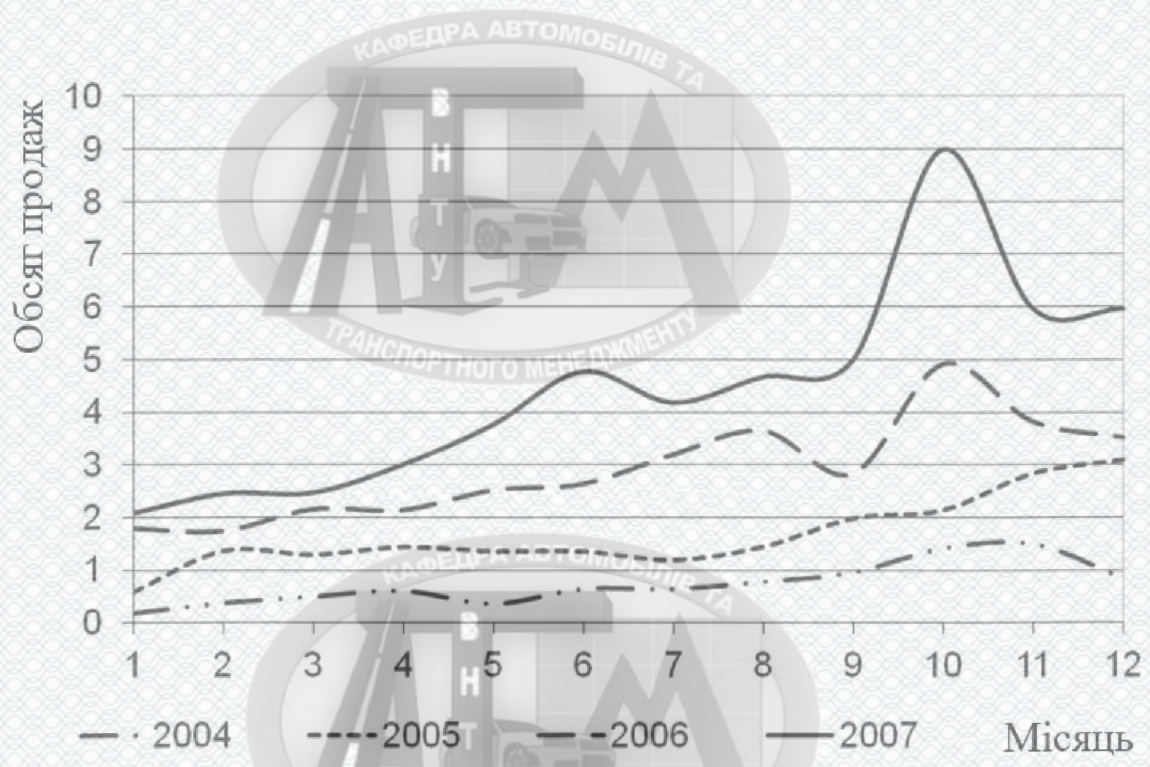


Рисунок 1.8 – Сезонність попиту на запасні частини

Існує і так звана вікова особливість складу автомобільних запасних частин (рис.1.9). Тому що всі склади умовно можна розділити на дві групи: нові і вже сформовані, кожна з яких має свої позитивні і негативні сторони. Так, у складу підприємства, яке вже давно працює на ринку, існує велика інформаційна база, у тому числі й за статистикою продажів, відносно стабільний попит, високі

показники рівня обслуговування та обсяги реалізації. У той же час, у підприємства, що нещодавно утворилося, низькі рівні запасів і неліквідів, іноді є пільги.

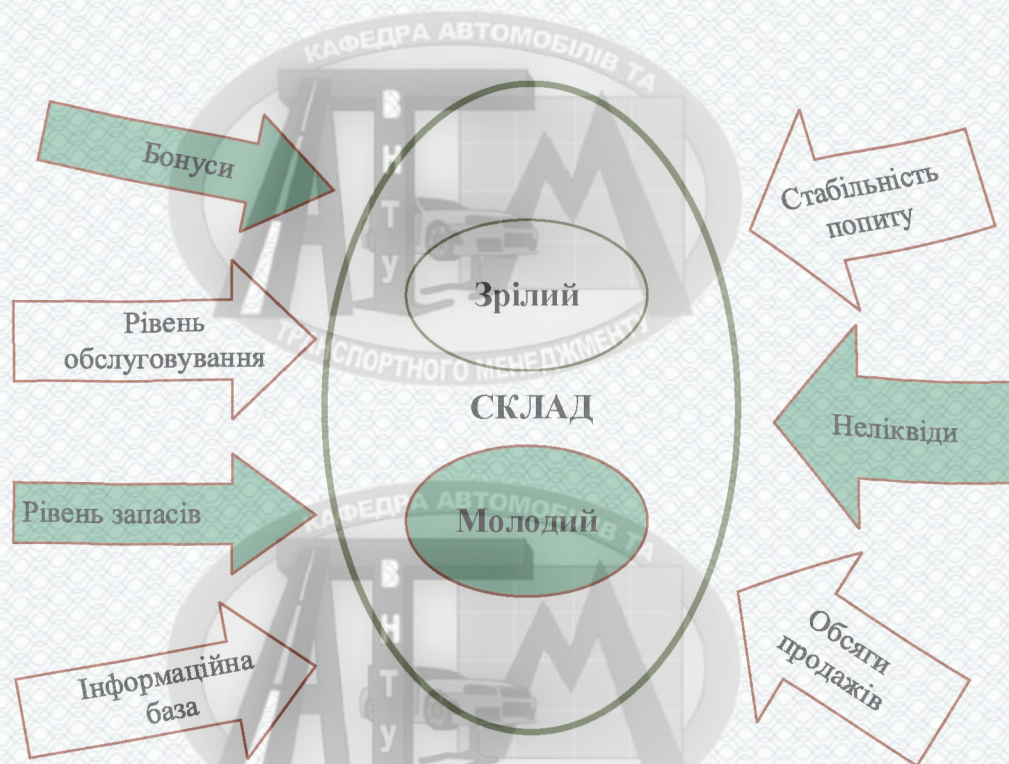


Рисунок 1.9 – Вікові особливості складу автомобільних запасних частин

Ускладнює керування складом автомобільних запасних частин і такий фактор, як життєвий цикл запасних частин та матеріалів. Складність полягає у прогнозуванні: 1) швидкості збільшення попиту на нові запасні частини для щойно запущених у виробництво моделей автомобілів; 2) моменту початку падіння попиту та його інтенсивність на запасні частини до моделей автомобілів, що вибувають з експлуатації.

Всі перераховані вище фактори посилюються сильною конкуренцією на даному ринку. Крім офіційних представників заводів-виробників існують підприємства, які торгують не тільки аналогічними товарами, а й дешевшими неоригінальними запасними частинами, контрафактною продукцією та відвертими підробками. У великих містах кожному офіційному дилеру популярних марок автомобілів конкуренцію у продажу запасних частин становлять щонайменше десяток фірм; також зростає і частка ринку фірм, котрі

займаються продажем запасних частин у вигляді Internet- магазинів. Існує тенденція, коли після періоду гарантійного обслуговування клієнти уникають офіційного дилера через дорожнечу обслуговування, але через 3-5 років повертаються знову, у зв'язку з низькими якістю обслуговування і складністю знаходити необхідні запасні частини. Крім цього спробам пов'язати склад запасних частин і парк автомобілів, що обслуговуються, заважає їх неоднорідність, тому що частина деталей конкретної моделі можуть бути взаємозамінні з однією моделлю, а частина з іншими.

До всього перерахованого вище залишається додати, що крім цих особливостей функціонування складу автомобільного дилера іноді існують інші, наприклад, нав'язування автомобільним компаніям викуповувати під реалізацію деякі запасні частини з різних причин. А також фактор різного ступеня впливу на працездатність автотранспортного засобу тих чи інших запасних частин та матеріалів (критичність запасних частин).

На рисунку 1.10 ілюструється прогноз попиту на запасні частини з урахуванням перелічених вище факторів: коливання попиту для власного парку автомобільного транспорту значно більш передбачувані та мають сезонний характер, а для магазину великий внесок дають стохастичні коливання попиту (рис. 1.10, а, б, в). Несподівані стрибки та падіння продажів необхідно аналізувати (рис. 1.10, г, д): дуже корисно в даній ситуації вести статистику дефіциту кожної запасної частини на складі. Просто порахувати прогноз із цією «ямою» не можна, тому що це не закономірність попиту, а наслідок впливу на цю закономірність. Аналогічно не можна брати до уваги при складанні прогнозу та стрибки продажів, якщо вони викликані типами реалізації: 1) прямі продажі (минаючи запаси); 2) спеціальні замовлення; 3) несподівана реалізація великих партій тощо.

Результатом вище згаданих факторів є невисока, на сьогоднішній день, ефективність роботи підприємств, що обслуговують та експлуатують АТЗ.

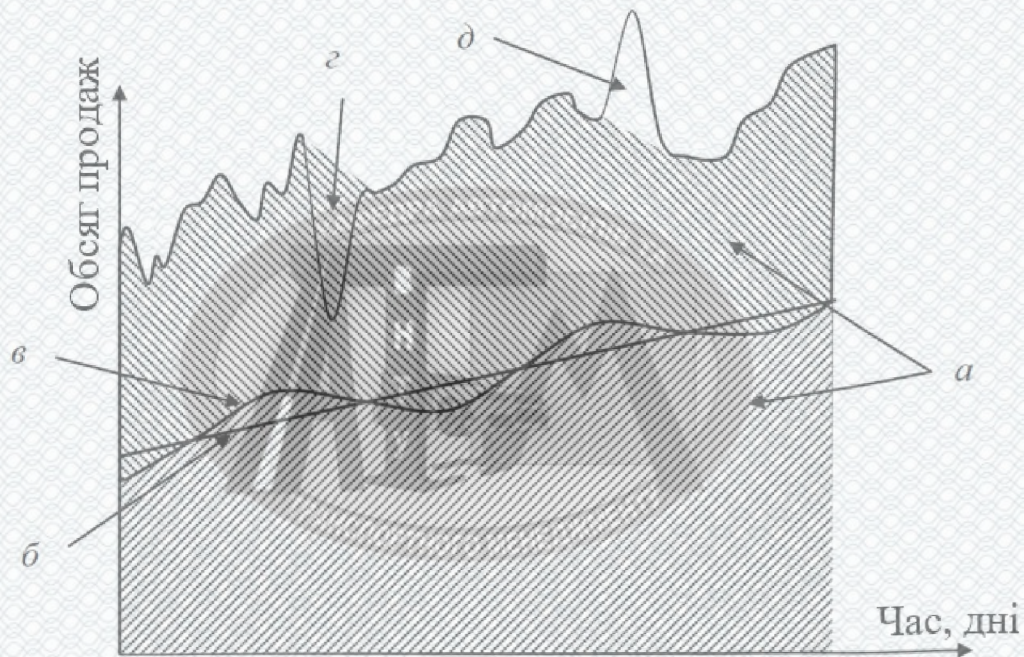


Рисунок 1.10 - Прогнозування продажів запасних частин підприємств, що обслуговують та експлуатують АТЗ: *а* - дуалізм складу; *б* - загальний тренд зростання продажів; *в* - сезонні коливання; *г* - дефіцит; *д* - випадкові стрибки продажів

Як приклад, наведемо дані приватного підприємства «Агропроменерго», що займається продажем запасних частин марок «КамАЗ» та «ГАЗ». На рисунку 1.11 представлено оборотність запасів на складі даного підприємства.

Групи А та В за ABC-аналізом розбиті на шість підгруп: 1) оборотність становить менше 30 днів; 2) оборотність становить від 30 до 45 днів; 3) оборотність становить від 45 до 60 днів; 4) оборотність становить від 60 до 90 днів; 5) оборотність становить від 90 до 180 днів; 6) оборотність становить понад 180 днів.

Виходячи з даних поданих на рисунку 1.11, можна дійти невтішного висновку, що не менше третини запасних частин з регулярним попитом мають оборотність більше 6 місяців і лише 20% мають високі показники оборотності, а значить і показники управління ними.

Графіки руху на складі деяких деталей цих підгруп наведено на рис. 1.12. З них видно, що перша група складається з деталей, відсутніх на складі більшу

частину часу, що й спричинило такі «позитивні» розрахункові значення оборотності, насправді це дефіцитні деталі. Інші підгрупи знаходяться відповідно до свого положення на гістограмі та якості управління ними.

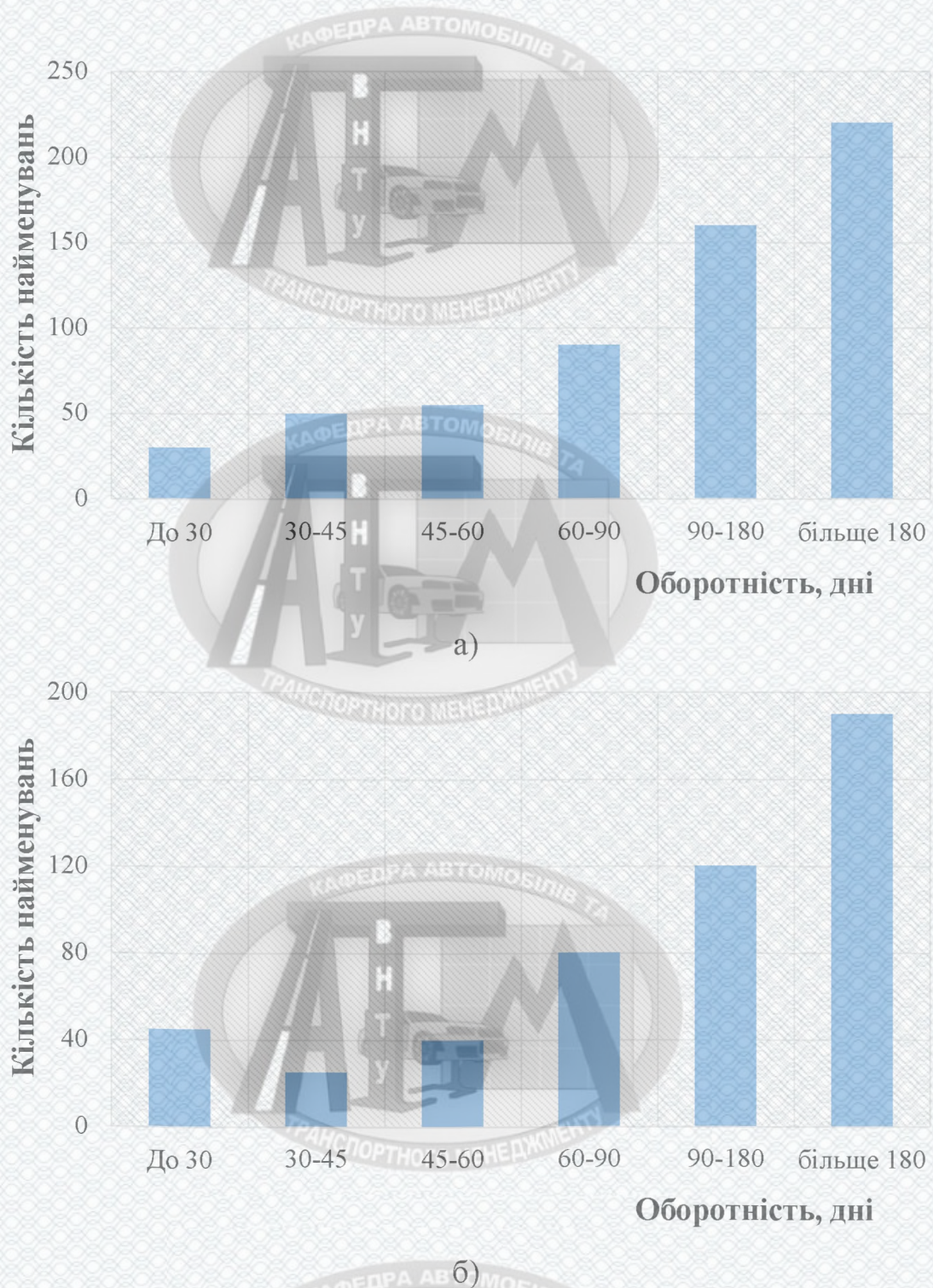


Рисунок 1.11 - Гістограми розподілу оборотності запасів за групами:
а - група А; б - група В

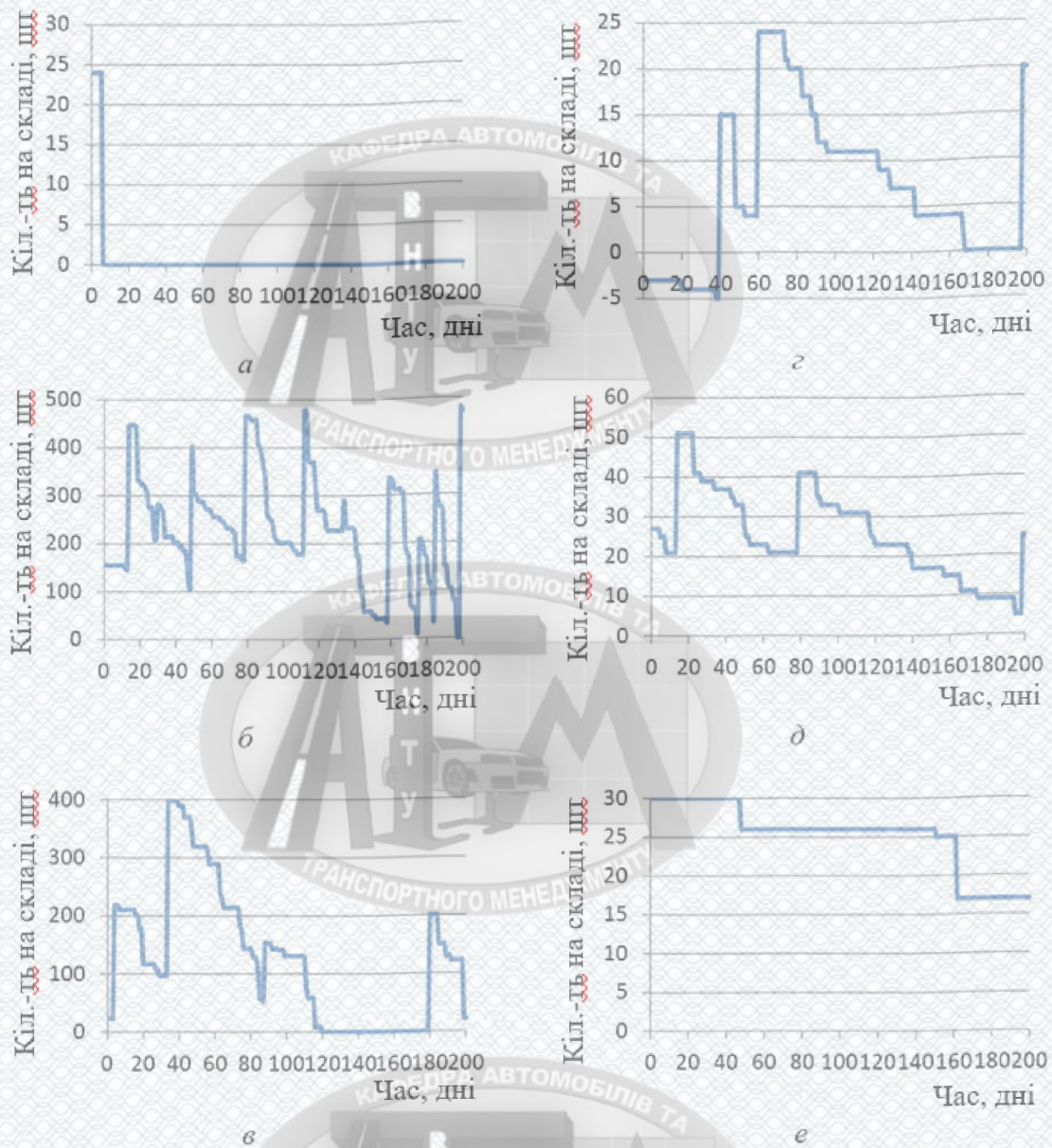


Рисунок 1.12 - Графіки руху деталей на складі за підгрупами: а - перша підгрупа; б - друга підгрупа; в - третя підгрупа; г - четверта підгрупа; д - п'ята підгрупа; е - шоста підгрупа

Незважаючи на численні роботи в галузі управління запасами, на сьогоднішній день на практиці основні завдання в більшості випадків залишаються не вирішеними. Одним із найскладніших питань є управління складами автомобільних запасних частин через особливості, властиві підприємствам, які обслуговують та експлуатують АТЗ, особливо у віддалених регіонах від адміністративних центрів.

Про те, що розробки в галузі управління запасами, за великим рахунком, не взяті на озброєння підприємствами, що обслуговують та експлуатують АТЗ, говорить наступний факт: заводи-виробники та імпортери АТЗ, часто обходяться лише рекомендаціями та вимогами до номенклатури, що зберігається на складі в обов'язковому порядку. Навіть один із найперевішних автовиробників - компанія BMW, використовує дуже примітивну методику управління складом запасних частин на підприємствах своїх дилерів.

Усі перелічені чинники вказують на необхідність розробки методики управління складом автомобільних запасних частин, здатної врахувати дані особливості роботи складів підприємств, що обслуговують та експлуатують АТЗ.

1.2 Огляд логістичних систем та програм для ЕОМ що використовуються для організації забезпечення запасними частинами складу автотранспортного підприємства

Прикладними програмними засобами, що використовуються для організації забезпечення запасними частинами складу автотранспортного підприємства вважатимемо логістичні системи типу: «СППР», ABM Stock-M, «Логістик Експерт», SIMPLE-system, FORECAST NOW, Lokad, «Клас365», Inventor, «1С:Підприємство», UWC та ін. Усі вони погано адаптуються до використання на підприємствах транспортного комплексу, оскільки не враховують унікальних особливостей цієї галузі. Дані методи, в основному, засновані на аналізі продажів (ABC-аналіз та XYZ -аналіз) та прогнозують за статистичними даними на основі середніх показників та побудові трендів різних видів; деякі використовують коефіцієнти сезонних коливань. Але такі види прогнозів на практиці мають дуже низьку достовірність при описі закономірностей попиту на автомобільні запасні частини. Підтвердженням цього є низький рівень довіри до них керівників підприємств та їх невисока поширеність у цій галузі.

Основним недоліком запропонованих методик та програм є їх підхід до прогнозування попиту, оскільки він не враховує природи виникнення потреби у запасних частинах на підприємствах транспортного комплексу.

Усі перелічені програмні продукти дозволяють вирішувати класичне завдання економічного розміру замовлення та формування оптимального асортименту; видають рекомендації щодо необхідності поповнити запас продукції кожного з найменувань постачальникам на основі аналізу продажів, ABC- та XYZ- аналізів; роблять прогноз за статистичними даними на основі середніх показників та побудові різних видів трендів, помножених на коефіцієнти сезонних коливань. Нижче наведено основні можливості існуючих на сьогоднішній день логістичних систем управління запасами.

«Forecast NOW! Мультиешелонне планування» - програма призначена для планування потреби в товарах для всього ланцюга постачання одночасно з урахуванням структури підпорядкованості складів, транспортних обмежень, обмежень на розмір тари, доступних для замовлення-відвантаження днів, фінансових обмежень та інших. Область застосування програми - управління товарними запасами в компаніях, що мають складну структуру підпорядкованості складів і різний розклад замовлень на різні товарні групи, а також значні витрати на логістику. Як правило, підприємства, які обслуговують та експлуатують автомобільний транспорт, не мають складної структури підпорядкованості складів з різним розкладом замовлень на різні товарні групи. З цієї ж причини виник різновид даного продукту - «Forecast NOW! Версія Автозапчастини»: ця програма призначена для управління товарними запасами дилерських автомобільних центрів та компаній, що займаються реалізацією автомобільних запчастин. Програма призначена для визначення оптимального рівня запасів та автоматизації процесу кількісного розрахунку замовлень автомобільних запчастин. Основними заявленими функціональними можливостями програми є прогнозування попиту, визначення оптимального обсягу запасу, облік продажів товарів-аналогів, автоматичне формування розкладу поставок. В основі програми лежать методи математичного

моделювання, що дозволяють точно розрахувати оптимальний запас для деталей рідкісного попиту, характерного для продажу автомобільних запчастин. У той самий час прогнозування попиту на запаси регулярного споживання у цій програмі засновані на середніх значеннях показників попиту.

"Система оцінки ефективності управління запасами" - програма, призначена для комплексної оцінки ефективності вибору алгоритмів управління запасами, постачальників, перевізників та кредитних організацій в умовах невизначеності. Заявлено, що програма дозволяє комплексно оцінювати алгоритми управління запасами та різні варіанти вибору контрагентів (постачальники, перевізники, фінансові кредитні організації), а використання програми дозволяє збільшити прибуток торгових та виробничих підприємств без додаткових капіталовкладень. Цей продукт функціонально обмежений лише аналізом ефективності алгоритмів управління.

Найбільш опрацьованою на даний момент, є система підтримки прийняття рішень на основі нечіткої логіки «Експерт 3. Побудова моделі предметної галузі та моделі прогнозування» - програма призначена для управління товарними запасами, моніторингу продажу, обліку оперативної інформації та автоматизації інформаційних процесів у торгових підприємствах. Програма дозволяє здійснювати моделювання та отримувати прогнози розвитку моделей за групою об'єктів (товарні одиниці, категорії товарів, періодичність продажів, сезонність, групи методів аналізу продажів) за допомогою методів, заснованих на нечіткій логіці. Програма дає змогу ефективно здійснювати управління товарними запасами; уникати затоварювання; виключати можливість виникнення дефектів; визначати статистичні показники для виявлення та оцінки існуючих та потенційних загроз несприятливих ситуацій; надає пропозиції щодо вироблення управлінських рішень, спрямованих на підвищення ефективності заходів щодо їх усунення. Програма включає таблиці, форми, запити та модулі, за допомогою яких можливо: формувати статистичну звітність; здійснювати необхідні вибірки для роботи експертної системи; будувати графіки, діаграми та документи на основі інформації, що динамічно змінюється; визначати статистичні показники

для виявлення та оцінки коректності вихідних даних; генерувати пропозиції щодо вироблення управлінських рішень.

"Управління товарно-матеріальними запасами" - програма дозволяє працювати з багатономенклатурними запасами підприємств в он-лайн режимі. Працюючи з програмою, користувач вносить дані про спад або поповнення продукції того чи іншого найменування. Програма здійснює ABC-аналіз на основі наявної інформації та видає рекомендації щодо необхідності поповнити запас продукції кожного з найменувань. Для кожної з груп рекомендації розраховуються на основі різних моделей управління запасами (група А - імовірнісна модель з фіксованим розміром замовлення, група В - імовірнісна модель з фіксованою періодичністю замовлення, група С - модель "мінімум-максимум"). В даному випадку, у методиці, заснованій на ABC-аналізі, необґрунтовані причини вибору тих чи інших моделей для різних груп. Тому застосування її на підприємствах, які обслуговують та експлуатують автомобільний транспорт, буде малоефективним.

«Автоматизоване управління товарними запасами» - програма призначена для формування та підтримки оптимальних товарних запасів на розподільчому центрі та у структурних підрозділах, які забезпечують економічно ефективну діяльність компанії. Програма може використовуватися в мережевих торгових організаціях та дозволяє вивільнити значні кошти оборотного капіталу. Програма забезпечує виконання таких функцій: формування оптимального асортименту; розрахунок рекомендованих термінів та обсягів замовлення товарів постачальникам на основі аналізу продажів, строків постачання, залишків товарів з урахуванням фактору сезонності; розрахунок обсягу та асортименту товарів для відправки до структурних підрозділів; розрахунок та ув'язування термінів поставки товарів до структурних підрозділів за принципом «Canban».

"Управління запасами підприємства" - програма призначена для автоматизації керування запасами підприємства. Програма дозволяє вирішувати класичне завдання економічного розміру замовлення, завдання економічного

розміру замовлення з розривами цін, отримувати результат моделі планування дефіциту, а також вирішувати багатопродуктову модель з обмеженою місткістю складу.

"Система підтримки прийняття рішень щодо планування виробництва та управління запасами" - програма призначена для розрахунку оптимальної виробничої програми підприємства з урахуванням стратегій управління запасами на основі авторських моделей. У систему впроваджено 3 моделі: для розрахунків за умов повної визначеності, ймовірнісної невизначеності та повної невизначеності. Крім того є можливість проведення імітаційного моделювання виробничої програми. Результати розрахунків надаються користувачеві у вигляді таблиці та діаграми. Також існують можливості введення вихідних даних, збереження та відкриття збережених моделей.

«Автоматизована інформаційна система «Наш склад» - програма призначена для торгових організацій, дозволяє контролювати потік товару між складами та торговельними зонами, забезпечує процес поповнення торгових запасів та з'ясовує причину нестачі товару. Основні функції: підтримка адресного зберігання (комірчастий склад), оптимізація розміщення, відвантаження та переміщення товару залежно від характеристик місць зберігання та властивостей товарів та віддаленого керування залишками.

«Програма управління товарним запасом UWC (Universal warehouse calculator)» - програма являє собою набір інструментів управління запасами та закупівлями на основі ABC аналізу, параметрів постачальника (відстрочка платежу та строки постачання), що дозволяє поєднувати оптимальний товарний запас з високою ефективністю обслуговування та виключає можливість зайвого товарного запасу

Отже, було виявлено ряд програм для ЕОМ, орієнтованих на вирішення завдань управління складами. Деякі з них більш-менш підходять для використання на підприємствах, які обслуговують та експлуатують автотранспортні засоби. Але в основному вони дозволяють лише вирішувати класичне завдання економічного розміру замовлення.

Висновки до розділу 1 та постановка завдань дослідження

На основі наведеного огляду літературних джерел можна зробити такі висновки:

1. Як показує практика, на підприємствах, що обслуговують та експлуатують АТЗ, найчастіше відсутні науково обгрунтовані ефективні методики управління складом, що враховують особливості виникнення потреби саме в автомобільних запасних частинах. А також відсутні інструменти регулювання між параметрами системи керування складом, керуючими впливами на неї та показниками ефективності його роботи.

2. Основним недоліком існуючих на сьогоднішній день методик і програм для ЕОМ для управління запасами є їх застарілий підхід до прогнозування попиту, який не враховує особливостей роботи підприємств транспортного комплексу. Виявлені програмні продукти, в основному, дозволяють вирішувати класичне завдання економічного розміру замовлення та формування оптимального асортименту; видають рекомендації щодо необхідності поповнити запас продукції кожного з найменувань постачальникам на основі аналізу продажів, ABC- та XYZ- аналізів, як прогноз використовуючи середні значення показників та побудову різних видів трендів та врахування сезонних коливань.

3. Аналіз діяльності приватного підприємства «Агропроменерго» показав низьку ефективність управління складом автомобільних запасних частин: у середньому, дефіцит на складі складає близько 20 % найменувань деталей, складський запас перевищує необхідний на 60-80%.

Таким чином, сформулюємо мету дослідження: покращення процесу функціонування складу запасних частин приватного підприємства «Агропроменерго» шляхом мінімізації витрат, пов'язаних із зберіганням запасних частин на складі та зниження їхнього дефіциту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні основні завдання дослідження:

- виявити закономірності та особливості формування потреби у запасних частинах;
- виявити закономірності між показниками ефективності управління складом автомобільних запасних частин: середнім розміром запасу та дефіцитом (рівнем задоволення потреби);
- на основі виявлених закономірностей сформулювати математичну модель технологічних процесів управління структурою та обсягом складу запасних частин;
- дати техніко-економічну оцінку результатів дослідження.



РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ І УПРАВЛІННЯ СКЛАДОМ АВТОМОБІЛЬНИХ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН

2.1 Закономірності та особливості формування потреби в запасних частинах на підприємствах, що експлуатують та обслуговують АТЗ

У процесі управління складом автомобільних запасних частин основною проблемою є оцінка потреби в них за певний період часу. Справедливість необґрунтованості подібних підходів демонструє рис. 2.1.

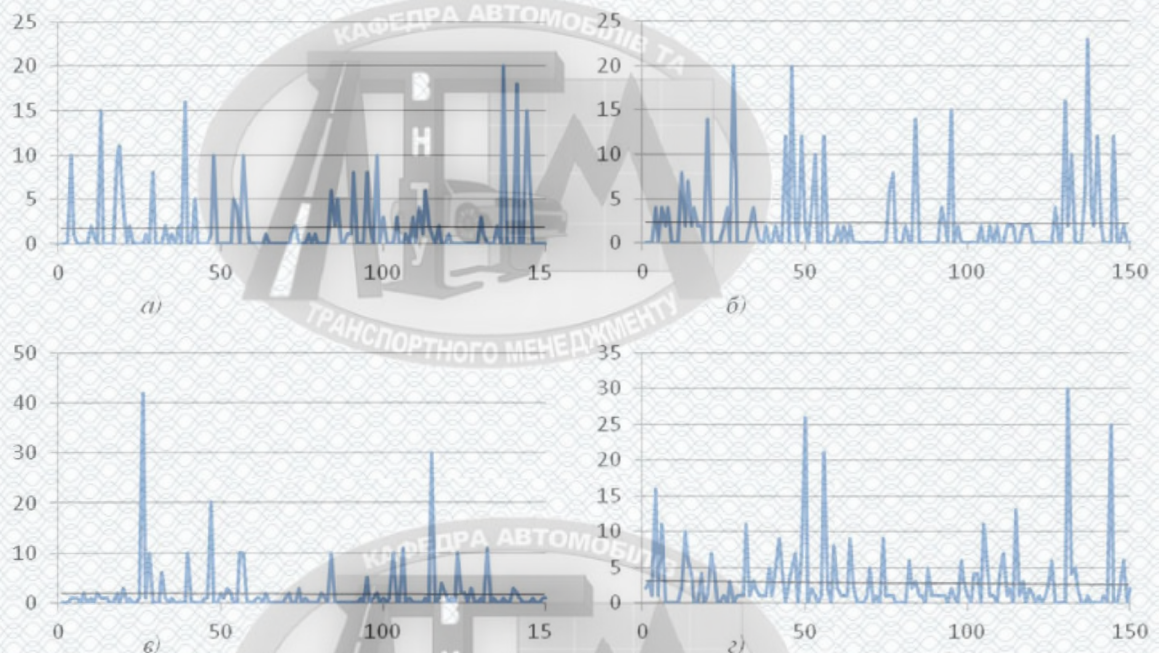


Рисунок 2.1 - Динаміка продажів запасних частин: а) шланг гальмівний задній; б) півкільце колінчастого валу; в) прокладка піддону; г) повітряний фільтр

Як правило, попит на запасні частини на підприємствах, що обслуговують або експлуатують автомобільний транспорт, неможливо описати досить точно за допомогою відомих законів розподілу випадкових величин. Причиною тому є неоднорідність цього попиту, тобто не залежно від типу підприємства, попит може являти собою суміш імовірнісних розподілів. На рисунку 2.1 представлено

типовий розподіл попиту на запасні частини на прикладі приватного підприємства «Агропроменерго», що експлуатує та обслуговує автомобілі сімейства КАМАЗ: поряд з придбанням однієї, двох або комплекту деталей найчастіше присутні значення 5 шт., 10 шт., і т.д. Очевидним є наявність різних категорій споживачів.

Таким чином, перейдемо до оцінки попиту на автомобільні запасні частини на основі моделі суміші імовірнісних розподілів. Можна припустити, що розчленування сумішей імовірнісних розподілів дозволить отримати рівняння функції щільності $f(x)$, що описує закон розподілу попиту, яка аналізується у всій (об'єднаній) генеральній сукупності. Це дозволить отримувати на основі імітаційного моделювання оптимальні значення параметрів управління складом запасних частин. Так само, в перспективі, на основі отриманих результатів, можливе отримання більш точних надійних характеристик автомобілів, оскільки на підставі інтегрального попиту на запасні частини в регіоні та розміру відповідного їм парку автомобілів, виходять досить спотворені результати через затримки в ланцюгах поставок.

У загальному вигляді рівняння функції густини можна представити як:

$$f(x) = p_1 \cdot f_1(x) + p_2 \cdot f_2(x) + \dots + p_n \cdot f_n(x), \quad (2.1)$$

де $p_1, p_2, \dots, p_n$ - апіорні ймовірності появи спостережень саме з даного компонента суміші;

$f_1, f_2, \dots, f_n$ - функції щільності розподілу компонентів суміші;

n - число компонентів суміші.

У кожному конкретному випадку значення n може змінюватися, але очевидно, що n це кінцеве число і навіть малоімовірно, що воно може приймати хоча б двозначні значення. Виходячи зі спостережень, найчастіше $n = 4$ (як на рисунку 2.2), умовно назвемо перші чотири компоненти: роздрібом, дрібним оптом, середнім і великим оптом. Тоді p_1, p_2, p_3, p_4 є ймовірністю появи

відповідно роздрібного покупця, дрібного, середнього та великого оптовика. У свою чергу, ці ймовірності можуть також описуватися ймовірнісними законами розподілу.

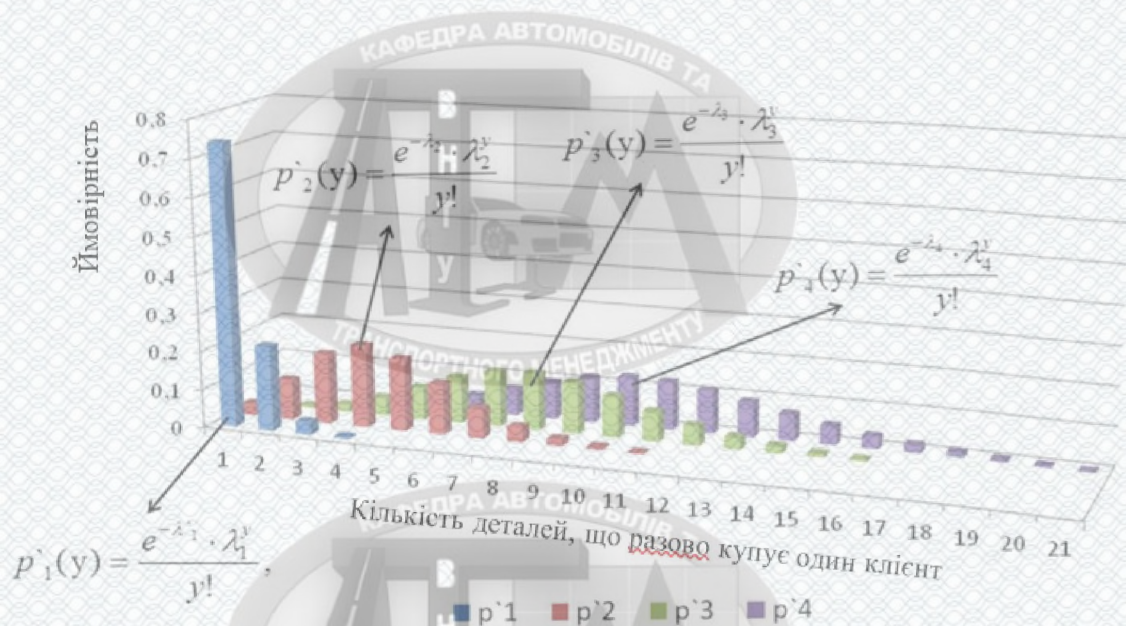


Рисунок 2.2 - Розподіл попиту на автомобільні запасні частини

Область застосування запропонованого методу обмежується ідентифікацією сумішей розподілу. Відповідно різноманітними є кінцеві суміші з розподілів: 1) нормальних (у тому числі багатовимірних); 2) експонентних; 3) пуассонівських; 4) Коші. Таким чином, у нашому випадку розподіл попиту на запасні частини має описуватися пуассонівським законом, як єдиним відповідним дискретним ймовірнісним розподілом. Нижче наведемо обмеження, пов'язані з умовами виникнення пуассонівського потоку випадкових подій.

Перше обмеження це те, що заявки повинні надходити поодиночі, а не групами по два, три. У реальному житті так практично завжди відбувається. Слід зазначити, що існує низка деталей, які купують або замінюють, як правило, одразу по кілька штук, тобто комплектом. У цьому випадку потрібно враховувати не запасні частини поодиночі, а комплекти цих запасних частин.

Наступні обмеження пов'язані з тим, що надходження заявок протягом дня (за деякий інтервал часу) не повинно залежити від того, скільки було заявок в

інші дні. Ця вимога на практиці зазвичай також дотримується. Покупці до магазину приходять випадково, відмови автомобілів також виникають через випадкові проміжки часу.

Третє обмеження - середня кількість заявок (попит) на запасні частини за одиницю часу має бути постійно (в моделі показник λ). Сезонність попиту на запасні частини, різна інтенсивність експлуатації автомобілів у різні пори року та інші чинники призводять до того, що споживання запасних частин не є стабільним, тобто попит $\lambda \neq const$. У цьому випадку при використанні моделі потрібно для кожного сезону підставляти конкретне значення λ , що відповідає сезону і умовно вважається незмінним.

Припустимо, що ймовірність появи покупців запасних частин за певний період часу описується пуасонівським законом розподілу з параметром λ , а кількість деталей, які вони разово набувають, - пуасонівським законом розподілу з параметром λ' .

Згідно з припущенням про підпорядкування ймовірностей появи покупців закону Пуассона, ймовірності появи певної кількості покупців кожної групи визначаються за формулами:

$$p_1(x) = \frac{e^{-\lambda_1} \cdot \lambda_1^x}{x!}, \quad p_2(x) = \frac{e^{-\lambda_2} \cdot \lambda_2^x}{x!}, \dots, p_k(x) = \frac{e^{-\lambda_k} \cdot \lambda_k^x}{x!}, \quad (2.2)$$

де $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$ - параметри функцій розподілу ймовірностей появи покупців першої, другої, ..., k -ї групи відповідно;

x - кількість покупців.

Ймовірність того, що за певний період (один день) не з'явиться жоден покупець першої групи:

$$p_1(0) = e^{-\lambda_1}. \quad (2.3)$$

Отже, ймовірність відсутності покупців за певний період можна визначити

як:

$$p_1(0) = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_k)}. \quad (2.4)$$

Відповідно до припущення про підпорядкування ймовірностей купівлі певної кількості деталей одним покупцем закону Пуассона, ймовірності купівлі певної кількості деталей покупцем кожної групи визначаються за формулами:

$$p'_1(y) = \frac{e^{-\lambda_1} \cdot \lambda_1^y}{y!}, \quad p_2(y) = \frac{e^{-\lambda_2} \cdot \lambda_2^y}{y!}, \dots, p_k(y) = \frac{e^{-\lambda_k} \cdot \lambda_k^y}{y!}, \quad (2.5)$$

де $\lambda'_1, \lambda'_2, \dots, \lambda'_k$ - параметри функцій розподілу ймовірностей появи покупців першої, другої та к-ї групи відповідно;

$p'_1(y), p'_2(y), \dots, p'_k(y)$ - ймовірності покупки y деталей покупцями першої, другої, ..., к - ої групи відповідно за одну покупку;

y - кількість куплених деталей одним покупцем (натуральне число).

Причому для кожної групи покупців виконується нерівність:

$$y_{cp}^1 \triangleright y_{cp}^2 \triangleright \dots \triangleright y_{cp}^{k-1} \triangleright y_{cp}^k, \quad (2.6)$$

де $y_{cp}^1, y_{cp}^2, \dots, y_{cp}^{k-1}, y_{cp}^k$ - математичне очікування кількості деталей, яке може придбати один покупець запасних частин першої, другої та к-ї групи відповідно.

Виходячи з наведених вище формул, визначимо ймовірність покупки за певний період однієї деталі. Відповідно до умови, одна деталь може бути продана за певний інтервал часу тільки роздрібному покупцю, за умови, що інших покупців за цей період не буде, отже

$$p(1) = e^{-\lambda_1} \cdot \lambda_1 \cdot e^{-\lambda'_1} \cdot e^{-(\lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_n)}, \quad (2.7)$$

або

$$p(1) = p(0) \cdot \lambda_1 \cdot e^{-\lambda_1}, \quad (2.7)$$

тобто ймовірність купівлі за певний період однієї деталі дорівнює загальній ймовірності появи одного роздрібного покупця та ймовірності, що він візьме одну деталь та ймовірності відсутності покупців другої групи, третьої групи тощо.

Припустимо, за певний інтервал часу (один день) було придбано x однакових деталей кількома покупцями. Позначивши кількість груп (класів) покупців як k , а кількість клієнтів кожної групи як n , можна представити x як:

$$x = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n S_{ij}, \quad (2.8)$$

де S_{ij} - кількість деталей придбаних одним i -им покупцем j -ої групи.

Таким чином, завдання щодо знаходження функції щільності суміші ймовірнісних розподілів попиту, зводиться до знаходження для кожного x всіх можливих варіантів наборів значень S_{ij} , що задовольняють умову (2.8).

Наприклад, для наведених вище умов при $x=1$ можливий тільки один варіант $S_{ij}=1$. При $x=2$ два: 1) $S_{11}=2$; 2) $S_{11}=1$, $S_{21}=1$. Для $x=3$ і $x=4$ існує відповідно 4 і 7 варіантів, поданих нижче у вигляді матриць, номер стовпців якої відповідає класу покупців (k), а номери рядків - номеру покупця (n) цієї групи, що прийшли за певний період часу за певною запасною частиною:

$$x=3: \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}, \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}.$$

Тоді функцію щільності суміші ймовірнісних розподілів можна подати у вигляді:

$$f(x) = \sum_{q=1}^m \left[\prod_{j=1}^k \prod_{i=1}^n p(n_{ij}) \cdot p(n_{ij}) \cdot p(S_{ij}) \right]_q, \quad (2.9)$$

де m - кількість всіх можливих варіантів наборів значень S_{ij} , що задовольняють умові (2.8);

p_{ij} - ймовірність появи i -ї кількості покупців j -ї групи за певний період;

$p(S_{ij})$ - ймовірність покупки S деталей i -м покупцем j -ої групи за один раз.

Враховуючи, що ймовірність появи певної кількості покупців та придбання ними певної кількості деталей підпорядковується закону Пуассона, можна вираз (2.9) представити у вигляді:

$$f(x) = \sum_{q=1}^m \left(\prod_{j=1}^k \prod_{i=1}^n \frac{e^{-\lambda_j} \cdot \lambda_j^{z_j}}{z_j!} \cdot f(S_{ij}) \right)_q, \quad (2.10)$$

де z_j - кількість покупців j -ї групи;

λ_j - параметр пуассонівського розподілу ймовірності появи певної кількості покупців j ої групи за певний період.

Якщо кількість класів k заздалегідь невідома, то її можна визначити за допомогою критерію хі-квадрат Пірсона. Припустимо, що для низки послідовних значень $k=1,2$ і т. д. вже обчислені такі значення параметрів $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$ та $\lambda'_1, \lambda'_2, \dots, \lambda'_k$ при яких відповідні функції правдоподібності досягають максимуму або значення критерію хі-квадрат досягає мінімуму, тобто при яких теоретичний розподіл найбільше підходить фактичному (емпіричному) розподілу. Очевидно, що зі збільшенням числа класів k теоретичний розподіл буде наближатися до фактичного, а значення критерію хі-квадрат зменшуватися. У той же час, кількість ступенів свободи зі зростанням k також зменшуватиметься - на 2 одиниці при збільшенні k на одиницю, тому що

кожному класу (компонент суміші розподілу) відповідає 2 параметри (λ_k, λ'_k) .

Таким чином, за умови справедливості гіпотези H_k : «Справжнє число компонентів суміші (класів споживачів) дорівнює k », для заданого значення α повинна дотримуватися нерівність:

$$\chi^2(k) - \chi^2(k+1) < \chi^2_{p-2k-1, 1-\alpha} - \chi^2_{p-2k-3, 1-\alpha}, \quad (2.11)$$

де k – кількість компонентів суміші (класів);

p - число інтервалів.

2.2 Основні концепції та моделі теорії управління запасами

Управління складом автомобільних запасних частин пов'язане із двома видами ризиків. Ризик першого виду полягає в омертвінні вкладених фінансових коштів, а також посиленні кредитного навантаження на підприємство, якщо ці кошти є позиковими. Ризик другого виду полягає в тому, що запасні частини морально застаріють або перейдуть у неліквідний стан. З урахуванням того, що вкладення в оборотний фонд запасних частин на підприємствах, що обслуговують та експлуатують АТЗ, найчастіше, є для них одними з найбільш значущих, то ці фактори є вкрай важливою частиною загального обсягу ризиків на підприємстві.

Система управління запасами - це комплекс заходів, спрямованих на створення та поповнення запасів, організації його регулярного контролю та планування своєчасних поставок.

Функція складу автомобільних запасних частин полягає у захисті від невизначеності потреби у них. І тому створюються страхові запаси, які відіграють роль «буфера», які знижують негативний вплив нестабільності попиту чи потреби у запасних частинах.

Існує два типи невизначеності, з якими покликані боротися страхові

запаси. Перший тип невизначеності пов'язані з коливаннями величини потреби у запасі за певний період, а другий - з коливаннями термінів поставок замовлених складом деталей.

Для боротьби з невизначеністю першого типу було розроблено спеціальну концепцію «Реагування на попит», суть якої полягає у скороченні часу реагування на коливання попиту за рахунок швидкого поповнення запасів там, де очікується збільшення попиту.

Найбільш розроблені та популярні варіанти концепції «Реагування на попит»:

1. Концепція розрахунку моменту замовлення заснована на одній із найстаріших методик контролю та управління запасами, в даній концепції використовуються статистичні дані витрати запасу, і вона може бути використана при управлінні складом автомобільних запасних частин.

2. Метод швидкого реагування полягає у постійній взаємодії між підприємством та його постачальниками, що дозволяє підвищити ефективність просування запасів у ланцюгах постачання. Даний метод дуже обмежений у використанні на підприємствах, що обслуговують та експлуатують АТЗ, через численні особливості взаємодії між цими підприємствами та заводами-виробниками, або імпортерами.

3. Те ж саме можна сказати по логістичній концепції безперервного поповнення автомобільних запасних частинах, що не дозволяє застосовувати її на практиці.

4. Подальшим розвитком двох останніх з наведених вище стратегій стала логістична концепція автоматичного поповнення запасів, яка є їх поліпшеним варіантом і поєднує в собі переваги обох. Головним чином, вона служить для зведення до мінімуму часу реакції логістичної системи на попит, що коливається, але і вона вимагає подальшого опрацювання та адаптації під специфіку роботи компаній автомобільної галузі.

Другою базовою концепцією управління запасами є нормування запасів, що включає три основні групи методів: евристичні, техніко-економічні та

економіко-математичні.

Евристичні методи засновані на знаннях та досвіді експертів у цій галузі, тобто керівників відділів продажів запасних частин або логістів, які займаються цими питаннями на підприємствах. Вони вивчають ретроспективний попит, або потребу, залежно від спеціалізації підприємства, отримують актуальні відомості про стан ринку та виконують його аналіз, вивчають споживачів та формують норми запасів. У оцінках експерти ґрунтуються на своєму власному суб'єктивному розумінні тенденцій поведінки попиту. Саме даний метод, що відноситься до групи евристичних дослідно-статистичних, переважає на практиці для вирішення завдань управління складом запасних частин на підприємствах, що обслуговують та експлуатують АТЗ. Як правило, використовується досвід одного експерта, який спеціалізується на цій конкретній тематиці.

Метод техніко-економічних розрахунків ґрунтується на диференціації запасів за групами, на основі деяких загальних ознак. Для кожної з виявлених груп розраховується страховий та поточний запаси, сезонні коливання. Техніко-економічний розрахунок потреби у запасних частинах добре розроблений в теорії технічної експлуатації автомобілів, він дозволяє досить точно прогнозувати необхідний обсяг запасів, але вкрай трудомісткий.

Економіко-математичні методи ґрунтуються на методах математичної статистики, які описують випадковий процес виникнення потреби у запасних частинах на підприємствах, що обслуговують та експлуатують автомобільний транспорт. Найзручнішим і найпопулярнішим з економіко-математичних методів визначення попиту на запасні частини є метод екстраполяції, який враховує тенденції попиту, що склалися у період часу і проектує їх у майбутнє.

Основним чинником системи управління запасами, що має бути врахований під час проектування всіх її елементів, є реалізація принципу зворотнього зв'язку. Суть його полягає в тому, що якщо керівний елемент системи здійснює керуючий вплив на її робочий елемент, то в системі є такий механізм, який дозволяє проінформувати про всі викликані зміни в даній системі

та оцінити ефективність даного впливу. Система управління запасами вважається керованою, якщо після впливу на неї можна отримати відомості про її новий стан, проаналізувати його та з урахуванням отриманої інформації, за необхідності, внести відповідний коригуючий вплив на неї.

Теоретично управління запасами прийнято розрізняти такі кількісні рівні запасів:

- максимальний запас - сума страхового запасу, тимчасового запасу на час виконання замовлення та тимчасово запасу між замовленнями. Його розмір визначається під час контролю за перевитратою ресурсів;

- середній запас - середньоарифметичне значення запасу за певний проміжок часу. Значення цього показника використовують для визначення ефективності системи управління запасами;

- мінімальний запас - сума страхового запасу та запасу на час виконання замовлення. По досягненню цього рівня запасу здійснюється замовлення на поповнення складу.

У процесі керування складом запасних частин важливо знати момент замовлення та його обсяг.

Точка замовлення - це встановлений мінімальний рівень запасу, при досягненні якого надсилається замовлення на поповнення складу.

Розмір замовлення - це кількість деталей, вузлів або агрегатів, на яку має бути поповнений їхній запас. Якщо мінімальний запас співпадає з моментом отримання чергового замовлення, запас досягне максимального рівня.

Керувати розміром запасу можна зміною обсягу замовлення, інтервалу між замовленнями або обома даними параметрами системи управління складом. Залежно від цього в теорії управління запасами розроблені моделі, які представлені нижче.

Класична формула розрахунку оптимального розміру замовлення. З вищесказаного випливає, що в теорії управління запасами є два основні елементи: обсяг замовлення та момент, коли слід робити замовлення на поповнення запасу. Обидва параметри залежать один від одного. З прийнятого

розміру замовлення поповнення запасу, який буде необхідний для задоволення планованого попиту, можна визначити моменти подачі замовлень. Тому економічно доцільний розмір замовлення є ключовим параметром оптимізації рівня запасу на складі запасних частин. Саме від його величини залежить подальша стратегія управління та показники її ефективності. Обсяг запасу оптимізують шляхом зміни розміру замовлення досягнення заданого рівня обслуговування. Критерієм оптимізації при цьому найчастіше приймають мінімум сумарних витрат, пов'язаних зі складськими запасами.

Формула розрахунку оптимального розміру замовлення була розроблена в 1915 році і з того часу отримала безліч інтерпретацій, не змінюючи основної своєї суті. В даний час зустрічаються такі основні назви цих формул:

- EOQ (Economic Order Quantity Model);
- Економічний розмір замовлення (economic order quantity);
- модель (або формула) Вільсона (Wilson);
- формула Харріса, Кампа та ін.

Формула економічного розміру замовлення - найвідоміший і найпоширеніший метод розрахунку розміру замовлення. Вона була отримана в результаті диференціювання функції загальних витрат за розміром замовлення Q :

$$T = C \cdot S + \frac{S}{Q \cdot A} + \left(Z_s + \frac{Q}{2} \right) \cdot I, \quad (2.12)$$

де T - загальні витрати, пов'язані із запасом, грн.;

C - закупівельна ціна одиниці товару, грн.;

Q - розмір замовлення, одиниць;

S - обсяг потреби в запасі, одиниць;

A - витрати на виконання одного замовлення, грн.;

Z_s - розмір страхового запасу, одиниць;

I - витрати зміст одиниці запасу, грн.;

$$Q' = \frac{dT}{dQ} = \frac{d \left[C \cdot S + \frac{S}{Q} \cdot A + \left(Z_s + \frac{Q}{2} \right) \cdot I \right]}{dQ}, \quad (2.13)$$

$$Q' = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot S}{I}}, \quad (2.14)$$

де Q' - оптимальний розмір замовлення, одиниць.

Функція загальних витрат T в інтервалі своїх мінімальних значень є еластичною. Поза цими значеннями загальні витрати, пов'язані зі зберіганням запасів, різко зростають (рис. 2.3). Така особливість дає змогу розраховувати оптимальне значення розміру замовлення з невисокою похибкою. Отже, формула Вільсона малочутлива до помилок прогнозування потреби у запасних частинах через малу кривизну графіка сумарних складських витрат у сфері свого екстремуму. Як показала практика, за помилки прогнозу попиту на $\pm 20\%$ зміна оптимального розміру замовлення становитиме $\pm 9,5\%$.

Незважаючи на вищезгадані переваги, застосовність формули Вільсона для управління складом запасних частин на підприємствах, що обслуговують та експлуатують АТЗ, сильно обмежена. Ця модель ґрунтується на прийнятих припущеннях, абсолютна більшість яких неможливі у практиці керування складом автомобільних запасних частин.

До цих припущень належать:

- модель застосовується для одного найменування запасу (номенклатура складу автомобільних запасних частин у середньому близько 5000 найменувань);
- рівень попиту постійний протягом планового періоду;
- середній рівень запасу становить половину розміру замовлення;
- час доставки постійний;
- витрати на виконання замовлення постійні;
- ціни на закупівлю замовлення постійні;
- миттєве постачання;



Рисунок 2.3 - Зони зміни оптимального розміру замовлення та загальних витрат

- темп споживання постійний та замовлення здійснюється в момент часу, коли рівень запасу дорівнює нулю;
- запас на час доставки замовлення, підготовчий, сезонний та страховий запаси відсутні;
- відсутні обмеження на фінансові ресурси підприємства, утримання складу;
- не беруться до уваги втрати від втрачених продажів через дефіцит.

Рух запасу, що передбачається при складанні формули Вільсона, має вигляд, представлений на рисунку 2.4.

З рисунка 2.4 очевидно, що для управління запасом у керівника складу є лише два інструменти: 1) розмір замовлення та 2) інтервал часу між замовленнями. Отже, існує в основному лише дві можливості побудови моделі управління запасами. Перша полягає у фіксуванні розміру замовлення, що дозволяє отримати однозначну відповідь на питання щодо обсягу поповнення запасу. Друга можливість - зафіксувати інтервал часу між замовленнями, що дозволить однозначно відповісти питанням про момент, коли слід виконати

замовлення поповнення запасу.

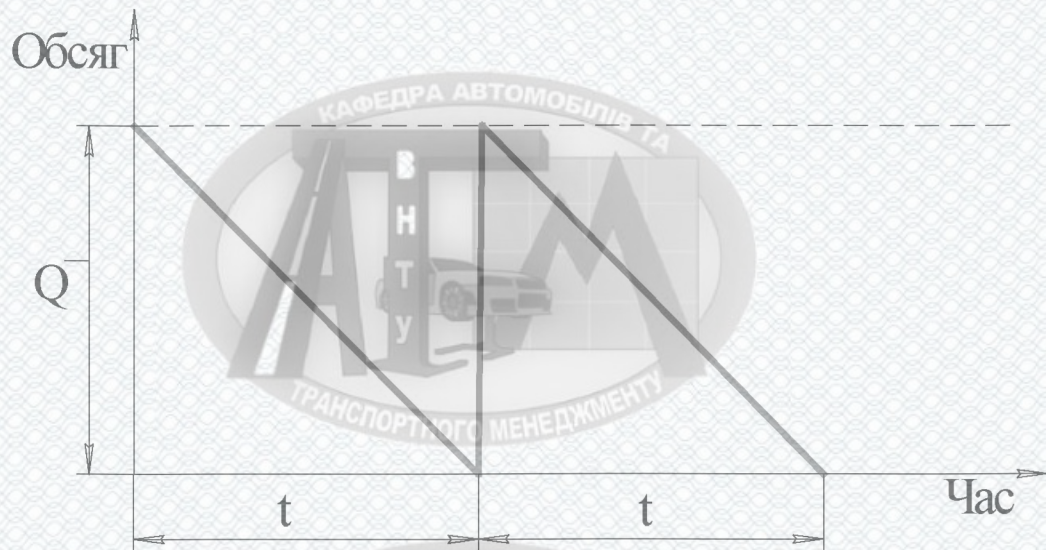


Рисунок 2.4 - Рух запасу з постійною періодичністю відвантажень, миттєвим постачанням та без страхового запасу

Дві основні моделі управління запасами:

- 1) модель управління запасами із фіксованим розміром замовлення;
- 2) модель управління запасами із фіксованим інтервалом часу між замовленнями.

Решта алгоритмів управління запасами ґрунтується на методиці фіксованого розміру замовлення або методиці фіксованого інтервалу часу між замовленнями. Основним припущенням класичних моделей управління запасами з фіксованим розміром замовлення та фіксованим інтервалом часу між замовленнями є сталість попиту на одиницю часу. Класичні формули розрахунку оптимального розміру замовлення отримали розвиток у багатьох їх модифікацій адаптованих під різні завдання управління.

Модель управління запасами із фіксованим розміром замовлення. У цій моделі ключовим параметром є розмір замовлення. Він зафіксований і змінюється при зміні попиту. У той момент, коли запас знижується до заданого мінімального рівня, виконується замовлення на поповнення запасу в кількості, що дорівнює прийнятому постійному оптимальному розміру замовлення. Усі

параметри моделі розраховуються, виходячи з умови виконання вимог до рівня обслуговування в умовах визначеності.

Вихідні дані моделі керування запасами з фіксованим розміром замовлення:

- 1) попит на запасні частини, одиниць;
- 2) оптимальний розмір замовлення, одиниць;
- 3) час доставки замовлених запасних частин складу, дні;
- 4) величина можливої затримки, затримки постачання, дні.

Розрахункові параметри моделі з фіксованим розміром замовлення (рис. 2.5):

- 1) максимальний рівень запасу, одиниць;
- 2) мінімальний рівень запасу, одиниць;
- 3) страховий запас, одиниць.

Максимальний бажаний запас на відміну від двох попередніх параметрів не безпосередньо впливає на рух запасних частин на складі. Цей рівень запасу визначається доцільністю та фінансовими можливостями підприємства. Страховий запас цієї моделі служить страховкою у разі затримки виконання замовлення. При цьому розрахунок страхового запасу виконується на основі максимально можливої затримки постачання.

Величина мінімального рівня запасу розраховується так, щоб замовлення приходило на склад до моменту зниження поточного запасу нижче за рівень страхового запасу, за умови відсутності затримок поставок.

Величина попиту при використанні даної моделі приймається за плановими або прогнозними оцінками. А економічний розмір замовлення розраховується за одним із варіантів формули Вільсона.

Під часом виконання замовлення на поповнення запасів мається на увазі період від моменту відправлення сформованої вимоги на поповнення запасу до моменту оприбуткування замовлення на складі.



Рисунок 2.5 - Ілюстрація руху запасу при фіксованому розмірі замовлення

Під часом затримки поставки мається на увазі теоретична оцінка відхилення від заданого часу виконання замовлення, виконана на основі аналізу наявної статистики затримок у ретроспективному періоді.

Модель управління запасами із фіксованим інтервалом часу між замовленнями. У цій моделі (рис. 2.6) замовлення поповнення запасу виконуються в строго певні моменти часу, через рівні інтервали (щодня, тиждень, місяць тощо).

Фіксований інтервал часу між замовленнями має бути оптимальним. Оптимізація рівня запасу відбувається з допомогою варіації розміру замовлення поповнення запасу. Тобто вирішується задача, обернена до тієї, що у попередній моделі: оптимальний інтервал часу між замовленнями визначається на основі оптимального розміру замовлення. Оптимальний розмір замовлення дозволяє мінімізувати сукупні витрати, пов'язані зі збереженням запасів.

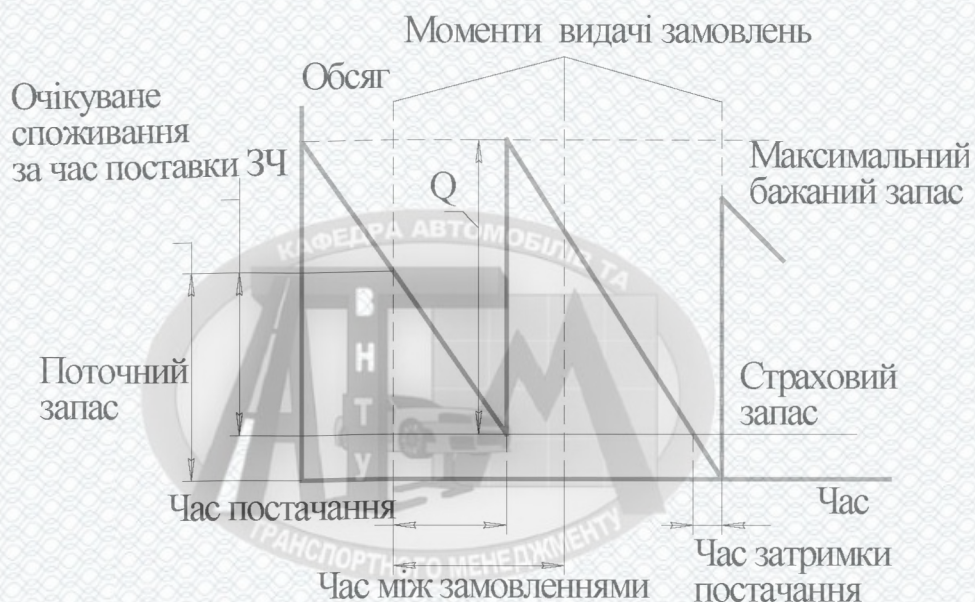


Рисунок 2.6 - Ілюстрація руху запасу при фіксованому інтервалі часу між замовленнями

Таким чином, у даній моделі замовлення на поповнення складського запасу робляться у заздалегідь встановлений момент і з однаковими періодами, що забезпечує поповнення запасу до максимального рівня.

Порівняння основних моделей управління запасами. Кожна з основних моделей управління запасами має свої особливості, але вони передбачають можливість згладити збої поставок та зміну потреби, при цьому використовується страховий запас. Основні моделі управління запасами використовують лише дуже обмежений набір умов функціонування складу.

В цілому можна сказати, що модель з фіксованим розміром замовлення в порівнянні з моделлю з фіксованим інтервалом часу між замовленнями частіше дозволяє скоротити витрати на утримання запасу на складі за рахунок його скорочення. Водночас модель із фіксованим інтервалом часу між замовленнями потребує лише періодичного контролю кількості запасів. Це спрощує процедуру використання моделі та скорочує операційні витрати.

Модель управління запасами із встановленою періодичністю поповнення запасу до максимального рівня. Основні моделі управління запасами можна успішно використовувати лише за умови стабільного попиту. Тим часом досить

часто потреба у запасі має коливання сезонного чи загального характеру. Забезпечення бездефіцитного постачання споживача за таких умов потребує вдосконалення основних моделей. Одним із результатів модифікації класичних моделей управління запасами в умовах змінного попиту є модель із встановленою періодичністю поповнення запасу до постійного рівня. Ця модель не враховує можливості дефіциту запасу. Отже, дана модель розрахована для тих випадків, коли витрати утримання запасу нижче витрат, що виникають унаслідок дефіциту, що зумовлює необхідність накопичувати великі обсяги запасів. У цій моделі замовлення формуються у певні моменти часу та при зниженні запасу до мінімального рівня. Таким чином, дана модель включає як елементи моделі з фіксованим інтервалом часу між замовленнями, так і елементи моделі із фіксованим розміром замовлення. Спільне використання цих елементів дозволяє захистити систему управління запасами від дефіциту, не призводячи до надмірного завищення обсягу запасу.

Особливість моделі із встановленою періодичністю поповнення запасу до максимального рівня полягає в тому, що замовлення поділяються на два типи. Основні замовлення виконуються через задані інтервали часу. А в разі потреби робляться додаткові замовлення, якщо запас на складі знижується до мінімального рівня (рис. 2.7).

Таким чином, модель із встановленою періодичністю поповнення запасу до максимального рівня дозволяє компенсувати коливання попиту з мінімальним рівнем дефіциту.

Модель управління запасами "мінімум-максимум". Ще одним варіантом доопрацювання основних моделей для умов коливань потреби в запасі є модель управління запасами «мінімуму-максимуму» (рис. 2.8).

На відміну від моделі з періодичним поповненням запасу до максимального рівня, ця модель розроблена для тих випадків, коли витрати на утримання запасу перевищують витрати, що виникають через дефіцит. У такому разі наявність певного рівня дефіциту є доцільною, а зміст великого запасу економічно неефективний. Тому в моделі «мінімуму-максимуму» замовлення

здійснюються не в кожен заздалегідь заданий момент часу, як у моделі з фіксованим інтервалом часу, а тільки в ті моменти, коли запас досяг

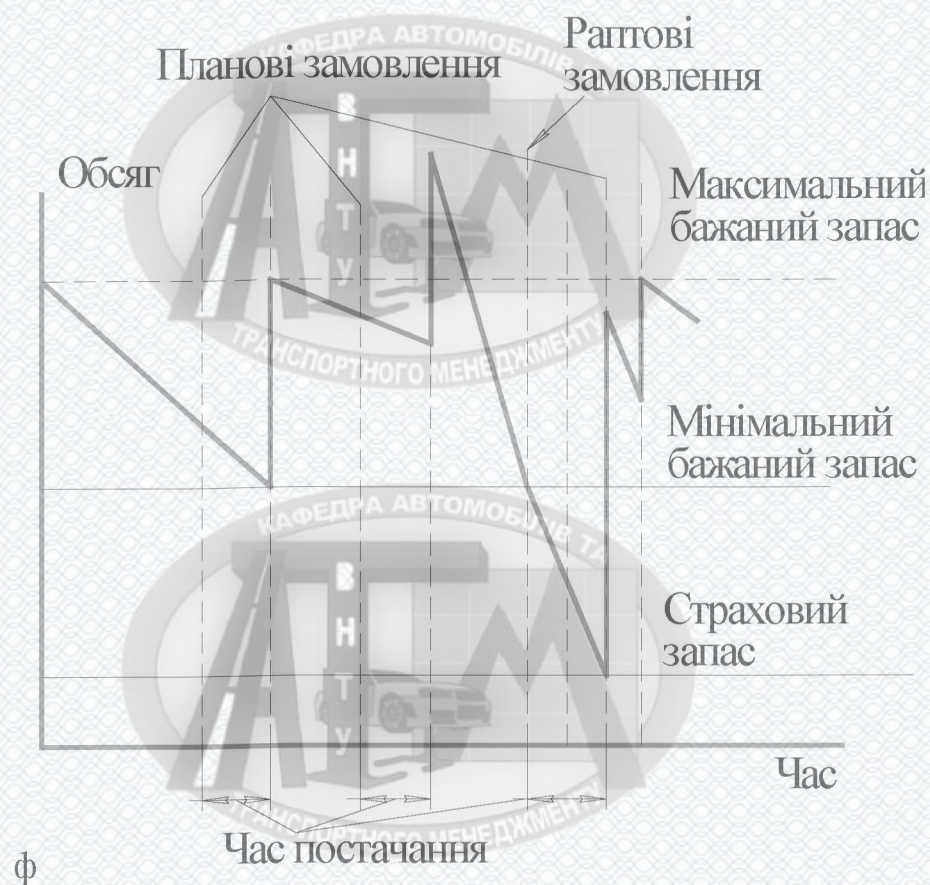


Рисунок 2.7 - Ілюстрація руху запасу при встановленій періодичності поповнення запасу до постійного рівня

мінімального рівня. У даній моделі розмір замовлення визначається таким чином, щоб постачання поповнило запас до максимального рівня. Таким чином, у моделі «мінімум-максимум» ключовими параметрами, за рахунок яких здійснюється управління системою, є два рівні запасу - мінімальний і максимальний, тому вона і отримала таку назву.

Таким чином, можна зробити висновок, що існуючі моделі управління запасами добре опрацьовані. Тому проблема визначення оптимального розміру замовлення на поповнення складу полягає не як аналітичний інструментарій, а як зібрана вихідна інформація і коректна інтерпретація отриманих результатів.



Рисунок 2.8 - Ілюстрація руху запасів моделі "Мінімум-максимум"

2.3 Технологічний процес керування складом запасних частин

Загалом, типовий технологічний процес управління складом автотранспортного підприємства представлений на рисунку 2.9. Більшість процедур у ньому строго формалізовані та легко можуть бути автоматизовані. Проблемною є процедура поповнення запасів, а саме момент подання замовлення та його зміст.

Процес управління складом запасних частин практично часто створює чимало проблем, оскільки взаємодіє з рядом нетривіальних завдань. Наслідком цього є низка помилок у прийнятих рішеннях, що обертаються значними втратами. До наявності на складі «мертвих», бездіяльних запасів, надлишків одних деталей та дефіциту інших призводять не завжди обґрунтовані закупівлі. Частими помилками, що зустрічаються на практиці, є, наприклад, рішення замовляти про запас - наскільки дозволяє бюджет, що призводить до зниження оборотності та зростання складу або інше рішення - замовляти на основі середніх

значень попиту, не враховуючи особливостей поведінки самого попиту. Сам процес поповнення складу запасних частин має складну багатофакторну структуру, що не дозволяє ввести спрощені розрахунки при складанні замовлень.

Таким чином, завдання, пов'язані з керуванням складом автомобільних запасних частин та матеріалів, є багатокритеріальними. Критеріями оцінки ефективності роботи складу можуть бути оборотність запасів O , рівень обслуговування U , середній складський запас N , рівень дефіциту D та інших. Внаслідок цього, виникає необхідність, як у знаходженні оптимальних значень цих параметрів, так і в інтелектуальній технології управління складом.

Загалом, модель процесу управління запасом запасних частин на підприємствах, що обслуговують та експлуатують АТЗ складається з наступних вхідних та вихідних параметрів: 1) споживання (попит), час здійснення замовлення, мінімальний та максимальний складські запаси; 2) середній складський запас, рівень дефіциту, рівень обслуговування (див. рис. 2.10).

Алгоритм процесу керування складом автомобільних запасних частин складається з наступних основних етапів:

1. Збір статистичної інформації про потреби у запасних частинах складу, тобто їх продаж по днях.
2. Класифікація номенклатури запасів за певними ознаками та розподіл їх на групи - формування структури складу.
3. З структури складу, параметрів системи управління складом і закономірностей попиту запасних частин, складається модель функціонування складу.

На моделі складу проводиться серія імітацій роботи складу протягом певного інтервалу часу з різними параметрами системи управління.

5. Результатом моделювання стає отримання чисельних характеристик параметрів системи керування складом, що оптимізують її за заданими критеріями, для складання замовлення на поповнення складу.

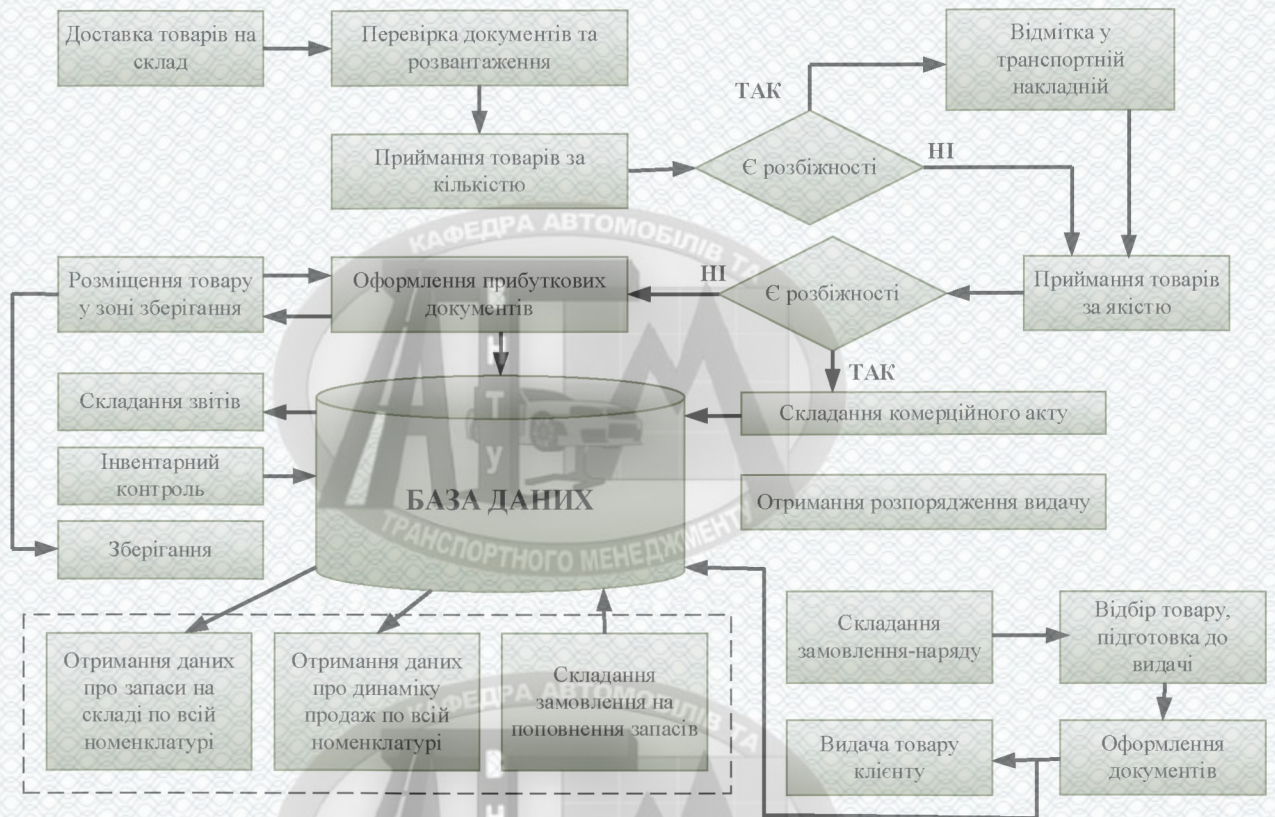


Рисунок 2.9. - Технологічний процес керування складом

6. Керівництво підприємства стежить за станом складу і, за необхідності, вносить керуючі впливи на систему управління запасами задля досягнення поставлених завдань.

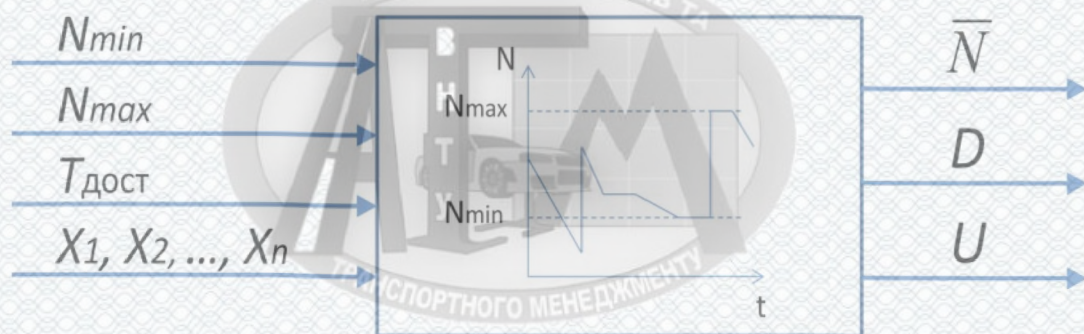


Рисунок 2.10 - Модель процесу управління запасами: $N_{\min}$ - мінімальний складський запас; $N_{\max}$ - максимальний складський запас; $T_{\text{дост}}$ - час здійснення замовлення; $X_1, X_2, \dots, X_n$ - випадкові величини попиту; $\bar{N}$ - середній складський запас; D - рівень дефіциту запасних частин на складі; U - рівень обслуговування.

Структура технологічного процесу управління складом автомобільних запасних частин представлена рис. 2.11.

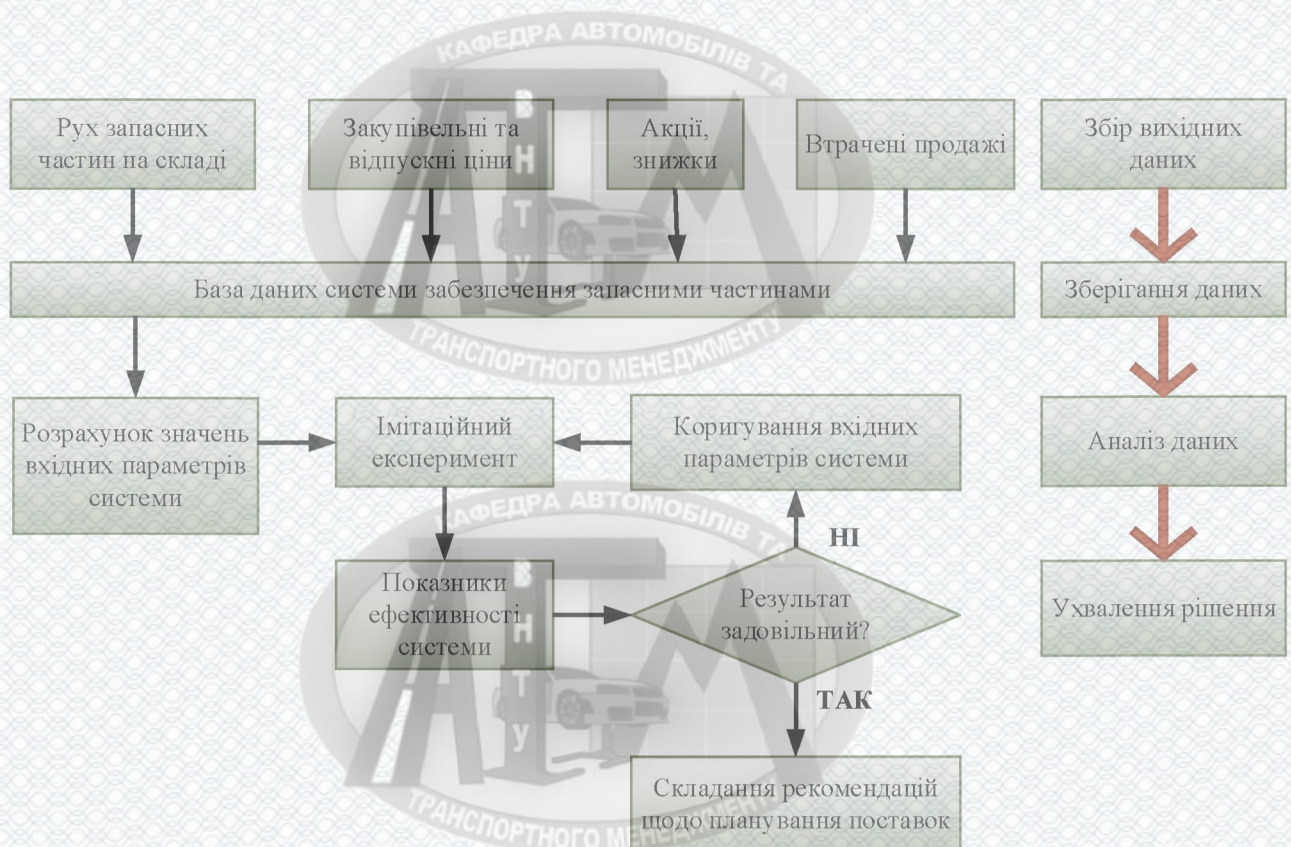


Рисунок 2.11 - Структура технологічного процесу керування складом автомобільних запасних частин

2.4 Методи класифікації запасних частин

Основним інструментом класифікації запасів вже багато років є ABC-аналіз, заснований на так званому принципі Парето, який говорить про те, що за 20% наслідків відповідає 80% причин. ABC-класифікація не обов'язково повинна включати 3 групи.

Головним чином ABC-аналіз використовується для диференціації запасних частин за різними критеріями, найчастіше ними виступає величина попиту.

Існує безліч методів виділення груп А, В та С, найбільш поширені з них:

- 1) диференціальний метод;

2) метод дотичних, рис. 2.12: по осі абсцис розташовані частки позицій, а по осі ординат - частки фактора наростаючим результатом;

- 3) метод петлі;
- 4) метод суми;
- 5) емпіричний.

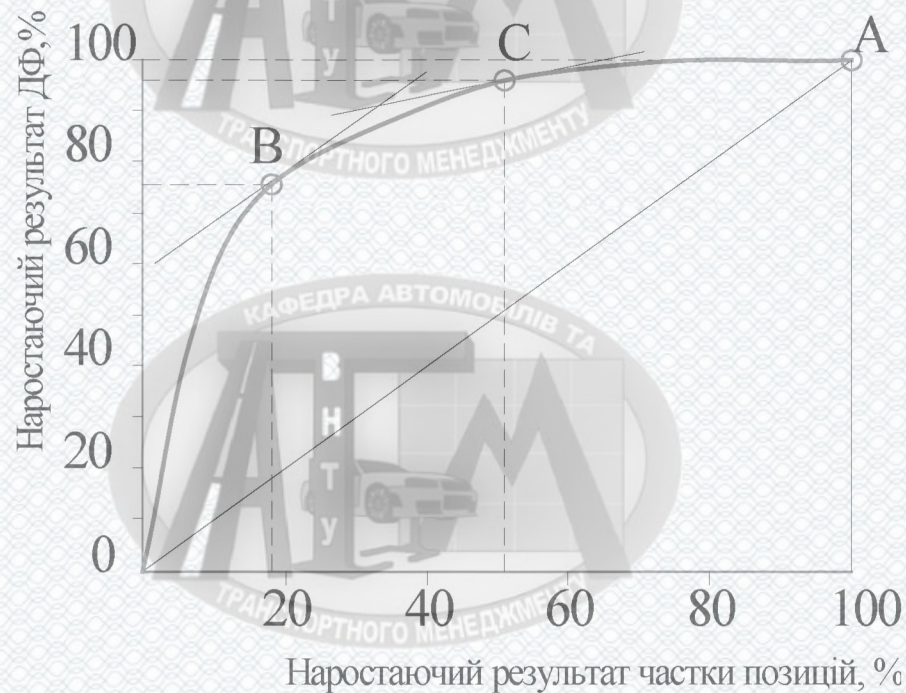


Рисунок 2.12 - ABC-аналіз методом дотичних

Аналіз запасів не обмежується ABC -аналізом, за ним слідує XYZ - аналіз. Саме після його проведення складається підсумкова матриця, яка дозволяє оптимальним чином згрупувати запаси складі (рис. 2.13).

XYZ -аналіз застосовується для поділу номенклатури запасних частин за однорідністю попиту, або коефіцієнтом варіації. XYZ -аналіз - математично-статистичний метод, що дозволяє аналізувати та прогнозувати стабільність попиту на запасні частини, який впливає на ступінь прогнозованості потреби в запасних частинах та керованість запасом в цілому.

Метод XYZ схожий з ABC-аналізом у тому, що ґрунтується на тому ж принципі - товари поділяються на три групи X, Y, Z.

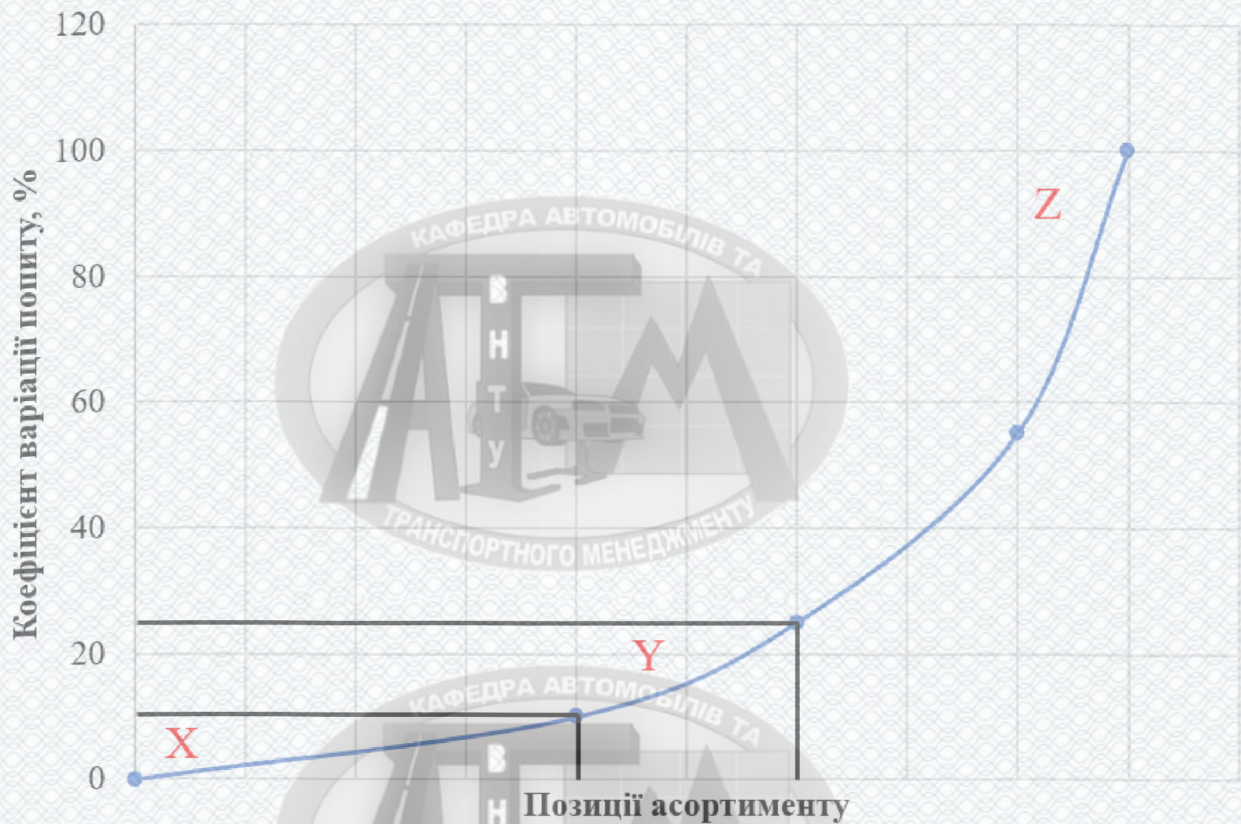


Рисунок 2.13 - XYZ -метод класифікації номенклатури запасів

ABC-аналіз показує внесок кожної позиції номенклатури у склад, а XYZ-аналіз показує стабільність чи нестабільність попиту на конкретну запасну частину. Чим стабільніший попит, тим легше ним управляти і тим нижча потреба у страхових запасах.

Для отримання кількісної оцінки характеристики потреби можна скористатися статистичним рядом продажів. У класичному варіанті методу XYZ-аналізу показником, що описує стабільність споживання запасів, є коефіцієнт варіації ν , що є відношенням значення середньоквадратичного відхилення продажів до середньоарифметичного значення:

$$\nu = \frac{\sigma}{x_{cp}}, \quad (2.15)$$

де ν - коефіцієнт варіації,
 σ - середньоквадратичне відхилення,

x_{cp} - середнє значення параметра, що оцінюється.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2}{n}}, \quad (2.16)$$

де x_i - значення параметра, що оцінюється, за i - ий період,

x_{cp} - середнє значення параметра, що оцінюється,

n - число періодів.

Таким чином,

$$\nu = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2}{n}}}{x_{cp}} \cdot 100\%, \quad (2.17)$$

Цю формулу пропонують багато літературних джерел, не уточнюючи, що її використання коректне лише при роботі з генеральною сукупністю. У свою чергу, XYZ -аналіз на складі запасних частин зазвичай виконується на основі вибірки. Тому в розрахунку коефіцієнта варіації необхідно прибрати один ступінь свободи:

$$\nu = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2}{n-1}}}{x_{cp}} \cdot 100\%, \quad (2.18)$$

Використання під час роботи з вибіркою формули (2.17) призводить до

досить значної похибки результату від 3% до 6%. Що може призвести до призначення запасної частини не в ту групу.

При цьому, згідно з основними законами статистики, у вибірці має бути не менше 30 значень і чим більше, тим краще визначається закономірність. Але й надто велика вибірка дає надмірно великий внесок закономірності, акцентуючи саме лінію тренду, а не флуктуації навколо середнього. Отже, потрібно підбирати оптимальне значення n .

За результатами ABC- та XYZ -аналізів складається підсумкова матриця (рис. 2.14). Розмір мінімального запасу, який необхідно мати на складі, зменшується від групи А до групи С і від групи Z до групи X.

2.5 Показники ефективності роботи складу

Використання теорії ймовірності розширює рамки використання класичних моделей управління запасами та дозволяє говорити про роботу моделей за умов невизначеності. Невизначеність полягає у коливаннях попиту на запасні частини і часу виконання замовлення поповнення запасу, а й деякого, відмінного від 0 %, рівня дефіциту запасних частин складі.

Як правило, для забезпечення заданого рівня обслуговування використовують страховий запас, який покликаний забезпечувати бездефіцитний стан системи управління запасами у разі відхилення потреби в запасі від розрахункової середньої величини, а також у разі можливої затримки поставки.

Жодна модель управління запасами не може гарантувати наявності необхідної кількості запасу у будь-який момент часу. Така можливість при випадковій величині попиту є суто теоретичною, оскільки потребує обслуговування нескінченної множини випадкових подій попиту. Тому прийнято визначати допустимий рівень обслуговування складу, відмінний від 100%. Інакше висловлюючись, прийнято вважати ймовірність того, що необхідний запас для задоволення попиту виявиться складі.

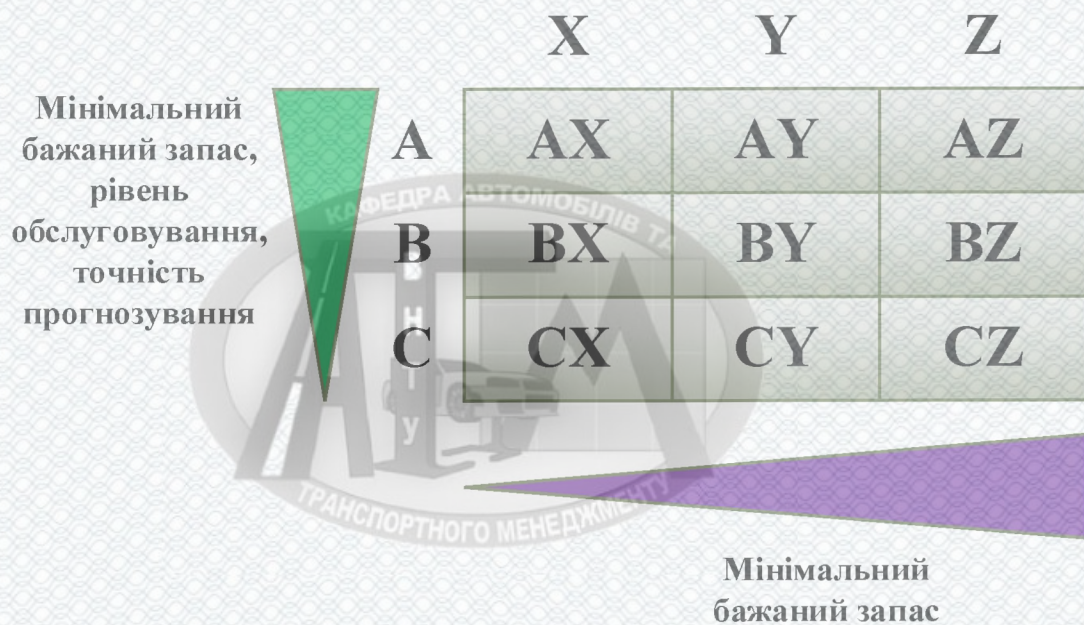


Рисунок 2.14 - Матриця ABC-XYZ

Рівень обслуговування - ймовірність того, що в будь-який момент часу вимога на склад запасних частин буде задоволена. Рівень обслуговування 98% означає, що є 98% ймовірності того, що вимога, що надійшла на склад запасних частин, буде задоволена. Рівень обслуговування 98% передбачає, що ризик відхилення заявки складу складає 2%. Припустимо, за рік на підприємстві, що обслуговує та (або) експлуатує автомобільний транспорт, виникла потреба у 10000 одиниць деталей, вузлів чи агрегатів. При цьому миттєво було видано зі складу 9560 од., решти не виявилось в наявності в потрібний момент. Тоді рівень обслуговування складу становить 95,6%.

Таким чином, при визначенні рівня обслуговування визначається не тільки ймовірність вичерпання запасу, але й розраховується, скільки запасних частин бракуватиме для повного задоволення потреби, тобто ймовірність розподілу потреби як випадкової величини.

Показниками ефективності системи управління запасами є такі показники роботи складу:

1. Якщо рівень обслуговування можна визначити як частину негайно задоволеного попиту, то прийнято говорити про рівень обслуговування за

певний період, наприклад рік. Розрахунок такого рівня обслуговування можна проводити за формулою:

$$U = \frac{P}{D} \cdot 100\%, \quad (2.19)$$

де U - рівень обслуговування складі запасних частин, частки;

P - обсяг потреби задоволеної негайно, одиниць;

D - загальний обсяг потреби у запасі, одиниць.

2. Середня вартість складу V , грн. У розрахунках використовується середня протягом року вартість запасів складу: сумується вартість складу за кожен день і ділиться на кількість днів на рік. Середню вартість складу можна розрахувати за формулою:

$$V = \sum_{k=1}^n (N_k^{скл} \cdot C_k), \quad (2.20)$$

де $N_k^{скл}$ - кількість k -их деталей на складі, шт ;

C_k - вартість k -ої деталі, грн.

3. Рівень оборотності складу визначається за формулою, рік:

$$O = \frac{П}{V}, \quad (2.21)$$

де $П$ - обсяг продажів на рік, грн.

4. Рівень дефіциту складі $Д$ визначається за такою формулою, % :

$$Д = \frac{Д_{ср}}{364} \cdot 100\%, \quad (2.22)$$

де $Д_{ср}$ - середній фактичний дефіцит за 12 місяців роботи складу, дні.

5. Валовий виторг Π (річний обсяг продажу зі складу) розрахуємо за формулою, грн/рік:

$$\Pi = \sum_{k=1}^n (N_{\text{пр}}^k \cdot C^K), \quad (2.23)$$

де $N_{\text{пр}}^k$ - кількість К-их проданих деталей, шт ;

C^K - вартість К-ї проданої деталі, шт.

Економічний ефект від впровадження методики, що розробляється, будемо розраховувати виходячи з двох його складових: 1) ефект за рахунок зниження дефіциту E_1 (втрачені продажі); 2) ефект за рахунок зниження надлишку на складі E_2 (заморожування коштів).

Економічний ефект протягом року від застосування запропонованої методики за допомогою зниження дефіциту з кожної деталі визначається за такою формулою, грн.:

$$E_d = (D_{\text{ф}} - D_{\text{м}}) \cdot P_{\text{ср}} \cdot C \cdot K, \quad (2.24)$$

де $D_{\text{ф}}$ - дефіцит фактичний, дні;

$D_{\text{м}}$ - дефіцит змодельований;

$P_{\text{ср}}$ - середні продажі деталі на день, шт.;

C - закупівельна вартість деталі, грн.;

K - частка чистого прибутку компанії у відпускній ціні деталі, %;

$$P_{\text{ср}} = \frac{\Pi}{364}. \quad (2.25)$$

Економічний ефект протягом року від застосування розроблюваної методики за допомогою зниження дефіциту всього складу оцінюється за такою

формулою, грн.:

$$E_1 = (\overline{D_\Phi} - \overline{D_M}) \cdot P \cdot K_{cp}, \quad (2.26)$$

де $\overline{D_\Phi}$ - середній фактичний дефіцит за 12 місяців роботи складу, дні;

$\overline{D_M}$ - середній змодельований дефіцит за 12 місяців роботи складу, дні;

P - обсяг продажів на рік, грн.;

K_{cp} - середня частка чистого прибутку компанії у відпускній ціні деталі, %.

Економічний ефект протягом року від застосування розроблюваної методики за допомогою зниження надлишку запасів кожної деталі визначається за формулою, грн.:

$$E_E = (N_\Phi - N_M) \cdot C, \quad (2.27)$$

де N_Φ - середній фактичний запас, шт.;

N_M - середній змодельований запас, шт.;

C - закупівельна вартість деталі, грн.

Економічний ефект протягом року від застосування розроблюваної методики з допомогою зниження надлишку запасів всього складу оцінюється за такою формулою, грн.:

$$E_2 = (V_\Phi - V_M) \cdot C, \quad (2.28)$$

де V_Φ - фактична середня вартість запасних частин на складі, грн.;

V_M - змодельована середня вартість запасних частин на складі, грн.;

C - відсоткова ставка банку (11,4%).

Економічний ефект від впровадження розробленої методики EEB оцінюється за формулою, грн.:

$$EEB = E_1 + E_2. \quad (2.29)$$

2.6 Стратегії, критерії та цільові функції системи керування складом автомобільних запасних частин

Залежно від типу підприємства, що займається обслуговуванням та експлуатацією АТЗ та виду його діяльності, цілі та завдання управління складом автомобільних запасних частин істотно різняться. У цій роботі пропонується метод їхньої класифікації за цільовими функціями основних параметрів ефективності управління, відповідно до типу підприємства. Аналіз роботи низки підприємств дозволив умовно виділити три їх основних класи: 1) магазини, що здійснюють тільки продаж автомобільних запасних частин; 2) офіційні автомобільні дилери; 3) підприємства, які обслуговують конкретний парк автомобілів. Всі інші види підприємств, що належать до сфери обслуговування автомобілів та мають власні склади запасних частин, за цільовим призначенням складу можна віднести до одного з перерахованих вище.

До першого класу підприємств також належать різні автосервіси, що мають склад запасних частин. Мета утримання складських запасів у даному разі лише одна - отримання прибутку від продажу. Керуючі впливи на склад запасних частин у короткостроковій перспективі не впливають попит, у умовах незалежності попиту пропозиції, максимальний прибуток підприємства буде тоді, коли сума витрат від зберігання запасів і недоотриманого прибутку від втрачених продажів буде мінімальною. З цього випливає цільова функція для складів запасних частин, що належать до першого класу (графік функції представлений рис. 2.15):

$$Z = Z_{XP} + Z_{VII} \rightarrow \min, \quad (2.30)$$

де Z - сумарні втрати, грн.;

Z_{XP} - витрати на зберігання запасних частин, у тому числі втрати пов'язані із заморожуванням оборотних коштів, грн.;

$Z_{УП}$ - недоотриманий прибуток у зв'язку з дефіцитом на складі, грн.

Склад запасних частин офіційного автомобільного дилера зобов'язаний не просто забезпечувати магазин і сервісну службу компанії всім необхідним, а підтримувати високу лояльність клієнта до бренду.



Рисунок 2.15 - Графік цільової функції управління складом першого класу

Це досягається завдяки високому рівню обслуговування, що визначається як відношення задоволених вимог на склад до їх загальної кількості. Встановивши мінімально допустимий рівень обслуговування $[U]$ і мінімізувавши при цьому витрати Z можна досягти максимальної ефективності функціонування складів, умовно віднесених до другого класу. Графік цільової функції цієї стратегії управління складом автомобільних запасних частин представлений рисунку 2.16. Таким чином, цільова функція з обмеженням за рівнем обслуговування має вигляд:

$$\begin{cases} U \geq [U] \\ Z_{XP} + Z_{УП} \rightarrow \min \end{cases} \quad (2.31)$$

де U – рівень обслуговування, %.

Склад підприємства, що обслуговує автомобільний парк, повинен забезпечувати безперебійну роботу рухомого складу. На відміну від перших двох випадків, втрати від дефіциту необхідної деталі на складі третього класу, як правило, набагато вищі, ніж недоотриманий прибуток від її реалізації в магазині, оскільки це призводить до простою техніки у ремонтній зоні.

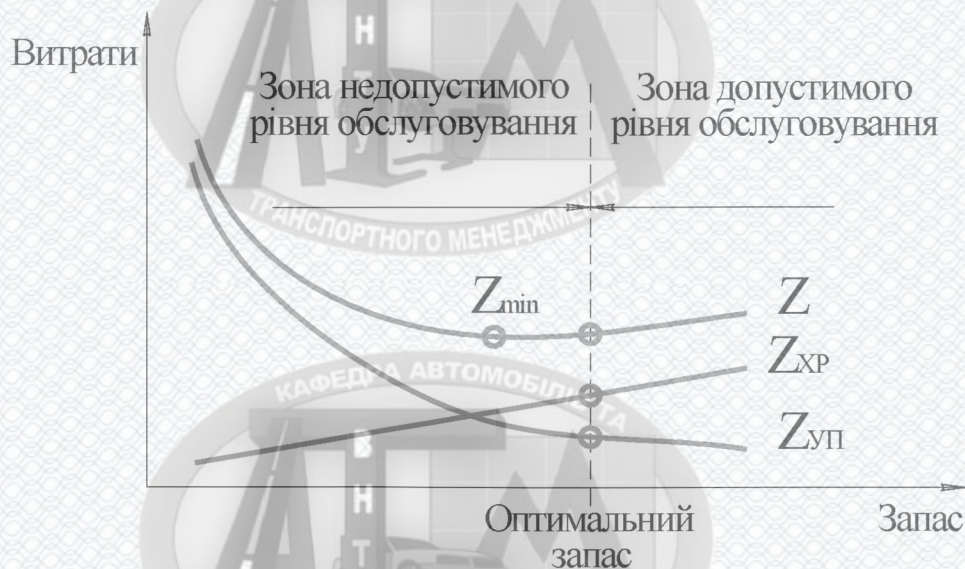


Рисунок 2.16 - Графік цільової функції управління складом другого класу

У загальному випадку, втрати від простою автомобільної техніки через дефіцит на складі пропорційний розміру дефіциту та його тривалості. У даному разі дефіцит тим більше небажаний, чим більше часу потрібно для поповнення запасів, тобто чим далі територіально віддалено підприємство від найближчого постачальника запасних частин. Цей варіант управління має і свої переваги, тому що парк автомобілів, що обслуговуються, відомий, тому необхідно легше прогнозувати потребу в запасних частинах. Таким чином, отримуємо цільову функцію з обмеженням для складів третього класу (графік функції представлений рис. 2.17):

$$\begin{cases} D \leq [D] \\ Z_{xp} + Z_{\Pi} \rightarrow \min \end{cases} \quad (2.32)$$

де D - середній рівень дефіциту на складі, %;

$[D]$ - допустимий рівень дефіциту на складі, %;

Z_{Π} - втрати підприємства від простою рухомого складу внаслідок дефіциту на складі, грн.



Рисунок 2.17 - Графік цільової функції управління складом третього класу

Висновки до розділу 2

1. Існуючі на даний час моделі систем керування складом автомобільних запасних частин добре опрацьовані. Тому проблема визначення економічного розміру замовлення на поповнення розглядається не як аналітичний інструмент, та полягає в правильному виборі вихідної інформації та коректності інтерпретації отриманих результатів.

2. У роботі виявлено закономірності та особливості формування потреби у запасних частинах на підприємствах, що обслуговують та експлуатують АТЗ, які є функцією суміші ймовірнісних розподілів, що включають ймовірності появи споживачів та обсяги їх вимог.

3. Запропоновано три стратегії управління складом запасних частин, що оптимізують витрати на зберігання за різними критеріями, виходячи з особливостей та політики підприємств, що займаються обслуговуванням та експлуатацією АТЗ.

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ, ЩО ОБСЛУГОВУЮТЬ ТА ЕКСПЛУАТУЮТЬ АТЗ МЕТОДИК ОРГАНІЗАЦІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДУ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН

3.1 Методика імітаційного моделювання процесу функціонування складу запасних частин

Схема імітаційного моделювання процесу управління складом представлена рис. 3.1.

Після збору статистичних даних про вибуття запасних частин зі складу проводиться ABC-аналіз, за результатами якого виявляються групи: 1) запасних частин, потреба в яких може визначатися за допомогою запропонованої методики (група А); 2) група запасних частин, потребу в яких не можливо умовно встановити з урахуванням розробленої методики (група В); 3) деталі вкрай рідкісного попиту, що не зберігаються на складі або керовані в індивідуальному порядку (група С). Умовно невідповідними були названі запаси групи В, через те, що до них через малий обсяг статистичних даних неможливо досить точно підібрати функцію розподілу попиту. Однак в даному випадку можна, з певними припущеннями, використовувати емпіричний розподіл попиту, чи скористатися стандартними процедурами оцінки оптимальних значень параметрів системи управління запасом.

Далі керівництво підприємства (експерт) задає параметри системи управління: час виконання замовлення поповнення запасу, обмеження розміру запасу чи дефіциту, бажаний рівень значимості для вихідних даних, параметри ефективності управління складом автомобільних запасних частин.



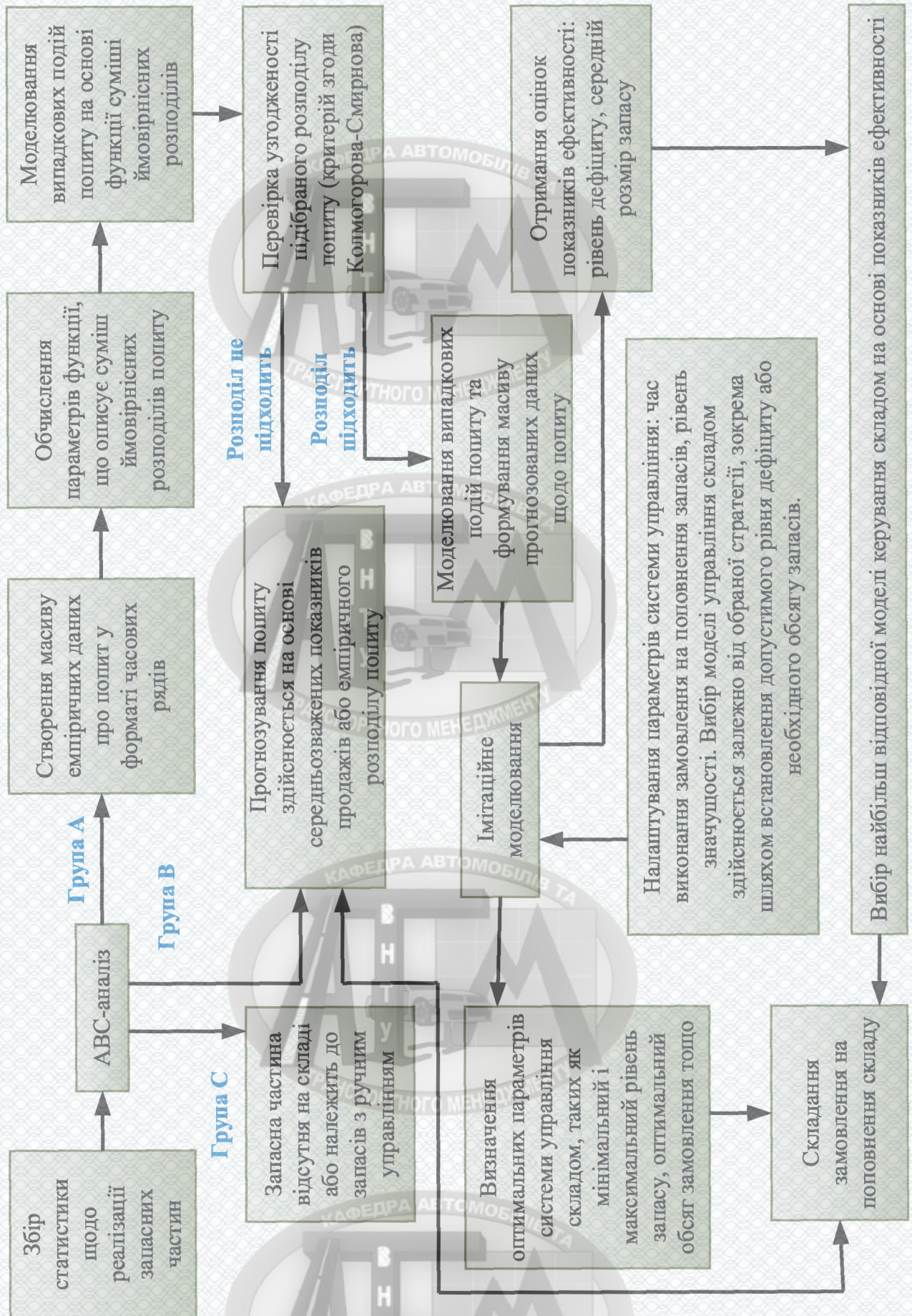


Рисунок 3.1 - Схема процесу управління складом

Потім проводиться сам імітаційний експеримент моделі складу, моделюється потреба в запасних частинах на основі функції суміші імовірнісних розподілів. Якщо теоретичний розподіл узгоджується з емпіричним, із нього генеруються випадкові величини попиту на запасні частини. Залежно від обраної моделі управління, що описана у розділі 2.2, моделюється процес руху запасів на складі. До кожного можливого набору параметрів системи управління складом (розділ 2.2) виконується необхідна кількість реалізацій.

Необхідна кількість експериментів (прогонів) визначається так: задається похибка для вихідного параметра системи, наприклад, як у даній роботі - для розміру дефіциту ε ; після перевіряється припущення, що середньоквадратичне відхилення отриманих значень рівня дефіциту не перевищує цю задану похибку δ_D :

$$\delta_D \leq \varepsilon$$

(3.4)

Заданий рівень похибки δ_D визначається за формулою:

$$\delta_D = \beta \cdot \bar{D}$$

(3.5)

де $\beta = 0,05$ - коефіцієнт, що враховує частку похибки щодо середнього значення дефіциту D .

Середнє значення дефіциту своєю чергою визначається за такою формулою:

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n},$$

(3.6)

де $\sum_{i=1}^n Y_i$ - сума значень дефіциту при n прогонах на моделі;

n - кількість прогонів моделі.

Дисперсія дефіциту σ^2 визначається за формулою:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{Y} - Y_i)^2}{n-1}. \quad (3.7)$$

Середньоквадратичне відхилення дефіциту визначають за формулою:

$$\varepsilon = \frac{t \cdot (\gamma, n-1) \cdot \sigma}{\sqrt{n}}, \quad (3.8)$$

де $\gamma = 0,95$ довірна ймовірність;

t - коефіцієнт, що визначається за таблицями розподілу Стюдента.

Порядок реалізації цього методу: 1) проводять два прогони на моделі; 2) за формулами (3.5) - (3.8) визначають статистичні параметри; 3) перевіряють виконання умови (3.4) та при невиконанні умови проводять ще один прогін на імітаційній моделі; 4) прогони на імітаційній моделі проводяться доти, доки не виконається нерівність (3.4).

В результаті імітаційного експерименту визначаються оцінки показників ефективності системи управління складом для моделей контролю запасом, що перевіряються, та їх параметрів. Вибравши найбільш підходящий варіант управління (про те, як визначаються оптимальні значення параметрів системи управління складом мова піде нижче), складається замовлення на поповнення запасів, виходячи з отриманих оптимальних значень управління та фактичної кількості деталей на складі.

Так як вихідними даними імітаційного моделювання складу запасних частин є оцінки показників ефективності управління, необхідний їхній аналіз для

використання на практиці.

Але було б неправильно зіставляти із заданою межею дефіциту середнє значення його оцінки, оскільки дисперсія може бути дуже значною. Встановлюючи деяку величину припустимого дефіциту, керівник складу повинен знати, з якою ймовірністю фактичний дефіцит не перевищить заданий. З цією метою для отриманих в ході моделювання значень дефіциту D визначається $(100 - 2\alpha)$ -відсотковий довірчий інтервал.

Отже, можна сказати, що з розрахованих оптимальних значень параметрів системи управління складом, дефіцит не перевищить заданого значення лише на рівні значимості α .

Таким чином, розроблену систему управління запасами можна оптимізувати 1) за цільовою функцією витрат; 2) за функцією витрат з обмеженнями за дефіцитом або рівнем обслуговування; 3) за функцією рівня обслуговування або дефіциту з обмеженнями по бюджету.

3.2 Методика визначення оптимальних значень параметрів системи керування складом автомобільних запасних частин

Згідно з цільовими функціями системи управління складом запасних частин, що представлені у розділі 2.6, складемо методику визначення оптимальних значень її параметрів у ході імітаційного моделювання. Використовуючи отримані дані, залежно від цілей та пріоритетів компанії, можна визначити оптимальні значення $N_{\min}$ і $N_{\max}$. Головною метою компанії, які займаються виключно продажем запасних частин, є максимізація прибутку. Тому оптимальними будуть такі значення параметрів системи управління запасами, за яких сума втрат, пов'язаних із зберіганням запасів з одного боку, та відсутністю необхідної кількості деталей на складі - з іншого, стає мінімальною. Таким чином, цільова функція згідно з розділом 2.6 має вигляд:

$$I_{ДЕФ} + I_{СКЛ} \rightarrow \min, \quad (3.9)$$

де $I_{ДЕФ}$ - втрачений прибуток через дефіцит на складі;

$I_{СКЛ}$ - витрати від зберігання запасів.

У свою чергу, втрачений прибуток та витрати від зберігання рівні:

$$I_{ДЕФ} = D \cdot P \cdot V_{потит}, \quad (3.10)$$

$$I_{СКЛ} = V_{скл} \cdot (Y_{ХР} + Y_{ЗС}) \quad (3.11)$$

де D - частка втрачених продажів від усього обсягу попиту (дефіцит), %;

P - частка прибутку компанії у відпускній вартості деталей;

$V_{потит}$ - загальний річний попит, грн.;

$V_{скл}$ - середній запас на складі, грн.;

$Y_{ХР}$ - частка витрат на зберігання запасу від його вартості, %;

$Y_{ЗС}$ - витрати на забезпечення запасів, пов'язані із заморожуванням коштів, у відсотках від його вартості, %.

Візуалізація цільової функції представлена рис. 3.2. Опустивши перпендикуляр із точки (або області) мінімального значення поверхні витрат на площину $O \ N_{min} \ N_{max}$, визначимо оптимальні значення вхідних параметрів системи керування запасами (у даному випадку оптимальними будуть $N_{min} = 20$ та $N_{max} = 35$).

Докладніше інтегральна згортка функції витрат представлена рис. 3.3. Область, зафарбована червоним кольором, є зоною оптимальних значень N_{min} та N_{max} для всіх позицій запасів, що зберігаються.

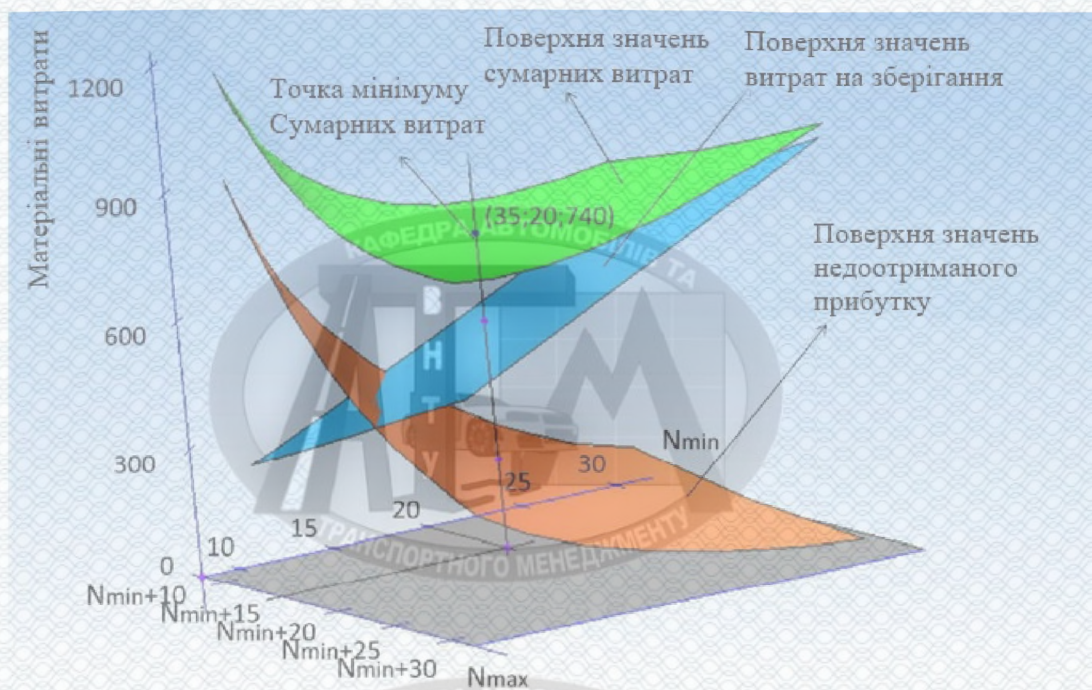


Рисунок 3.2 - Визначення значень $N_{\min}$ і $N_{\max}$, за яких досягається мінімум складських витрат

Для дилерських підприємств, компаній, що експлуатують і обслуговують великий парк автомобілів, цілі вдосконалення системи управління запасами можуть відрізнятися від попереднього завдання. У першому випадку важливим є такий фактор, як рівень обслуговування клієнтів, тобто частка задоволених вимог клієнтів від загальної кількості запитів.

У даній ситуації для підприємств автомобільних дилерів має сенс задатися певним максимальним, економічно доцільним значенням дефіциту та мінімізувати складські витрати в межах встановленого діапазону.

Таким чином, визначення оптимальних значень параметрів системи керування запасами для компаній автомобільних дилерів зводиться до знаходження значень параметрів системи керування запасами, при яких сумарні витрати, пов'язані зі зберіганням запасів будуть мінімальними, а рівень обслуговування не прийматиме значень нижче встановленої величини. Формуємо цільову функцію з обмеженням, для всього масиву деталей складу згідно з розділом 2.6:

$$\begin{cases} D \leq C, \\ I_{СКД} \rightarrow \min, \end{cases} \quad (3.12)$$

де D – рівень обслуговування, %;

C – мінімально допустиме значення рівня обслуговування, %.

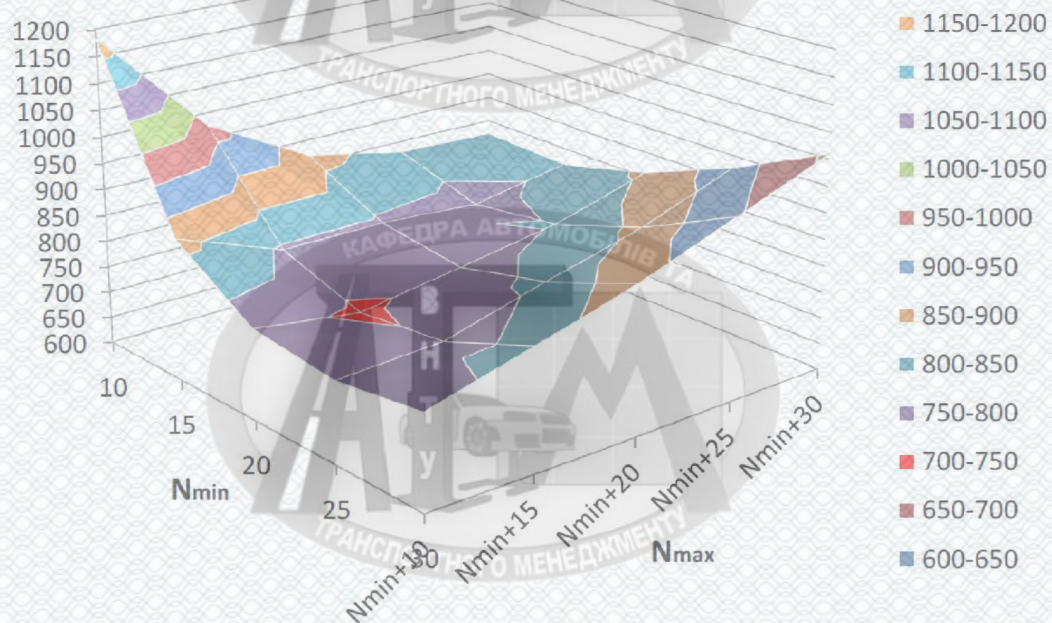


Рисунок 3.3 - Зона значень N_{min} і N_{max} , за яких досягається максимальний прибуток

3.3 Методика вибору моделі керування складом

Після проведення імітаційного моделювання складу запасних частин для різних моделей управління необхідно вибрати найбільш ефективну з них. Наприклад, візьмемо дві моделі управління запасами: з фіксованим розміром замовлення та модель «мінімум-максимум» (розділ 2.2). У першому випадку складський запас щоразу поповнюється на відому фіксовану величину $Q = const$ (обсяг замовлення), коли досягає встановленого мінімально допустимого рівня N_{min} . Друга стратегія управління полягає в тому, що замовлення на поставку

здійснюється так само в момент, коли запас досягає рівня $N_{\min}$, забезпечуючи його підвищення до максимально допустимого рівня $N_{\max}$, тобто $Q = N_{\max} - N_{\min}$

Для уніфікації процесу управління багатомножинним запасом, використовувалися спільні для всіх позицій на складі значення $N_{\min}$ і $N_{\max}$. Щоб отримати значення мінімально допустимої кількості конкретної деталі на складі (значення, при досягненні якого потрібно поповнювати запас), коефіцієнт $N_{\min}$ множиться на середнє споживання цієї запасної частини у певний період за один день. Так, наприклад, при величині продажу певної позиції 36 шт на рік, стратегія управління складом з $N_{\min} = 20$ і $N_{\max} = N_{\min} + 20 = 40$ означатиме, що поповнення складу з даної позиції буде здійснюватись при досягненні їх кількості рівної або меншої $(36 / 365) \cdot 20 = 2 \text{ шт.}$, і в такому обсязі, щоб їх кількість досягла $(36 / 365) \cdot 40 = 4 \text{ шт.}$ У першій моделі змінювали значення двох вхідних параметрів системи керування – розмір замовлення в діапазоні від $Q = 10$ до $Q = 30$ та мінімально допустимий розмір запасу $N_{\min}$ в діапазоні від 10 до 30 з інтервалом 1. А в другій значення мінімально допустимого розміру запасу $N_{\min}$ в діапазоні від 10 до 30 та максимально допустимого розміру запасу $N_{\max}$ в діапазоні від $N_{\min} + 10$ до $N_{\min} + 30$ з інтервалом 1. Отримані залежності показників ефективності управління складом параметрів системи управління запасами для обох моделей представлені на рис. 3.4.

Вихідними параметрами є середній складський запас N (млн. грн.), рівень дефіциту запасних частин D (%) та рівень обслуговування U (%). Виходячи з даних, наведених на рис. 3.6, можна отримати залежності D та U від N : кожному значенню D або U на інтервалі отриманих значень з кроком 1 % (рис. 3.6 б, в), вибирається мінімальне з відповідних значень N (Рис. 3.6 а). Потім, отримавши дані залежності, можна порівняти - за якої моделі управління запасами показники D або U краще при однакових значеннях середнього розміру запасу, та модель і є найкращою для даного підприємства.

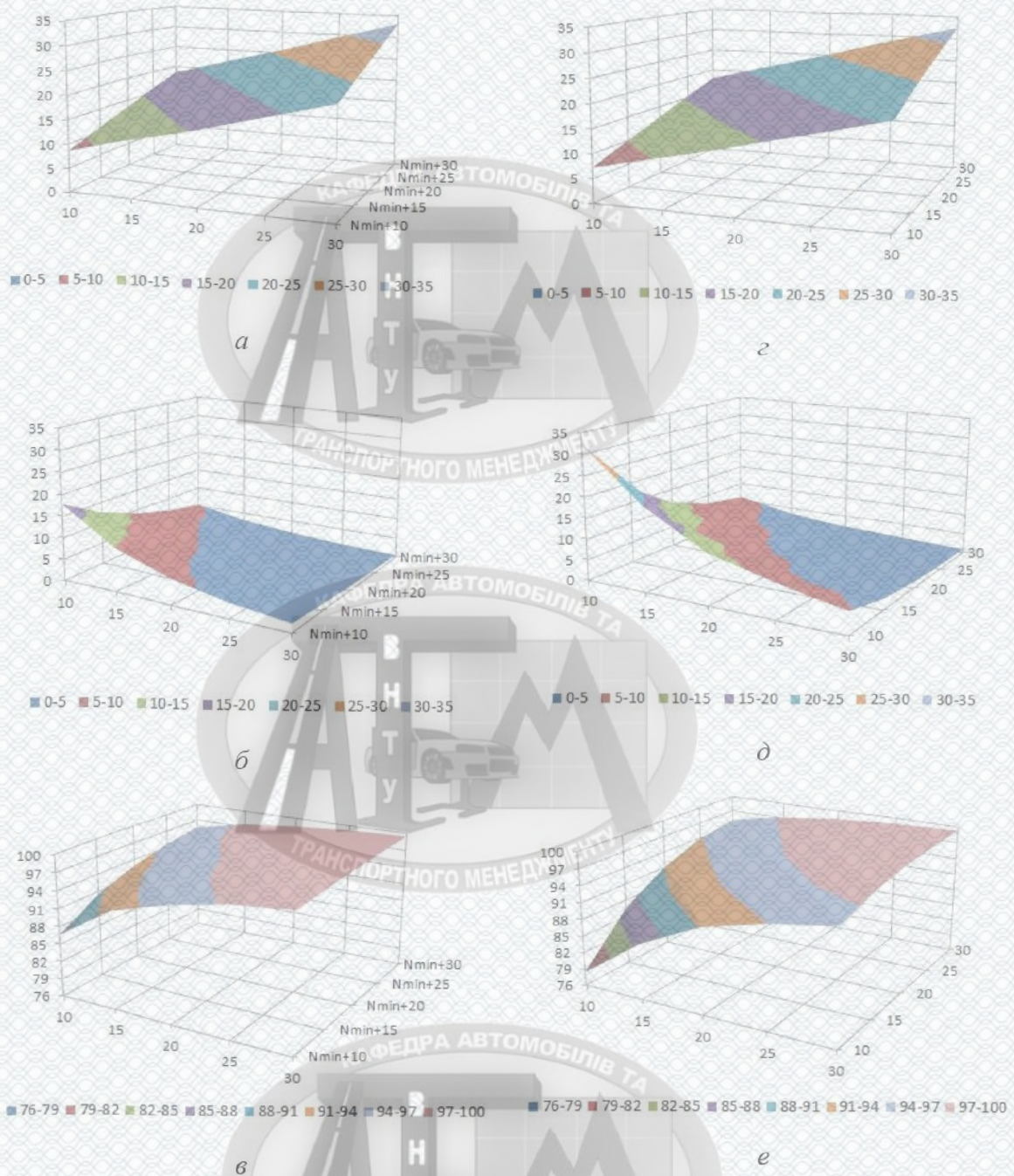


Рисунок 3.4 - Залежності показників ефективності керування складом від параметрів системи керування запасами: *а, б, в* - модель з фіксованим розміром замовлення; *г, д, е* - модель «мінімум-максимум»

3.4 Методика перевірки адекватності імітаційної моделі складу

Перевірку на адекватність розробленої методики керування складом автомобільних запасних частин будемо робити на основі її ефективності. Для

цього проведемо порівняльний аналіз фактичного керування складом автомобільних запасних частин та змодельованого, як показано на рис. 3.5. Візьмемо реальні дані руху деталі на складі за певний період, наприклад два останні місяці роботи підприємства, як показано на рис. 3.5, і накладемо на даний графік рух, що моделюється. Моделювання здійснювалося за отриманими оптимальними значеннями параметрів управління складом з урахуванням статистичних даних протягом періоду роботи підприємства, крім останніх двох місяців. Якщо запропонована модель скорочує дефіцит та середні складські запаси, то вона є ефективною та адекватною.

Також, для перевірки адекватності моделі, порівнюються задані користувачем бажані показники дефіциту або середнього складського запасу та одержувані в ході імітаційного експерименту.



Рисунок 3.5— Порівняння фактичного та змодельованого руху запасу

Висновки до розділу 3

1. Розроблена методика дозволяє керівнику складу запасних частин знаходити оптимальні рішення щодо складання замовлення на поповнення запасу, що дозволяють досягти заданої норми показників ефективності роботи складу та, за необхідності, у будь-який момент скоригувати ці норми. У результаті з'являється можливість автоматизувати управляючий контроль структурним і кількісним станом складу запасних частин.

2. На основі методики, представленої в даному розділі, розроблено програму, що дозволяє моделювати процес управління складом запасних частин. Для зручності користування, програма візуалізує залежність складських витрат від параметрів системи управління складом, у вигляді тривимірних графіків.

3. Достовірність отриманих результатів імітаційних експериментів, обґрунтована адекватністю математичних моделей, у яких прийнято коректні припущення, що відповідають реальним процесам на підприємствах, що обслуговують та експлуатують АТЗ і підтверджується збігом у допустимих межах теоретичних та експериментальних даних.



РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ, МОЖЛИВОСТІ ЇХ ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

4.1 Результати моделювання потреби у запасних частинах та оцінки достовірності отриманих результатів

За методикою наведеною в розділі 3, побудуємо частотне порівняння для підбраної суміші функцій імовірнісних розподілів та даних про обсяг попиту для деталей: 1) реле поворотів КамАЗ; 2) насос водяний «КамАЗ» (у зборі, шків 2 канавки); 3) шайба мідна гальмівних шлангів D-12мм; 4) муфта вимкнення зчеплення у зборі з підшипником (рис. 4.1). Подані гістограми свідчать, що теоретичний розподіл добре узгоджується з емпіричними даними. Розрахункові значення h_j , r_j , λ_k , λ'_k отримані за методикою, наведеною в розділі 3, даних деталей представлені у таблиці 4.1.

Побудовані 90-відсоткові довірчі інтервали, які наведено в таблиці 4.2, $l(\alpha)$ та $u(\alpha)$ - відповідно верхні та нижні кінцеві точки цих інтервалів. Оскільки для всіх деталей $0 \in [l(\alpha), u(\alpha)]$, то різниця, що спостерігається не буде статистично значущою на рівні α і може бути пояснена вибірковими флуктуаціями. Вся важливість відповідності, що перевіряється, для середніх значень та дисперсії модельованого та фактичного попиту показана в розділі 4.3. Також для даних поданих у таблиці 4.1 за критерієм згоди Колмогорова-Смирнова підібрані розподіли попиту, які не спростовуються на рівні $\alpha = 0,05$.

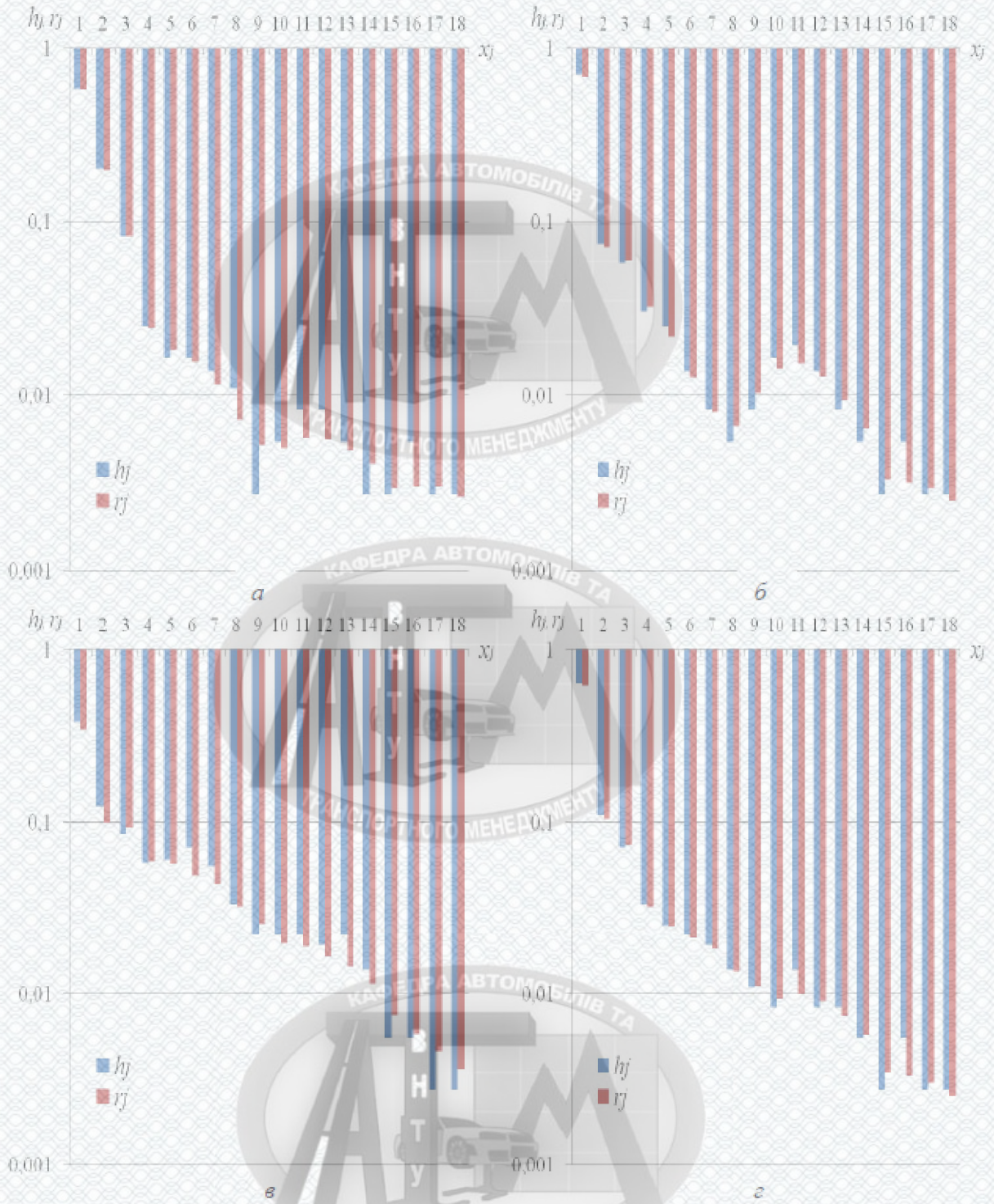


Рисунок 4.1 - Частотне порівняння для підбраної суміші функцій імовірнісних розподілів та даних про обсяг попиту: *а* - реле поворотів КамАЗ, ЛіАЗ ; *б* - насос водяний «КамАЗ» (у зборі, шків 2 канавки); *в* - шайба мідна гальмівних шлангів D- 12мм; *г* - муфта вимкнення зчеплення в зборі з підшипником

Таблиця 4.1- Порівняння емпіричних та теоретичних розподілів попиту

1. Данні по реле поворотів					2. Данні по насос сист. охолодж.				
Емпіричні			теоретичні		Емпіричні			теоретичні	
x	N	h_j	r_j	λ_k, λ'_k	x	N	h_j	r_j	λ_k, λ'_k
0	213	0,5852	0,5758	$\lambda_1 = 0,4446$ $\lambda'_1 = 0,2394$ $\lambda_2 = 0,0629$ $\lambda'_2 = 1,8615$ $\lambda_3 = 0,0156$ $\lambda'_3 = 3,4981$ $\lambda_4 = 0,0144$ $\lambda'_4 = 4,5215$	N	h_j	r_j	λ_k, λ'_k	$\lambda_1 = 0,2271$ $\lambda'_1 = 0,0530$ $\lambda_2 = 1,6000$ $\lambda'_2 = 1,8615$ $\lambda_3 = 0,0826$ $\lambda'_3 = 3,0967$ $\lambda_4 = 0,0137$ $\lambda'_4 = 4,2764$
1	74	0,2033	0,1982		1	27	0,0742	0,0708	
2	30	0,0824	0,0823		2	21	0,0577	0,0595	
3	9	0,0247	0,0243		3	11	0,0302	0,0324	
4	6	0,0165	0,0182		4	9	0,0247	0,0218	
5	6	0,0165	0,0155		5	5	0,0137	0,0126	
6	5	0,0137	0,0114		6	3	0,0082	0,0080	
7	4	0,0110	0,0071		7	2	0,0055	0,0066	
8	1	0,0027	0,0053		8	3	0,0082	0,0102	
9	2	0,0055	0,0051		9	6	0,0165	0,0140	
10	3	0,0082	0,0058		10	7	0,0192	0,0151	
11	3	0,0082	0,0056		11	5	0,0137	0,0128	
12	2	0,0055	0,0049		12	3	0,0082	0,0093	
13	1	0,0027	0,0041		13	2	0,0055	0,0064	
14	1	0,0027	0,0030		14	1	0,0027	0,0033	
15	2	0,0055	0,0030		15	2	0,0055	0,0032	
16	1	0,0027	0,0030		16	1	0,0027	0,0030	
17	1	0,0027	0,0027	17	1	0,0027	0,0025		
3. Данні по шайбі мідній					4. Данні по муйті викл. зчеплення				
Емпіричні			теоретичні		Емпіричні			теоретичні	
x	N	h_j	r_j	λ_k, λ'_k	x	N	h_j	r_j	λ_k, λ'_k
0	137	0,3764	0,3422	$\lambda_1 = 0,6425$ $\lambda'_1 = 0,7937$ $\lambda_2 = 0,3256$ $\lambda'_2 = 2,0392$ $\lambda_3 = 0,1039$ $\lambda'_3 = 3,5962$ $\lambda_4 = 0,00031$ $\lambda'_4 = 8,3781$	0	232	0,6374	0,6183	$\lambda_1 = 0,3138$ $\lambda'_1 = 0,6196$ $\lambda_2 = 0,1009$ $\lambda'_2 = 2,3500$ $\lambda_3 = 0,0528$ $\lambda'_3 = 3,5354$ $\lambda_4 = 0,0133$ $\lambda'_4 = 3,8800$
1	45	0,1236	0,0994		1	40	0,1099	0,1044	
2	31	0,0852	0,0933		2	26	0,0714	0,0735	
3	21	0,0577	0,0587		3	12	0,0330	0,0320	
4	22	0,0604	0,0569		4	9	0,0247	0,0245	
5	26	0,0714	0,0489		5	8	0,0220	0,0212	
6	20	0,0549	0,0431		6	7	0,0192	0,0183	
7	12	0,0330	0,0321		7	5	0,0137	0,0135	
8	8	0,0220	0,0254		8	4	0,0110	0,0111	
9	8	0,0220	0,0197		9	3	0,0082	0,0093	
10	8	0,0220	0,0189		10	5	0,0137	0,0099	
11	7	0,0192	0,0165		11	3	0,0082	0,0090	
12	8	0,0220	0,0143		12	3	0,0082	0,0074	
13	5	0,0137	0,0113		13	2	0,0055	0,0057	
14	2	0,0055	0,0075		14	1	0,0027	0,0035	
15	2	0,0055	0,0058		15	2	0,0055	0,0033	
16	1	0,0027	0,0046		16	1	0,0027	0,0030	
17	1	0,0027	0,0036	17	1	0,0027	0,0025		

Таблиця 4.2 - Порівняння емпіричних та теоретичних розподілів попиту

	Реле поворотів			Шайба мідна			Насос сис. охолодж			муфта викл. зчеплення		
	1,31	1,45	-0,14	5,78	5,1	0,68	10,03	10,71	-0,68	6,13	5,61	0,52
	1,48	1,67	-0,19	4,08	3,91	0,17	10,88	10,54	0,34	6,29	7,14	-0,85
	1,04	1,52	-0,48	4,59	5,61	-1,02	10,61	10,2	0,41	6,12	5,44	0,68
	1,69	1,8	-0,11	6,46	6,17	0,29	11,05	10,52	0,53	6,46	6,19	0,27
	1,23	1,34	-0,11	5,44	6,12	-0,68	10,51	10,03	0,48	5,27	6,11	-0,84
	1	1,47	-0,47	5,27	5,1	0,17	11,05	10,95	0,1	7,14	6,8	0,34
	1,21	1,62	-0,41	5,36	5,61	-0,25	11,19	12,07	-0,88	6,02	5,41	0,61
	1,79	1,28	0,51	4,93	5,27	-0,34	10,54	11,22	-0,68	6,22	5,78	0,44
	1,54	1,14	0,4	4,25	4,91	-0,66	10,99	11,56	-0,57	7,31	6,8	0,51
	1,25	1,31	-0,06	5,27	4,76	0,51	10,54	11,51	-0,97	6,52	6,12	0,4
Середнє	1,35	1,46	-0,11	5,14	5,26	-0,11	10,74	10,93	-0,19	6,35	6,14	0,21
$l(\alpha)$			0,10			0,24			0,19			0,56
$u(\alpha)$			-0,31			-0,46			-0,57			-0,14

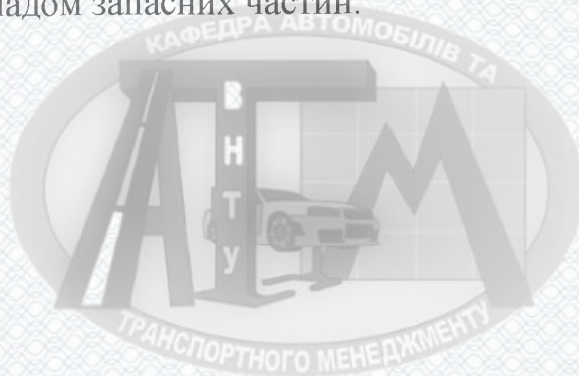
4.2 Результати вибору моделі керування складом

За запропонованою методикою був виконаний імітаційний експеримент. Набір вихідних даних для моделювання містив статистику приватного підприємства «Агропроменерго»: статистику руху кожної позиції номенклатури запасів на складі, їхню закупівельну та відпускну вартість, час виконання заявки на поповнення запасу, витрат на зберігання. Вихідні дані – кількісні оцінки параметрів ефективності управління складом, номенклатура складу приватного підприємства «Агропроменерго» становить приблизно 5 тис. найменувань. Для зібраних статистичних даних продажів запасних частин, за методикою та алгоритмом, описаним у другому та третьому розділах, були отримані значення параметрів функцій сумішей ймовірнісних розподілів. Значення попиту з кожної запасної деталі на перспективний період розраховувалися шляхом зворотного перетворення з отриманих функцій сумішей ймовірнісних розподілів. Отримані результати представлені у таблиці 4.3 та рис. 4.2.

Таблиця 4.3 Залежність показників ефективності управління складом від параметрів системи управління запасами

Модель з фіксованим розміром замовлення.							Модель «максимум-мінімум»						
1. Середній складський запас													
		Мінімальний складський запас					Максимальний складський запас		Мінімальний складський запас				
		10	15	20	25	30			10	15	20	25	30
Розмір замовлення	10	7,3	10,4	13,7	17,3	20,6		$N_{\min} + 10$	8,6	12,0	15,5	19,1	22,6
	15	10,0	13,4	16,8	20,4	24,0		$N_{\min} + 15$	11,0	14,5	18,1	21,7	25,3
	20	12,7	16,1	19,7	23,3	27,0		$N_{\min} + 20$	13,5	17,0	20,6	24,3	27,9
	25	15,4	18,9	22,5	26,1	29,7		$N_{\min} + 25$	16,1	19,6	23,2	26,8	30,5
	30	17,9	21,5	25,2	28,8	32,5		$N_{\min} + 30$	18,5	22,2	25,7	29,5	33,1
2. Дефіцит													
		Мінімальний складський запас					Максимальний складський запас		Мінімальний складський запас				
		10	15	20	25	30			10	15	20	25	30
Розмір замовлення	10	32,29	20,03	12,01	8,33	5,28		$N_{\min} + 10$	18,0	9,93	6,06	3,46	2,04
	15	18,71	10,62	6,75	3,99	2,61		$N_{\min} + 15$	12,5	7,02	3,99	2,26	1,50
	20	11,55	7,22	3,96	2,48	1,48		$N_{\min} + 20$	9,08	5,57	3,11	1,82	1,05
	25	7,80	4,74	2,68	1,88	0,99		$N_{\min} + 25$	6,80	3,88	2,26	1,33	0,83
	30	5,97	3,41	2,06	1,24	0,86		$N_{\min} + 30$	5,29	3,08	1,86	1,04	0,58
3. Рівень обслуговування													
		Мінімальний складський запас					Максимальний складський запас		Мінімальний складський запас				
		10	15	20	25	30			10	15	20	25	30
Розмір замовлення	10	78,41	85,97	91,26	94,03	95,98		$N_{\min} + 10$	86,66	92,55	95,45	97,40	98,42
	15	86,51	92,04	94,82	96,84	97,90		$N_{\min} + 15$	90,53	94,68	96,88	98,25	98,86
	20	91,12	94,55	96,82	98,02	98,76		$N_{\min} + 20$	92,95	95,79	97,61	98,60	99,17
	25	93,84	96,28	97,76	98,52	99,15		$N_{\min} + 25$	94,53	96,89	98,20	98,92	99,35
	30	95,08	97,22	98,33	98,95	99,32		$N_{\min} + 30$	95,64	97,51	98,49	99,17	99,49

У таблиці 4.3 наведено значення імітаційного експерименту за всіх інших рівних факторів для моделі управління запасами з фіксованим розміром замовлення та моделі «мінімум-максимум». З цих даних можна сформулювати залежність середнього складського запасу від рівня дефіциту (рис. 4.2). Отримані графіки наочно показують, що модель «мінімум-максимум» ефективніша для управління цим складом запасних частин.



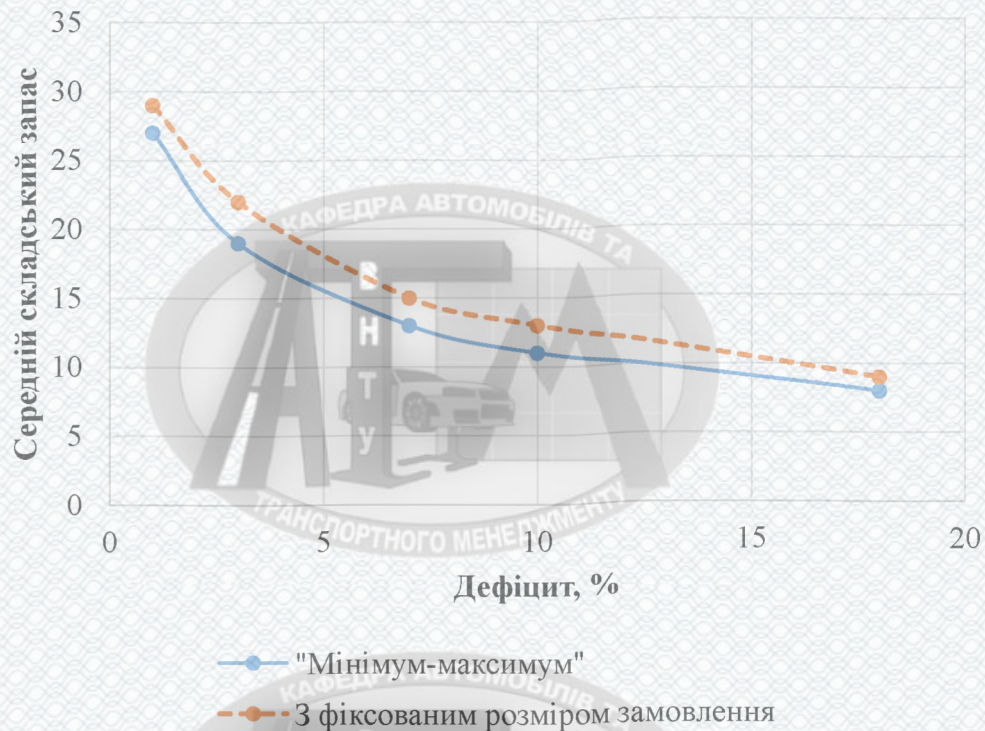


Рисунок 4.2 - Залежність середнього складського запасу від рівня обслуговування

З графіків, представлених на рис. 4.2 можна зробити висновок, що з наближення рівня дефіциту до нуля, запас дедалі швидше зростає. Наприклад, для приватного підприємства «Агропроменерго», статистичні дані якої були використані в ході цього експерименту, видно, що зниження D на 2% з $D = 10\%$ до $D = 8\%$ вимагатиме 1,7 млн грн. додаткових вкладень, у той час як для зниження D на 2% з $D = 3\%$ до $D = 1\%$, знадобиться збільшити вартість складу майже на 8 млн. грн.

4.3 Результати імітаційного моделювання процесу функціонування складу запасних частин

Кількість прогонів на імітаційній моделі визначимо за методикою розділу 3. Заданий рівень похибки δ_D визначається за формулою (3.5):

$$\delta_D = 0,05 \cdot 22,5 = 1,125.$$

Розрахунок статистичних параметрів за формулами (3.6) - (3.8) на прикладі значень дефіциту деталі, що моделюються, амортизатор «КамАЗ» зведений в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 - Залежність похибки параметра, що моделюється від кількості прогонів n

Кількість прогонів на моделі, n	10	20	50	100	200	450
ε	7,12	4,88	3,06	2,25	1,61	1,08

На основі одержаних результатів, поданих у таблиці 4.4. приймемо за необхідну кількість прогонів на моделі $n = 500$.

На основі методики, представленої в розділі 3, розроблена програма, що дозволяє моделювати весь процес управління складом запасних частин. Так само можна перевірити вплив на величину цих втрат такого фактора як час доставки; рівень значущості в імітаційному експерименті також задається в програмі користувачем.

На рис. 4.3 показано взаємозв'язок між розмірами запасів на складі автомобільних запасних частин та дефіцитом. Експериментально встановлена експоненційна залежність між середнім запасом (n) та дефіцитом (d):

$$n = \alpha \cdot \exp(b \cdot d) \quad (4.1)$$

При цьому, як показує практика, коефіцієнт b (форма кривої) змінюється в невеликому діапазоні від -0,029 до -0,035 і в середньому дорівнює -0,033.

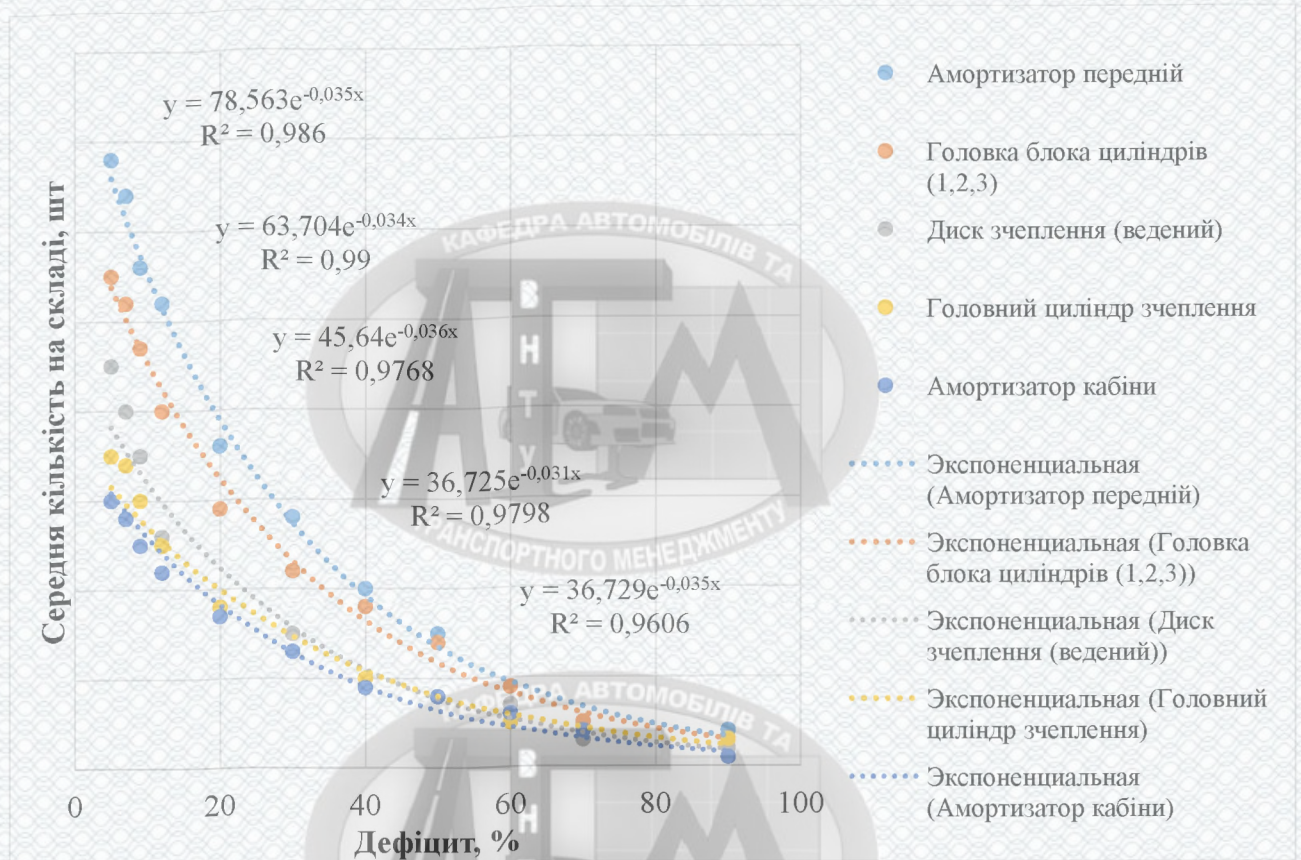


Рисунок 4.3 - Графіки залежності між середнім складським запасом та дефіцитом

Коефіцієнт α (масштаб кривої) являє собою функцію від середнього значення попиту на деталь u , квадрата коефіцієнта варіації попиту v , часу виконання заявки на поповнення запасів t і заданого рівня значущості a для параметра дефіциту, або $\alpha = f(u, v, t, a)$.

Без урахування масштабу графіків, тобто у відносних величинах ($\alpha = 1$), залежність між середнім запасом і дефіцитом, з допустимою похибкою, для автомобільних запасних частин можна представити у вигляді $n = \exp(-3,3 \cdot d) \cdot 100\%$, якщо n та d виразити в відсотках, як наведено на рис. 4.4, або у вигляді $n = \exp(-3,3 \cdot d)$ якщо n та d виразити в (рис.4.4). Даний графік дозволяє оцінити залежність між двома основними показниками ефективності управління складом запасних частин на підприємствах, що обслуговують та експлуатують АТЗ: розміром середнього складського запасу та

рівнем дефіциту.

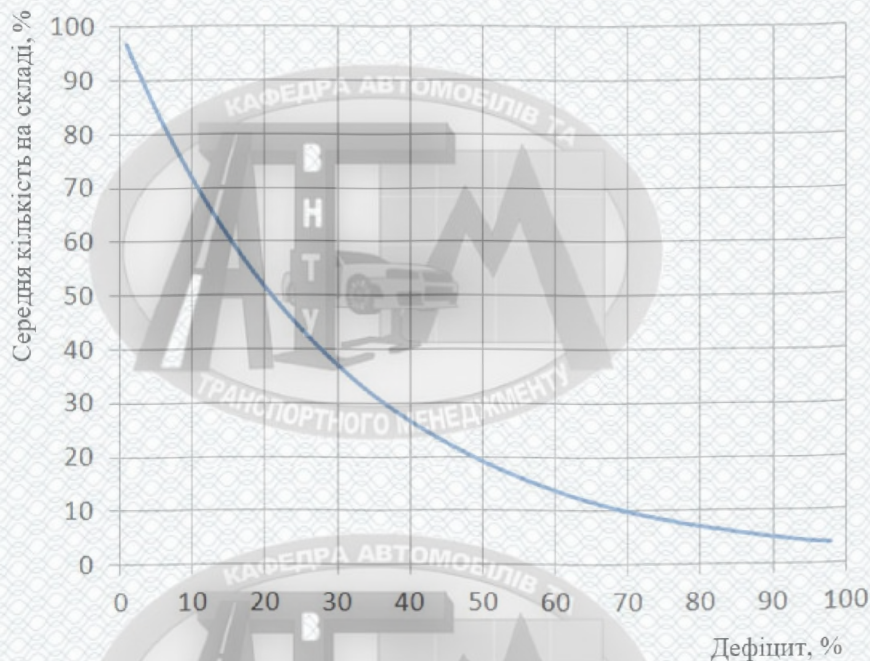


Рисунок 4.4 - Залежність між середнім складським запасом та дефіцитом у відносних величинах

Приклад результатів імітаційного моделювання за час виконання заявки на поповнення запасів $t = 7$ днів та рівні значимості $\alpha = 0,01$ представлений у таблиці 4.5.

Зібравши достатню кількість даних за коефіцієнтом α , при однакових значеннях t та α , підібравши деталі з приблизно однаковою дисперсією попиту, було встановлено, що значення коефіцієнта α прямопропорційне середньому значенню продажів в день u . Далі всі значення α ділилися на u , щоб виключити вплив цієї компоненти: отримані значення виявилися пропорційні коефіцієнту варіації попиту в квадраті v^2 . Після поділу коефіцієнта α на u і v^2 залишалося значення, що залежить тільки від заданих параметрів моделі t та α . Для спрощення використання методики був введений коефіцієнт $K_{t,\alpha} = \alpha / (u \cdot v^2)$, який залежить від двох параметрів системи керування запасами: часу виконання заявки на поповнення запасів t та заданого рівня значущості для дефіциту α .

Таблиця 4.5 - Результати імітаційного експерименту при часі виконання заявки на поповнення запасів $t = 7$ днів та рівні значимості $\alpha = 0,01$

№	Найменування деталі	a	b	Середнє значення прожар в день, шт	Середнє квадратичне відхилення попиту	Коефіцієнт варіації попиту	K_t
1	Амортизатор КАМАЗ	70,4	-0,034	1,083	3,972	3,667	4,833
2	Амортизатор передній кабіни КАМАЗ	29,9	-0,029	0,690	2,065	2,992	4,840
3	БОЛТ М14х1,5 кріплення карданного вала переднього моста КАМАЗ	352	-0,033	1,073	8,973	8,359	4,693
4	Головний циліндр зчеплення в зборі КАМАЗ	35,9	-0,032	0,617	2,193	3,555	4,604
5	Головка циліндра КАМАЗ ЕВРО-1,2,3 (взборі)	57	-0,031	0,844	3,227	3,822	4,621
6	Диск зчеплення ведений КАМАЗ (взборі)	47,8	-0,031	1,156	3,421	2,960	4,720
7	Диск зчеплення нажимний з кожухом КАМАЗ (взборі)	20,2	-0,033	0,483	1,434	2,969	4,743
8	Клапан перепускний ПНВТ	108,2	-0,034	1,284	5,352	4,167	4,850
9	Колодки гальмівні КАМАЗ	87,5	-0,034	0,721	3,631	5,037	4,785

Середнє значення коефіцієнта $K_{t,\alpha}$ при $t = 7$ днів і $\alpha = 0,01$: $K_{7;0,001} = 4,74$
 Приблизні значення коефіцієнта $K_{t,\alpha}$, що враховує час доставки замовлення складу і рівень значимості для дефіциту складі, отримані під час імітаційного експерименту наведено у таблиці 4.6.

Таким чином, у ході виконання даної роботи, була отримана залежність між фінансовими вкладеннями до складу запасних частин та рівнем задоволення потреб у них. Достатньо лише мати статистику потреби у запасних частинах за деякий попередній період (точність розрахунків залежатиме від її обсягу), щоб отримати приблизні оцінки параметрів ефективності управління складом.

Таблиця 4.6 - Наближені значення коефіцієнта $K_{t,\alpha}$

α / t	3 днів	5 днів	7 днів	9 днів	11 днів
0,01	3,5	4,2	4,7	5,4	5,7
0,03	3,0	3,6	4,0	4,6	4,9
0,05	2,7	3,3	3,6	4,1	4,4
0,1	2,5	3,0	3,3	3,8	4,0
0,2	2,1	2,5	2,8	3,2	3,4

Як приклад візьмемо статистику реалізації запасних частиин приватного підприємства «Агропроменерго» (таблиця 4.7).

Таблиця 4.7 Статистика продажів та експериментальні дані коефіцієнта α

№	Найменування	2.01	3.01	4.01	5.01	8.01	9.01	10.01	...	30.12	u	v	α
1	Клапан перепускний ПНВТ КАМАЗ	0	0	51	0	0	0	0	0	0	1,284	4,167	108,2
2	Муфта вимкнення зчеплення у зборі з підшипником	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,50	3,49	86,2
3	Насос водяний КАМАЗ (у зборі) (шків 2 струмки)	0	0	0	3	0	0	2	0	0	0,58	2,66	19,2
4	Розпилювач форсунки КАМАЗ "ЯЗДА"	0	0	250	0	0	0	100	0	0	6,33	3,78	424,0

Розрахувавши середні значення продаж u , коефіцієнти варіації v і підібравши потрібний коефіцієнт $K_{7;0.05} = 3,6$ визначасмо значення параметра α

$$\alpha = K_{t,\alpha} \cdot u \cdot v^2 \quad (4.2)$$

Допустимо, ми хотіли б визначити з ймовірністю 95%, яку середню кількість «Клапанів перепускних ПНВТ КАМАЗ» необхідно мати, щоб їх дефіцит на складі не перевищував 2%. Тоді за формулою (4.1) знаходимо:

$$n = 89,2 \cdot \exp(-0,033 \cdot 2) = 83$$

Перевівши одиниці виміру запасу з штук в грн., можна, проінтегрувавши всю номенклатуру складу, отримати середній складський запас для заданих умов системи управління запасами.

Існує зворотне завдання - знаючи фінансові можливості компанії, визначити для конкретної суми можливо досяжний рівень дефіциту. Тоді знаючи середню кількість деталей «Насос водяний КАМАЗ (у зборі, шків 2 канавки)» на складі n , наприклад $n = 12$, визначимо дефіцит. Приймаємо $K_{9,0,001} = 5,4$, знайдемо α : $\alpha = 5,4 \cdot 0,58 \cdot 2,66^2 = 22,2$.

Далі визначимо d , виразивши його з формули 4.1:

$$d = \frac{\ln \frac{n}{\alpha}}{b} \quad (4.3)$$

$$d = \frac{\ln \frac{12}{22,2}}{-0,033} = -18,6.$$

Таким чином, можна стверджувати з ймовірністю 99%, що в середньому на складі 12 водяних насосів КАМАЗ (у зборі, шків 2 канавки), то при оптимальному управлінні запасом його дефіцит не перевищить 18,6%.

4.4 Економічна ефективність результатів дослідження

Оцінимо економічну ефективність розробленої моделі за допомогою аналізу двох стратегій управління складом запасних частин приватного підприємства «Агропроменерго». Ефективність та оптимальність управління запасами компанії оцінимо шляхом порівняння модельованого та фактичного технологічних процесів за низкою факторів: рівень дефіциту, оборотність, середня вартість вкладених коштів. Теоретичний процес функціонування складу заснований на методі імітаційного моделювання, де вхідний потік вимог на автомобільні деталі та компоненти, використовуючи статистику попереднього періоду спостереження, визначається як функція суміші імовірнісних розподілів, а саме, надходження покупців та розмір вимог утворюють складовий Пуассонівський процес.

Економічний ефект від впровадження отриманих результатів дослідження оцінимо за методикою з розділу 2.

Для порівняльного аналізу використовувалися дані щодо більш ніж 60 найменувань запасних частин, що відносяться до групи А за ABC-аналізом (що становлять приблизно 80 % всієї вартості складу). У процесі моделювання руху кожної деталі на складі значення мінімального та максимального складського запасу визначалися на наступний день роботи складу на підставі статистики попередніх 364 днів.

Економічний ефект від зниження дефіциту з кожної деталі визначимо за формулою (2.24). З рис. 3.7 (де представлені моделюваний та реальний процеси руху «Шайби d10 мідної») видно, що за два місяці роботи складу дефіцит на шайбу d10 мідну фактичний склав 33 дні, а дефіцит змодельований - 7 днів, тому:

$$E_d = (33 - 7) \cdot 54 \cdot 4 \cdot 0,22 = 1236.$$

Через дефіцит лише однієї даної деталі підприємство за два місяці втратило на 1236 грн. більше, ніж могло б, використовуючи запропоновану в роботі

методику. Дані з деяких деталей представлені у таблиці 4.8.

Економічний ефект протягом року від зниження дефіциту E_1 для всіх деталей складу групи А з АВС-класифікації визначимо за формулою (2.26). Загальні продажі деталей групи А за рік становлять 204 млн. грн., тоді:

$$E_1 = (76 - 33) \cdot \frac{204}{364} \cdot 0,22 = 5,3$$

Дефіцит знайдемо за формулою (2.22), фактичний та змодельований дефіцит рівні відповідно %:

$$D_{\Phi} = \frac{76}{364} \cdot 100 = 20,8$$

$$D_M = \frac{33}{364} \cdot 100 = 9$$

Таблиця 4.8 - Оцінка економічного ефекту від зниження дефіциту складі

№	Найменування деталей	ДФ	ДМ	П	С	К	E_d	K_d
1	Шайба d10 мідна	88	38	54	4	0,22	2376	2,32
2	Прокладка колектора	48	22	33	17	0,22	3209	2,18
3	Гайка М12	97	40	21	8	0,22	2107	2,43
4	Кільце фторопластове	90	31	17	39	0,22	8606	2,90
5	Штовхач клапана Cummins	20	12	16	287	0,22	8082	1,67
6	Гайка колісна 4308	36	16	16	233	0,22	16403	2,25
7	Кільце втулки	55	21	14	5	0,22	524	2,62
8	Прокладка головки блоку	63	26	14	275	0,22	31339	2,42
9	Гравер d12	51	20	13	2	0,22	177	2,55
10	Гайка М16	92	35	5	9	0,22	564	2,63
Середнє значення:		76	33					2,3

Економічний ефект від зниження надлишку запасів кожної деталі знайдемо

за формулою (2.27). Надлишок запасів на складі лише однієї позиції «Лампа габаритна А-24-5-1» призводить до зайвих вкладень у розмірі близько 41 тис. грн.: $E_E = (6000 - 847) \cdot 8 = 41224$. Дані з деяких деталей представлені у таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 - Оцінка економічного ефекту від зниження надлишку запасів

№	Найменування	N _Ф	N _М	Ц	E _Г	K _Г
1	Лампа габаритна А-24-5-1 (540 шт в уп)	6000	847	8	41224	7,08
2	Лампа поворотна А24-21-3	7466	788	7	46746	9,47
3	Фільтр паливний	1577	1382	50	9750	1,14
4	Прокладання колектора випускних газів	1594	903	48	33168	1,77
5	Шайба d14 мідна	2099	783	4	5264	2,68
6	Болт карданний малий М14х1, 5х40	1122	912	36	7560	1,23
7	Гайка колісна посилена	854	341	18	9234	2,50
8	Прокладка кришки клапанів	659	285	13	4862	2,31
9	Кільце форсунки	954	256	3	2094	3,73
10	Болт карданний великий М16х1, 5х42	1508	276	38	46816	5,46
11	Шпилька колісна М18х1, 5х25х40	603	294	32	9888	2,05
12	Прокладка кришки клапанів	659	285	13	4862	2,31
13	Фільтр повітряний ЄВРО	223	225	557	-1114	0,99
14	Фільтр масляний	1254	302	84	79968	4,15
15	Гайка колісна ЄВРО	577	483	55	5170	1,19

Середня вартість складу в грошовому еквіваленті дорівнює 104 млн. грн. На товари групи А припадає близько 80% всього складу, тобто приблизно 83 млн. грн. Вводимо коефіцієнт надлишку K_i , що показує у скільки разів фактичний запас перевищує змодельований. З урахуванням того, що дефіцит для процесу, що моделюється, на 11,8 % менше, то середня вартість складу для нього зросте в $0,91 \div 0,792 = 1,15$ рази:

$$V_M = \frac{V_\Phi}{K_i} \cdot 1,15 \quad (4.4)$$

$$V_M = \frac{83}{1,84} \cdot 1,15 = 51,9.$$

Економічний ефект за рік від зниження надлишку запасів для всіх деталей складу групи А за ABC-класифікацією знайдемо за формулою (2.28):

$$E_2 = (83 - 51,9) \cdot 0,114 = 3,55$$

Таким чином, за рік від надлишків запасів, що зберігаються, підприємство зазнає втрат у розмірі 3,55 млн. грн. Фактична оборотність складу підприємства $O_\phi = 2,46$ рази на рік або 148 днів. Оборотність складу для процесу, що моделюється, складе:

$$O_M = \frac{P_M}{V_M} \cdot 1,15, \quad (4.5)$$

$$O_M = \frac{204}{51,9} \cdot 1,15 = 4,52.$$

Порівняльний аналіз фактичного та змодельованого процесу показав перевагу використання запропонованої методики, а саме економічний ефект, розрахований за формулою (2.29) дорівнює:

$$EEB = 0,53 + 0,355 = 0,885$$

Таким чином, за допомогою запропонованої методики можна підвищити оборотність запасів групи А з 2,46 до 4,52 раз на рік; знизити дефіцит із 21% до 9%; зменшити запаси у 1,6 рази та, згідно з приблизними розрахунками, отримати економічний ефект у розмірі 0,85 млн. грн. на рік (або 10,7% оборотних коштів).

Висновки до розділу 4

1. Аналіз результатів, отриманих у ході імітаційного моделювання складу автомобільних запасних частин, виявив залежність між фінансовими вкладеннями до складу запасних частин та рівнем задоволення потреб у них. Отримана закономірність дозволяє без складних обчислень та застосування імітаційного моделювання визначати на практиці необхідні фінансові вкладення у запаси для досягнення заданого граничного рівня дефіциту на підприємствах, які обслуговують та експлуатують АТЗ. І тому досить статистики попиту на запасні частини за деякий попередній період.

2. Порівняльний аналіз фактичного та модельованого процесів управління складом запасних частин приватного підприємства «Агропроменерго», показав перевагу використання розробленої методики, а саме розрахунковий економічний ефект у розмірі майже 9 млн грн. Виходячи з приблизних розрахунків, оборотність складу підприємства з впровадженням отриманих результатів покращиться з 2,46 разів на рік (або 148 днів), до 4,52 разів (або 81 день). У той же час середній складський запас на моделі показав значення в 1,6 рази менше фактичного.



ВИСНОВКИ

1. Виявлено закономірності та особливості формування потреби в запасних частинах на ПП «Агропроменерго», які є функцією суміші ймовірнісних розподілів, що включає ймовірності появи споживачів та обсягу їх вимог.

2. Виявлено взаємозв'язки між параметрами моделі складу запасних частин, керуючими впливами на неї та показниками ефективності роботи складу: попиту, часу постачання на склад, мінімального та максимального розміру запасу; середньої вартості запасів, рівня обслуговування та розміру дефіциту на складі.

3. Експериментально встановлено функціональну залежність між середнім розміром запасу і дефіцитом.

4. На основі виявлених закономірностей сформовано імітаційну математичну модель, яка враховує виявлені залежності між параметрами ефективності, а також закономірності формування потреб, що робить управління складом запасних частин ефективнішим.

5. Виконана перевірка результатів дослідження в умовах приватного підприємства «Агропроменерго» показує, що оборотність запасних частин групи А на складі збільшилася з 2,46 до 4,46 рази на рік, їх дефіцит знизився з 21 до 9%, а їх запаси зменшилися в 1,6 рази. Розрахунковий економічний ефект від застосування результатів дослідження на даному підприємстві становить 0,25 млн. грн. на рік (або 10,7% оборотних коштів).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антонюк О. П., Пінчук О.О. Аналіз технологічного процесу керування складом запасних частин // Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)», Вінниця, 2024 - ВНТУ. – 4 с.

1. Андрусенко С. І. До формування критерію оптимізації системи постачання запчастин в підприємствах автосервісу / С. І. Андрусенко, О. С. Бугайчук // Вісник Національного транспортного університету. – 2011. – № 23. – С. 72 – 78. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2011_23_13.

2. Андрусенко С. І. Дослідження впливу параметрів АВС-системи постачання запчастин на роботу підприємства автосервісу / С. І. Андрусенко, О. С. Бугайчук // Вісник Національного транспортного університету. – 2010. – № 21(2). – С. 3-8. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2010_21\(2\)_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2010_21(2)_3).

1. Андрусенко С. І. Дослідження впливу параметрів АВС-системи постачання запчастин на роботу підприємства автосервісу / С. І. Андрусенко, О. С. Бугайчук // Вісник Національного транспортного університету. – 2010. – № 21(2). – С. 3-8. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2010_21\(2\)_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2010_21(2)_3).

3. Андрусенко С. І. Дослідження впливу постачання запчастин на роботу виробничої системи підприємства автосервісу / С. І. Андрусенко, О. Є. Січко, О. С. Бугайчук // Вісник Національного транспортного університету. – 2010. – № 20. – С. 187–192. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2010_20_33.

2. Антонюк О.П. Багатокритеріальна оцінка якості перевезень пасажирів з використанням психофізіологічної шкали бажаності / О.П. Антонюк, Ю.В. Мельничук // Тези XV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» 24-26 жовтня 2022 року. – Житомир: Житомирська політехніка, 2022. – С. 7–9.

4. Антонюк О. П. Аналіз методів визначення номенклатурних груп

запасних частин / Олег Павлович Антонюк. // Вісник СевНТУ. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – 2013. – №142. – С. 181–183. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsntum_2013_142_49

3. Бабій, М.В. Обґрунтування раціональної тривалості робочого часу водія при виконанні транспортних операцій [Текст]: Вісник ХНТУСГ / М.В. Бабій, А.Й. Матвійшин, А.В.Бабій. – Харків: Вип. № 169, 2016. – 236 с.

4. Базар, Є. М. Особливості розрахунку кількості впливів технічного обслуговування рухомого складу для сучасних АТП. [Електронний ресурс] / Житомирська політехніка. – Електрон. дані. – Житомир, [2022]. – Режим доступу: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/12/13.pdf>. Назва з екрана. – Дата перегляду 12.11.2023.

5. Бережна, Н.Г. Моделювання динамічних процесів в логістичних системах вантажоперевезень.[Текст]: навчальний посібник / Н.Г. Бережна. – ХНТУСГ, 2017. – 76 с.

6. Біліченко В. В. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи зі спеціальності 274 - «Автомобільний транспорт»: навч. пос. / В. В. Біліченко, А. А. Кашканов, В. П. Кужель. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 65 с.

5. Біліченко В. В. Обґрунтування критеріїв оцінки ефективності вибору запасних частин, що зберігаються на складі АТП для підтримки в справному стані його рухомого складу / В. В. Біліченко, О. П. Антонюк. // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2016. – №2(77). – С. 56–61. Режим доступу: <http://vtn.ztu.edu.ua/article/view/80421/76197>

6. Біліченко В.В. Особливості застосування методу ABC для забезпечення запасними частинами рухомого складу автотранспортного підприємства / В. В. Біліченко, С. В. Цимбал, О. П. Антонюк // Матеріали XII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» 21-23 жовтня, 2019 р.: збірник наукових праць / Міністерство освіти та науки України, Вінницький

національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця, ВНТУ, 2019р. – С. 16-21.

7. Біліченко В.В. Характеристика концепції щодо впровадження раціонального забезпечення регіонального вантажного АТП запасними частинами / В.В. Біліченко, В.А. Макаров, Т.В. Макарова, О.П. Антонюк // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки – 2018 – № 2(82). – С. 21–24.

8. Біліченко В.В. Визначення впливу інтенсивності експлуатації рухомого складу АТП на потребу у запасних частинах / В.В.Біліченко, О.П.Антонюк // Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту: Х-а Міжн. наук.-практ. конф., м. Вінниця, 23-25 жовтня 2017 р.: тези доповіді. – Вінниця, 2017. С. 27–30.

7. Біліченко, В. В. Виробничі системи на транспорті: стратегії розвитку [Текст]: монографія / В. В. Біліченко; ВНТУ. – Вінниця: ВНТУ, 2016. – 268 с.

8. Біліченко, В. В. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи зі спеціальності 274 - «Автомобільний транспорт» [Текст]: навчальний посібник / В. В. Біліченко, А. А. Кашканов, В. П. Кужель. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 65 с.

9. Бугайчук О С Поліпшення діяльності підприємств автосервісу на основі оптимізації виробничих процесів: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.10 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту / Олександр Сергійович Бугайчук – Київ, 2010. – 22 с.

10. Буренніков Ю. А. Рухомий склад автомобільного транспорту [Текст]: робочі процеси та елементи розрахунку: навчальний посібник / Ю. А. Буренніков, А. А. Кашканов, В. М. Ребедайло ; ВНТУ. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 267 с.

11. Буткявічус Й. П. Практичні рекомендації щодо удосконалення організації планування та управління місцевими пасажирськими перевезеннями / Й. П. Буткявічус, В. П. Старовойда // Вісник Національного транспортного університету. – 2003. – №8. – С. 135–137.

12. Вдовиченко В.О. Ефективність функціонування міської пасажирської транспортної системи: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. На-ук : спец. 05.22.01 / Вдовиченко В.О. – Київ, НТУ, 2004. – 19 с.

13. Гапчак, Т. Г., Ризики в логістичних процесах [Електронний ресурс] / Вінницький Національний аграрний університет – Електрон. дані. – Режим доступу: <http://repository.vsau.org/getfile.php/4188.pdf> – Назва з екрана. – Дата перегляду 22.11.23.

14. Ігнатенко О.С., Маруніч В.С. Організація автобусних перевезень в містах: Навч. посібник. – К.: УТУ, 1998. – 196с.

9. Кравченко О. П. Фактори що впливають на формування номенклатури та кількість запасних частин на підприємствах автомобільного транспорту / О. П. Кравченко // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2015.– №2(4). –

С. 60–66. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ctmbt_2015_2_10.

10. Кравченко О. П. Аналіз експлуатаційної надійності ДВЗ автомобілів-тягачів Mercedes-benz 1844 Actros LS / О. П. Кравченко // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. – №1(5). – С. 83–87. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ctmbt_2016_1_18.

11. Кравченко О. П. Визначення необхідності зберігання запасних частин на складі автотранспортного підприємства / О. П. Кравченко, Є. А. Верітельник // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2015. – №2(219). – С. 86–90.

12. Кравченко О. П. Скорочення часу простою автомобілів в ремонті шляхом оптимізації складу запасних частин на вантажних автотранспортних підприємствах / О.П. Кравченко, Є.А.Верітельник // Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОТАТКИ". Луцьк, 2014. Випуск №46– С. 301–306.

15. Кукурудзяк, Ю. Ю. Дипломне проектування виробничих підрозділів підприємств автомобільного транспорту [Текст] : навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, О. В. Рудь, Л. В. Кукурудзяк. – Вінниця: ПП «Едельвейс і К»,

2010.–336 с.

13. Литвишко Л. О. Організація постачання запасними частинами об'єктів автотранспортних систем / Л. О. Литвишко // Вісник Національного транспортного університету. – 2010. – № 21(1). – С. 376 – 378. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2010_21\(1\)_95](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2010_21(1)_95).

14. Литвишко Л. О. Основні підходи до формування політики управління запасами / Л. О. Литвишко // Вісник Національного транспортного університету. – 2011. – № 24(1). – С. 355 – 359. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2011_24\(1\)_87](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2011_24(1)_87).

15. Литвишко Л. О. Управління товарними запасами підприємства в ринкових умовах / Л. О. Литвишко, І. І. Кельман // Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів. – 2013. – №21. –

С. 158 – 161. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pveazp_2013_21_25.

16. Литвишко Л. О. Управління формуванням та розподілом запасних частин для транспортних засобів: дис. канд. ек. наук: 08.00.04 /

Литвишко Лілія Олександрівна – Київ, 2013. – 181 с.

16. Луб'яний П. В. Ефективність пасажирської маршрутної мережі міст: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.01 «Транспортні системи» / Луб'яний П.В. – Харків, ХНАДУ, 2005. – 20 с.

17. Лукінський, В.С. Логістика автомобільного транспорту [Текст]: навч. допомога/ В.С. Лукінський, В.І. Бережний, Є.В. Бережна. та ін. – Харків: Фінанси та статистика, 2014. – 368 с.

18. Маруніч В.С., Шморгун Л.Г. та ін. Організація та управління пасажирськими перевезеннями: підручник/ за ред. доц. В.С. Маруніч, проф. Л.Г. Шморгуна – К.: Міленіум, 2017. – 528 с.

19. Маяк М.М., Крейсман Е.А./ До раціонального вибору моделей автобусів при комплектуванні рухомого складу автотранспортних підприємств. // Вісник ЦНЦ ТАУ. – 2000. -№ 3. –С.80-82

20. Методика розподілу рухомого складу по маршрутам міського пасажирського транспорту. / Босняк М.Г., Коцюк О.Я. Укр.трансп.унів-т., К.:

1996. – 14 с. Рук. –Деп. в ГНТБ України 11.11.96, № 2205.

21. Оперативне управління автобусними перевезеннями в м. Кривий Ріг. / Є. Ю. Білокобила, К. М. Ціцельський, М. Г. Босняк, Е .А. Крейсман //Автошляховик України. – 1998. –№3. – С.5.

22. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах / Канарчук В.С., Лудченко О.А., Барилевич Л.П. та ін. –К.: Логос, 1996. – 348 с.

23. Петровська С.І. Необхідність підвищення якості обслуговування пасажирів на міському пасажирському транспорті / С.І. Петровська // Вісник Національного транспортного університету. – 2003. – №8. – С. 230–234.

24. Про внесення змін до Правил надання послуг пасажирського автомобільного транспорту : Постанова КМУ від 07 лютого 2018 р. № 181. Інформацій-ний портал <http://zakon1.rada.gov.ua/>

25. Редзюк, А.М. Сучасний стан і перспективи розвитку автотранспорту. [Текст] / А.М. Редзюк, В.Ф. Штанов. – Харків: Автошляховик України. – 2008. –№ 1. – 27 с.

26. Сахно Є.Ю. Менеджмент сервісу: теорія та практика: Навч. посіб./ Є.Ю. Сахно, М.С. Дорош, А.В. Ребенюк. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 328 с.

27. Скоробогатов Б.В. Актуалізація прогнозування попиту населення міс-та на пасажирські перевезення / Б.В. Скоробогатов, В.С. Маруніч, І. І. Франчук, І.І. Вакарчук // Вісник Національного транспортного університету. – 2003. – №8. – С. 127–134.

28. Poliakov A. Identification of improvement ways of estimation method for nomenclature and quantity of spare parts / A. Poliakov, O. Antonyuk, V. Ratsyborynskiy // Tehnomus. New technologies and products in machine manufacturing technologies. Journal. – 2013. – No. 20. – P. 34– 39. Режим доступу: http://www.fim.usv.ro/conf_1/tehnomusjournal/pagini/journal2013/files/4.pdf



Додаток А
(обов'язковий)



ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

ПОКРАЩЕННЯ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДУ ЗАПАСНИХ
ЧАСТИН ПРИВАТНОГО ПІДПРИЄМСТВА «АГРОПРОМЕНЕРГО»
МІСТО ПОГРЕБИЩЕ ВІННИЦЬКОГО РАЙОНУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ





МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ПІНЧУК ОЛЕКСАНДР ОЛЕГОВИЧ

ІЛЮСТРАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

НА ТЕМУ:

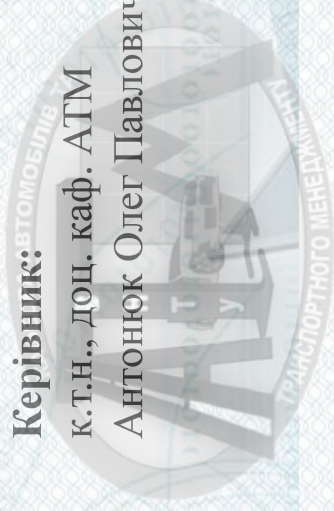


**ПОКРАЩЕННЯ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДУ ЗАПАСНИХ
ЧАСТИН ПРИВАТНОГО ПІДПРИЄМСТВА «АГРОПРОМЕНЕРГО» МІСТО
ПОГРЕБИЩЕ ВІННИЦЬКОГО РАЙОНУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Спеціальність 274 – Автомобільний транспорт



Керівник:
к.т.н., доц. каф. АТМ
Антонюк Олег Павлович



Вінниця ВНТУ 2024

Мета і задачі дослідження

Мета роботи – Мета роботи – підвищення ефективності роботи приватного підприємства «Агропромэнерго» шляхом мінімізації витрат, пов'язаних із зберіганням запасних частин на складі та зниження їх дефіциту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- виявити закономірності та особливості формування потреби у запасних частинах;
- виявити закономірності між показниками ефективності управління складом автомобільних запасних частин: середнім розміром запасу та дефіцитом (рівнем задоволення потреби);
- на основі виявлених закономірностей сформулювати математичну модель технологічних процесів управління структурою та обсягом складу запасних частин;
- дати техніко-економічну оцінку результатів дослідження.

Об'єкт дослідження – є процес забезпечення запасними частинами підприємств, що обслуговують та експлуатують АТЗ.

Предметом дослідження закономірності, що впливають на ефективність управління складом запасних частин підприємств, що обслуговують та експлуатують АТЗ.

Новизна одержаних результатів полягає наступному:

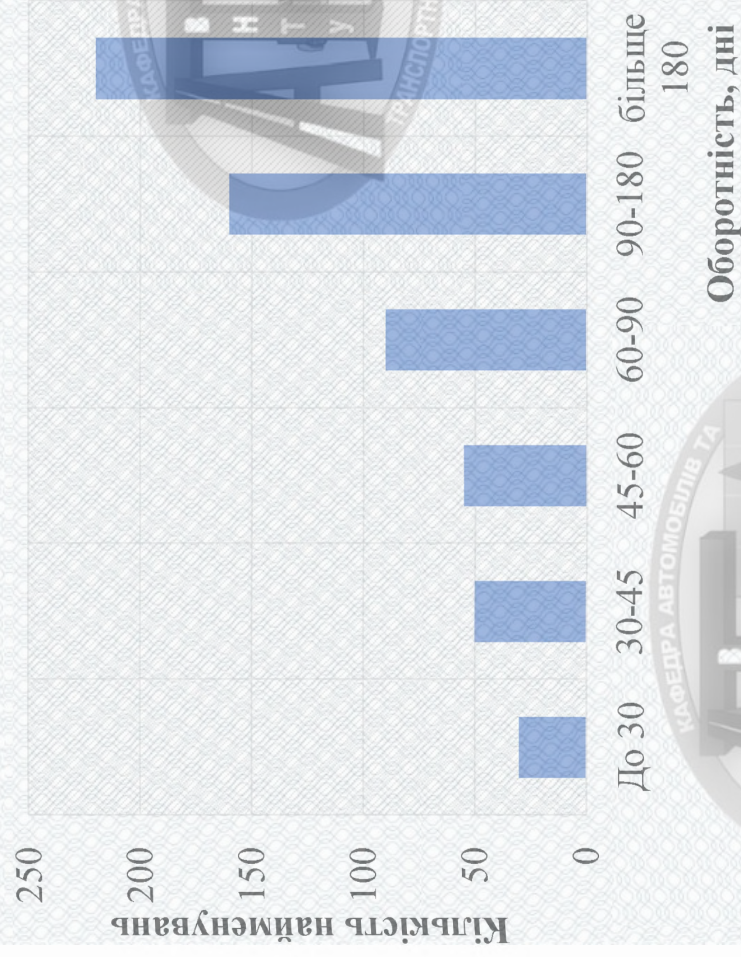
- удосконалено методику визначення потреби в автомобільних запасних частинах на підприємствах автотранспортного транспорту як функції суміші ймовірнісних розподілів;
- уточнено залежність між витратами ресурсів та ефективністю системи забезпечення запасними частинами підприємств, що обслуговують та експлуатують АТЗ;

Практична значимість отриманих результатів. Впровадження результатів роботи у технологічний процес управління складом запасних частин дозволяє підвищити ефективність функціонування підприємств, що обслуговують та експлуатують АТЗ, мінімізувати витрати матеріальних ресурсів, а також підвищити ступінь задоволеності клієнтів.

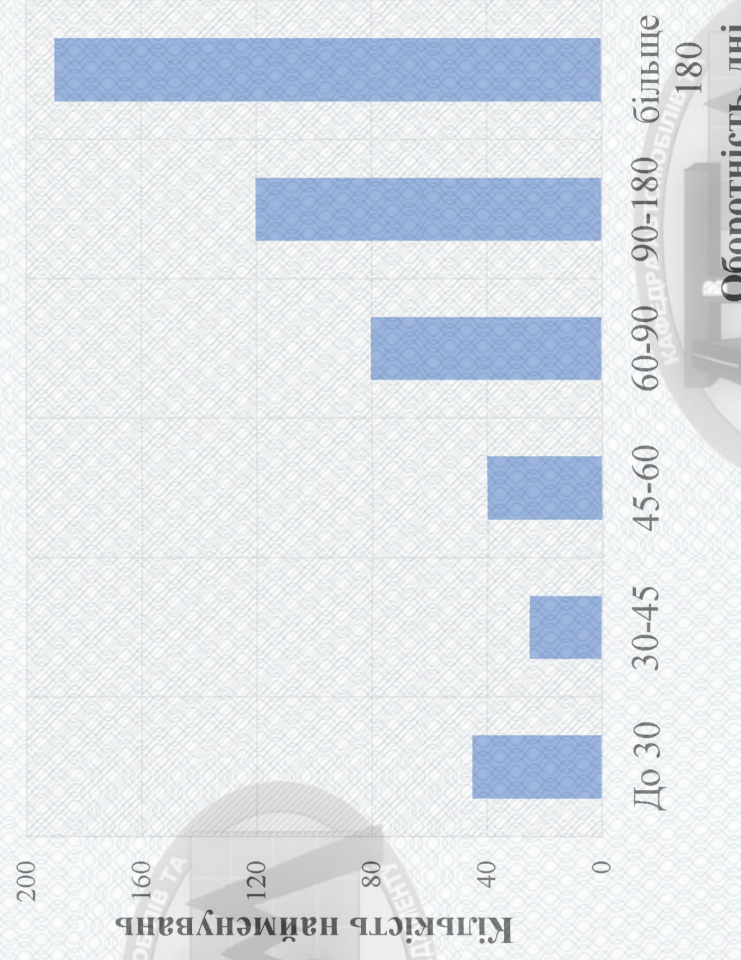
Апробація роботи. Основні положення магістерської кваліфікаційної роботи було представлено на Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025) – 15 жовтня 2024 року – 15 червня 2025 року – Україна, Вінниця, ВНТУ.

Проблеми управління складом запасних частин на підприємствах, що обслуговують та експлуатують АТЗ

Група А

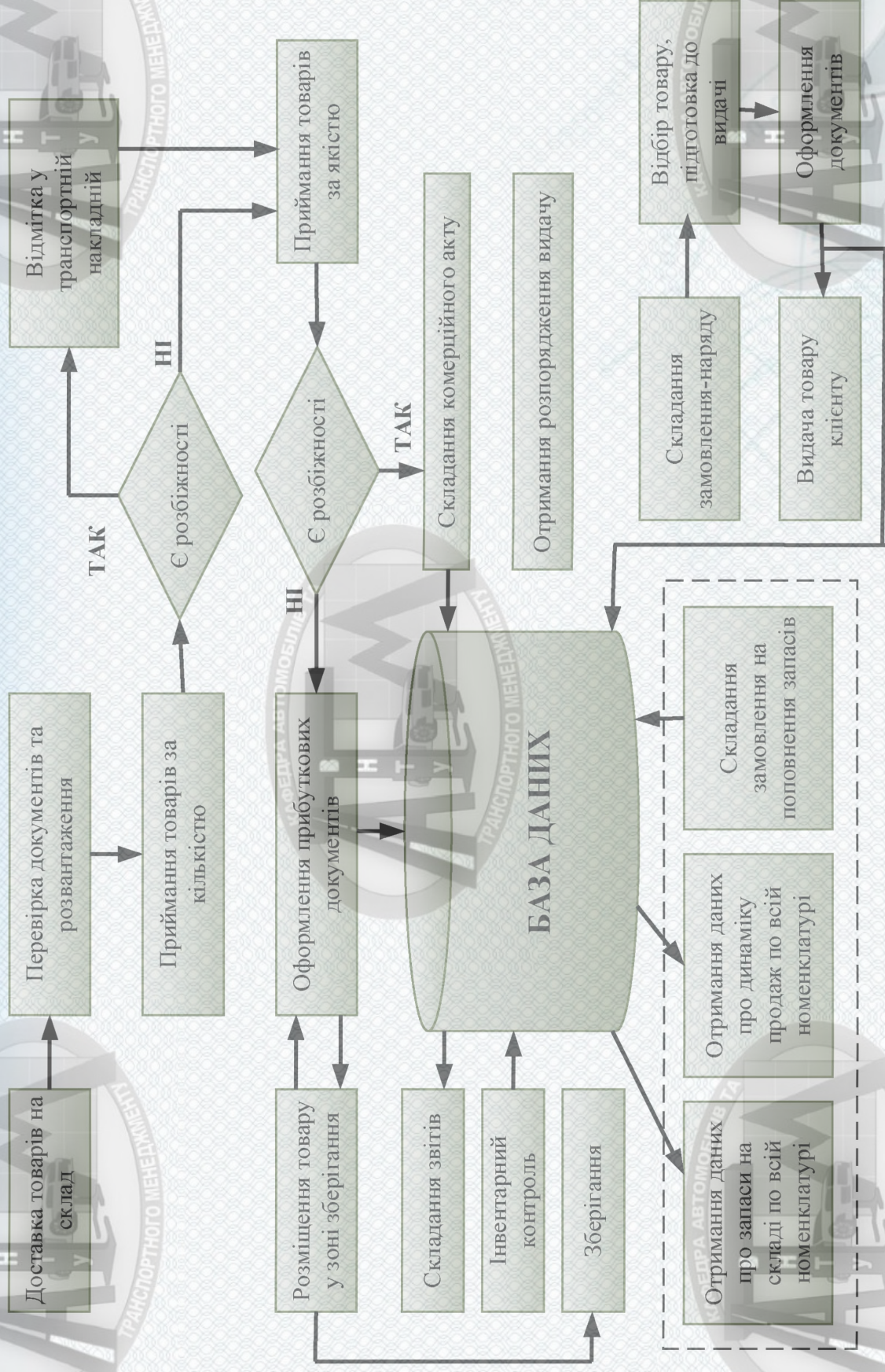


Група Б

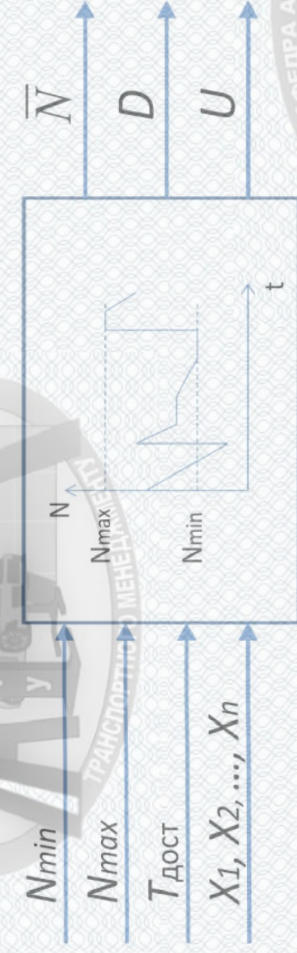


Гістограми розподілу оборотності запасів за групами

Технологічний процес керування складом



Модель процесу управління запасами



$N_{\min}$ - мінімальний складський запас;
 $N_{\max}$ - максимальний складський запас;
 $T_{\text{дост}}$ - час здійснення замовлення;

$X_1, X_2, \dots, X_n$ - випадкові величини попиту;

$\bar{N}$ - середній складський запас;

D - рівень дефіциту запасних частин на складі;

U - рівень обслуговування.

Рівняння функції густини можна представити як:

$$f(x) = p_1 \cdot f_1(x) + p_2 \cdot f_2(x) + \dots + p_n \cdot f_n(x),$$

Критерії оцінки ефективності роботи складу:

O - оборотність запасів,

U - рівень обслуговування;

N - середній складський запас;

D - рівень дефіциту.

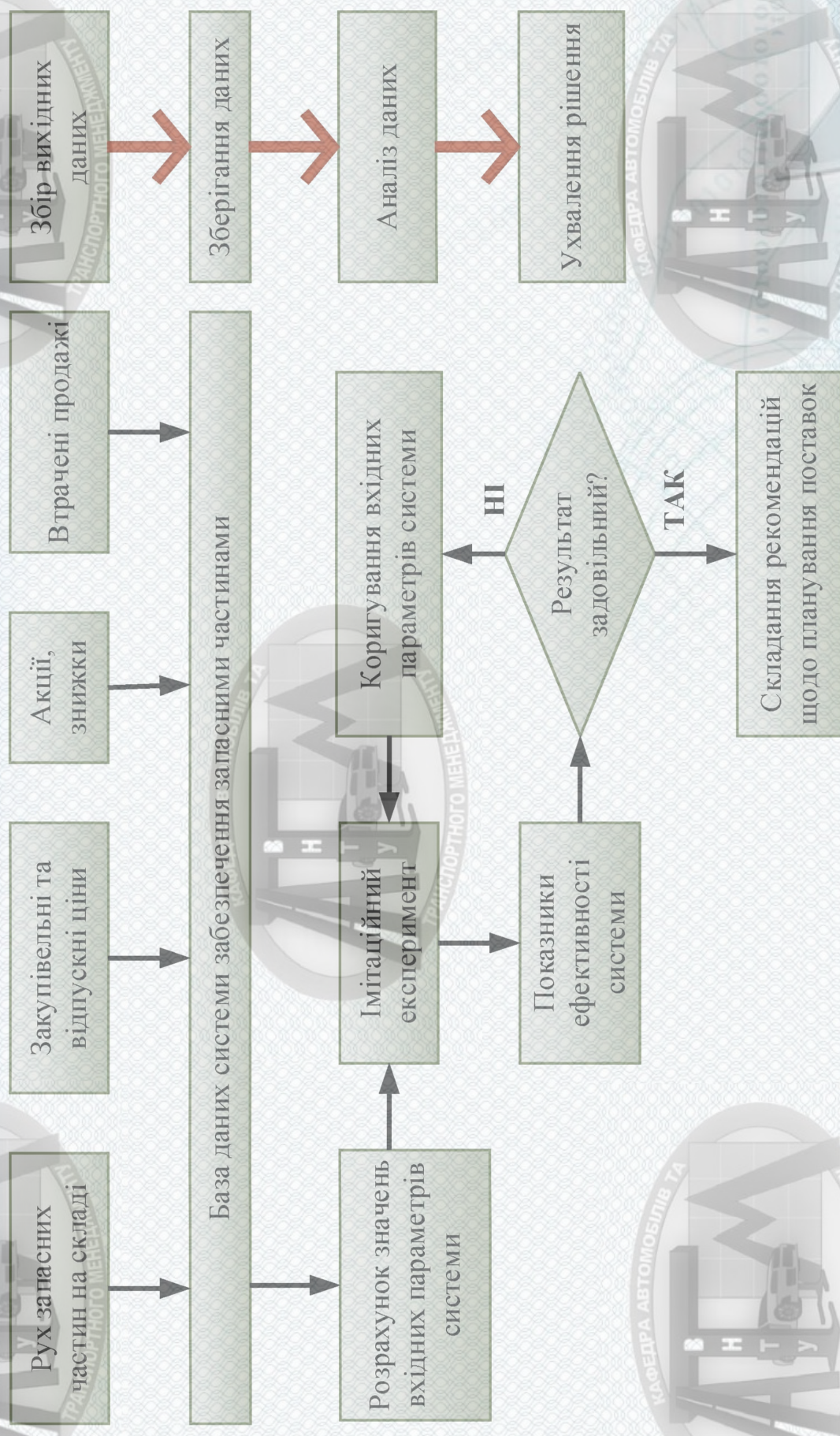
де $p_1, p_2, \dots, p_n$ - апіорні ймовірності появи спостережень

саме з даного компонента суміші;

$f_1, f_2, \dots, f_n$ - функції щільності розподілу компонентів суміші;

n - число компонентів суміші.

Структура технологічного процесу керування складом автомобільних запасних частин



Оцінка попиту на автомобільні запасні частини на основі моделі суміші імовірнісних розподілів

$$p'_1(y) = \frac{e^{-\lambda_1} \cdot \lambda_1^y}{y!}, \quad p_2(y) = \frac{e^{-\lambda_2} \cdot \lambda_2^y}{y!}, \dots, p_k(y) = \frac{e^{-\lambda_k} \cdot \lambda_k^y}{y!},$$

де $\lambda'_1, \lambda'_2, \dots, \lambda'_k$ - параметри функцій розподілу ймовірностей появи покупок першої, другої та k -ї групи відповідно;
 $p'_1(y), p'_2(y), \dots, p'_k(y)$ - ймовірності покупки y деталей покупцями першої, другої, ..., k - ої групи відповідно за одну покупку;

y - кількість куплених деталей одним покупцем (натуральне число).

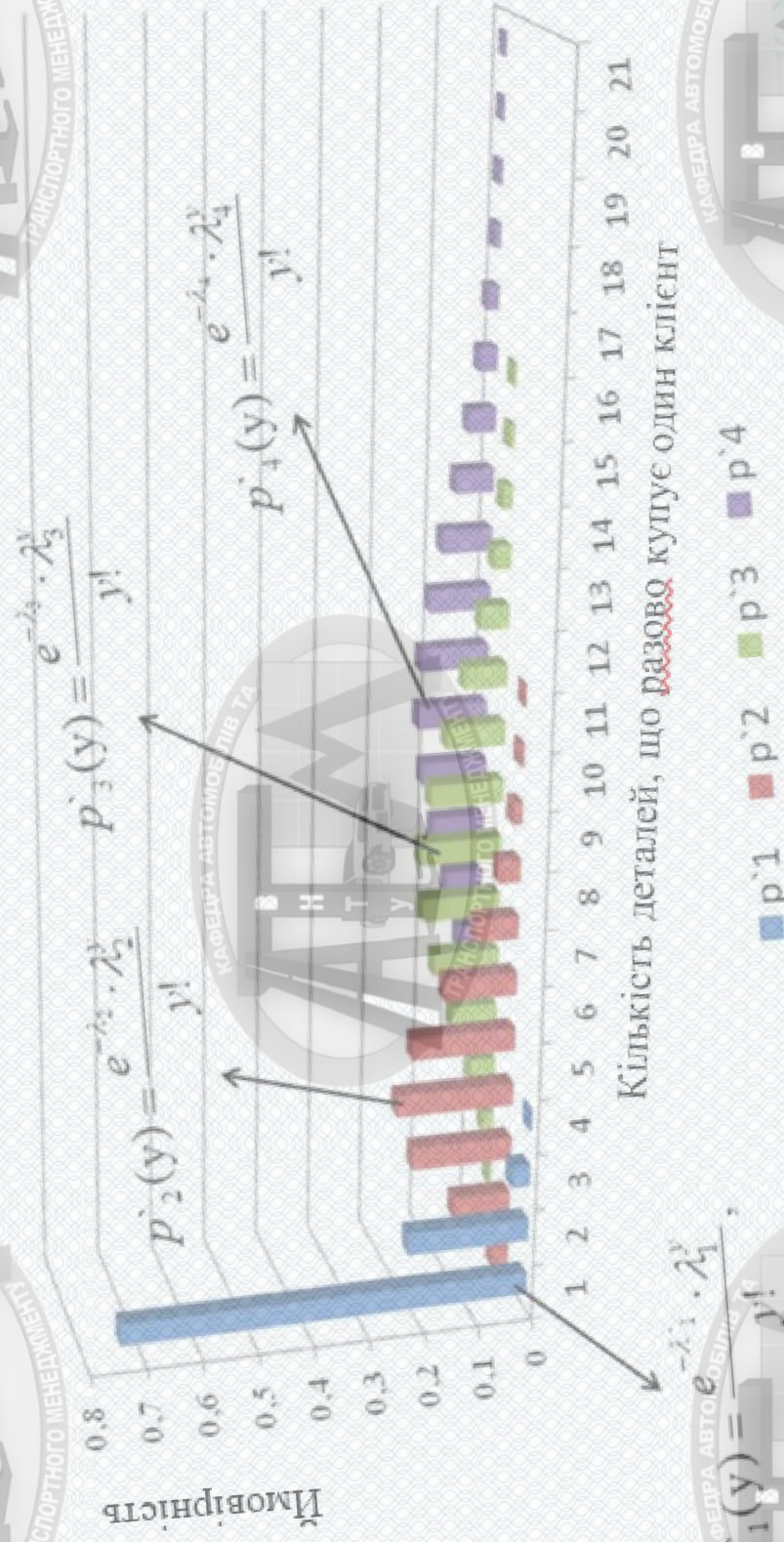
Тоді функцію щільності суміші імовірнісних розподілів можна подати у вигляді:

$$f(x) = \sum_{q=1}^m \left(\prod_{j=1}^k \frac{e^{-\lambda_j} \cdot \lambda_j^{z_j}}{z_j!} \cdot f(S_{ij}) \right)_q,$$

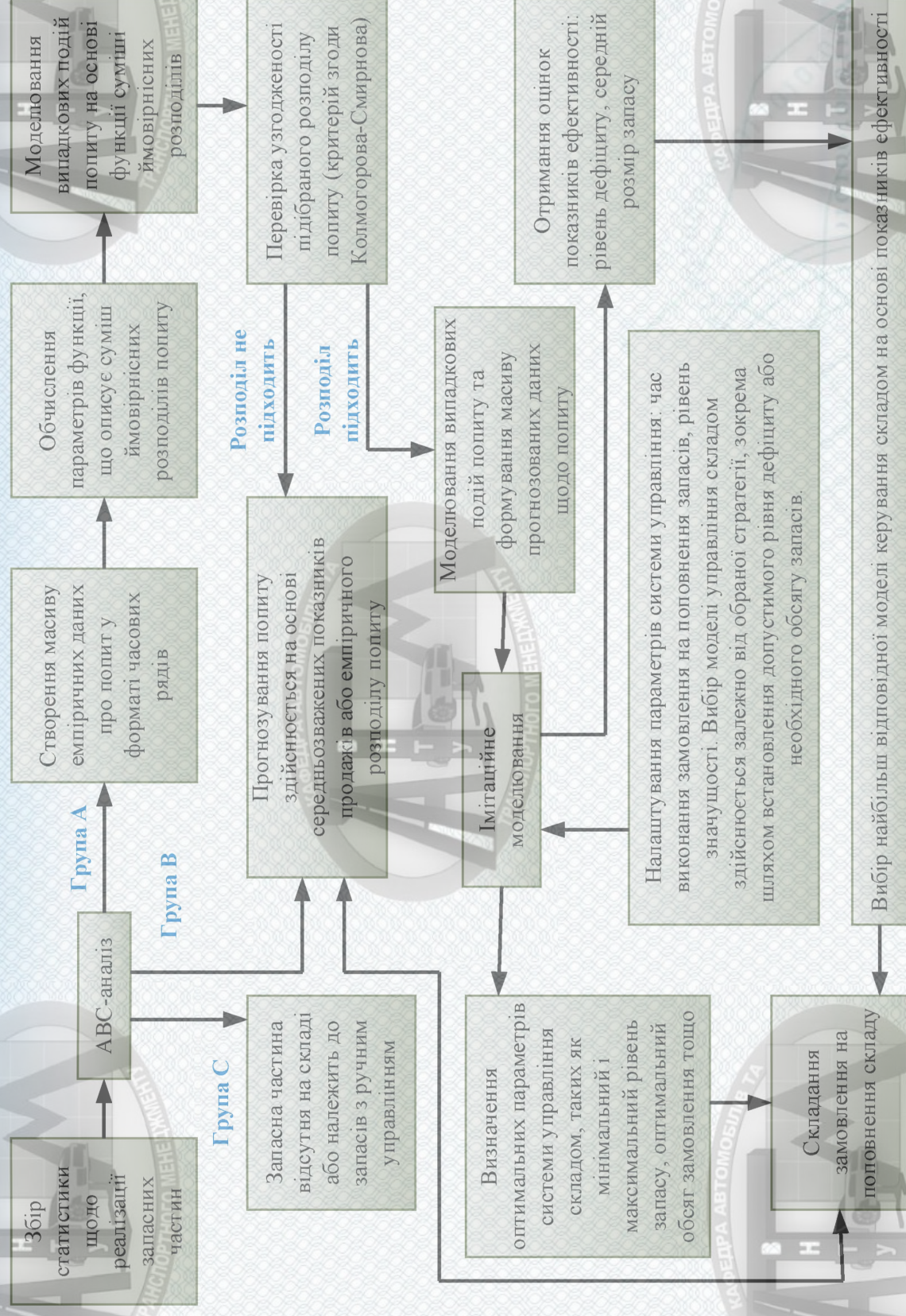
де z_j - кількість покупок j -ї групи;

λ_j - параметр пуассонівського розподілу ймовірності появи певної кількості покупок j ої групи за певний період.

Гістограма розподілу даних про кількість деталей, що разово придбали клієнти



Методика моделювання процесу функціонування складу запасних частин

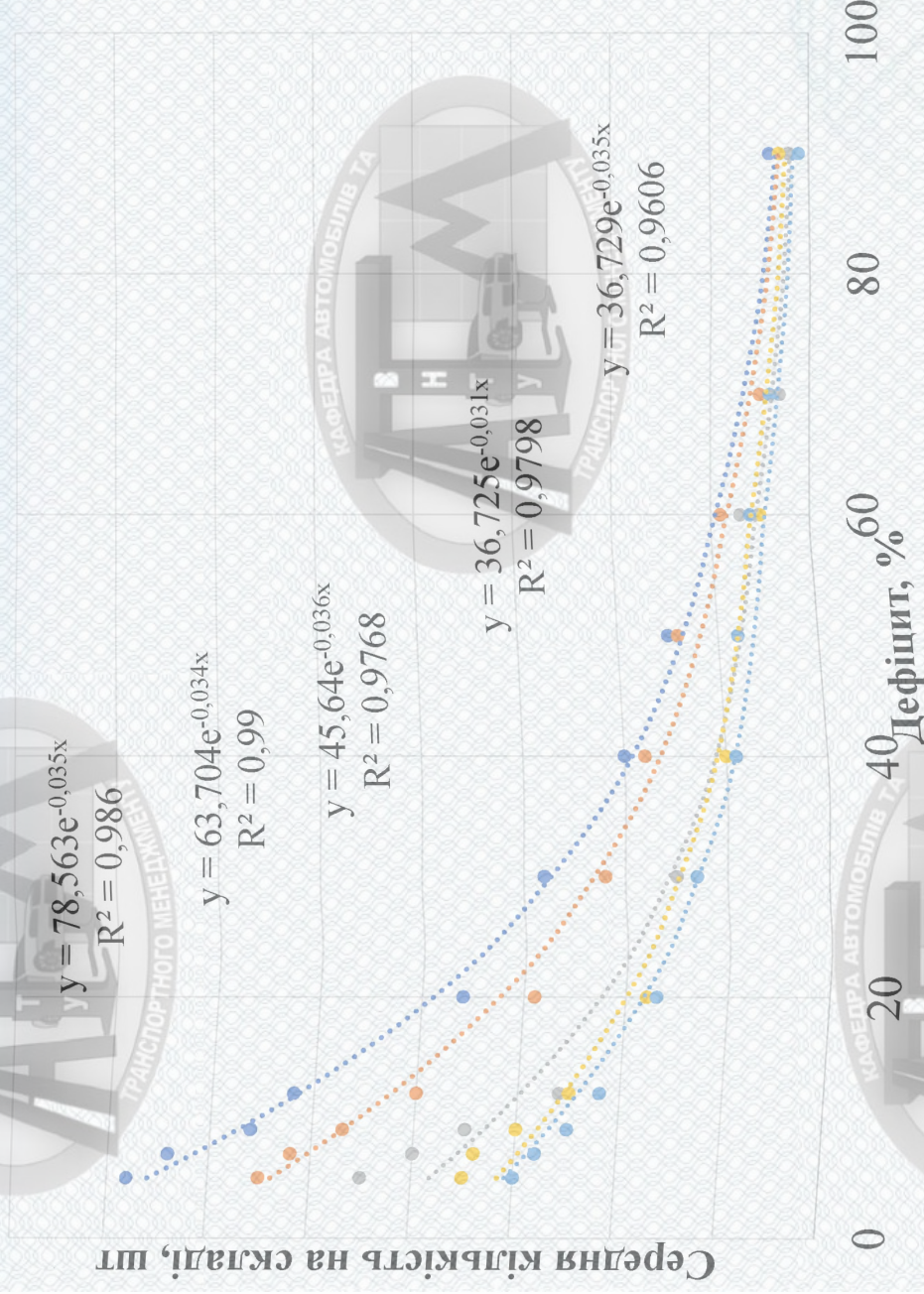


Результати вибору моделі керування складом

Модель з фіксованим розміром замовлення.					Модель «максимум-мінімум»												
1. Середній складський запас																	
Розмір замовлення	Мінімальний складський запас					Максимальний складський запас					Мінімальний складський запас						
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	$N_{\min} + 10$	10	15	20	25	30	
	10	7,3	10,4	13,7	17,3	20,6	10	7,3	10,4	13,7	17,3	20,6	8,6	12,0	15,5	19,1	22,6
	15	10,0	13,4	16,8	20,4	24,0	15	10,0	13,4	16,8	20,4	24,0	11,0	14,5	18,1	21,7	25,3
	20	12,7	16,1	19,7	23,3	27,0	20	12,7	16,1	19,7	23,3	27,0	13,5	17,0	20,6	24,3	27,9
	25	15,4	18,9	22,5	26,1	29,7	25	15,4	18,9	22,5	26,1	29,7	16,1	19,6	23,2	26,8	30,5
30	17,9	21,5	25,2	28,8	32,5	30	17,9	21,5	25,2	28,8	32,5	18,5	22,2	25,7	29,5	33,1	
2. Дефіцит																	
Розмір замовлення	Мінімальний складський запас					Максимальний складський запас					Мінімальний складський запас						
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	$N_{\min} + 10$	10	15	20	25	30	
	10	32,29	20,03	12,01	8,33	5,28	10	32,29	20,03	12,01	8,33	5,28	18,0	9,93	6,06	3,46	2,04
	15	18,71	10,62	6,75	3,99	2,61	15	18,71	10,62	6,75	3,99	2,61	12,5	7,02	3,99	2,26	1,50
	20	11,55	7,22	3,96	2,48	1,48	20	11,55	7,22	3,96	2,48	1,48	9,08	5,57	3,11	1,82	1,05
	25	7,80	4,74	2,68	1,88	0,99	25	7,80	4,74	2,68	1,88	0,99	6,80	3,88	2,26	1,33	0,83
30	5,97	3,41	2,06	1,24	0,86	30	5,97	3,41	2,06	1,24	0,86	5,29	3,08	1,86	1,04	0,58	
3. Рівень обслуговування																	
Розмір замовлення	Мінімальний складський запас					Максимальний складський запас					Мінімальний складський запас						
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	$N_{\min} + 10$	10	15	20	25	30	
	10	78,41	85,97	91,26	94,03	95,98	10	78,41	85,97	91,26	94,03	95,98	86,66	92,55	95,45	97,40	98,42
	15	86,51	92,04	94,82	96,84	97,90	15	86,51	92,04	94,82	96,84	97,90	90,53	94,68	96,88	98,25	98,86
	20	91,12	94,55	96,82	98,02	98,76	20	91,12	94,55	96,82	98,02	98,76	92,95	95,79	97,61	98,60	99,17
	25	93,84	96,28	97,76	98,52	99,15	25	93,84	96,28	97,76	98,52	99,15	94,53	96,89	98,20	98,92	99,35
30	95,08	97,22	98,33	98,95	99,32	30	95,08	97,22	98,33	98,95	99,32	95,64	97,51	98,49	99,17	99,49	

Залежність показників ефективності управління складом від параметрів системи управління запасами

Результати імітаційного моделювання процесу функціонування складу запасних частин

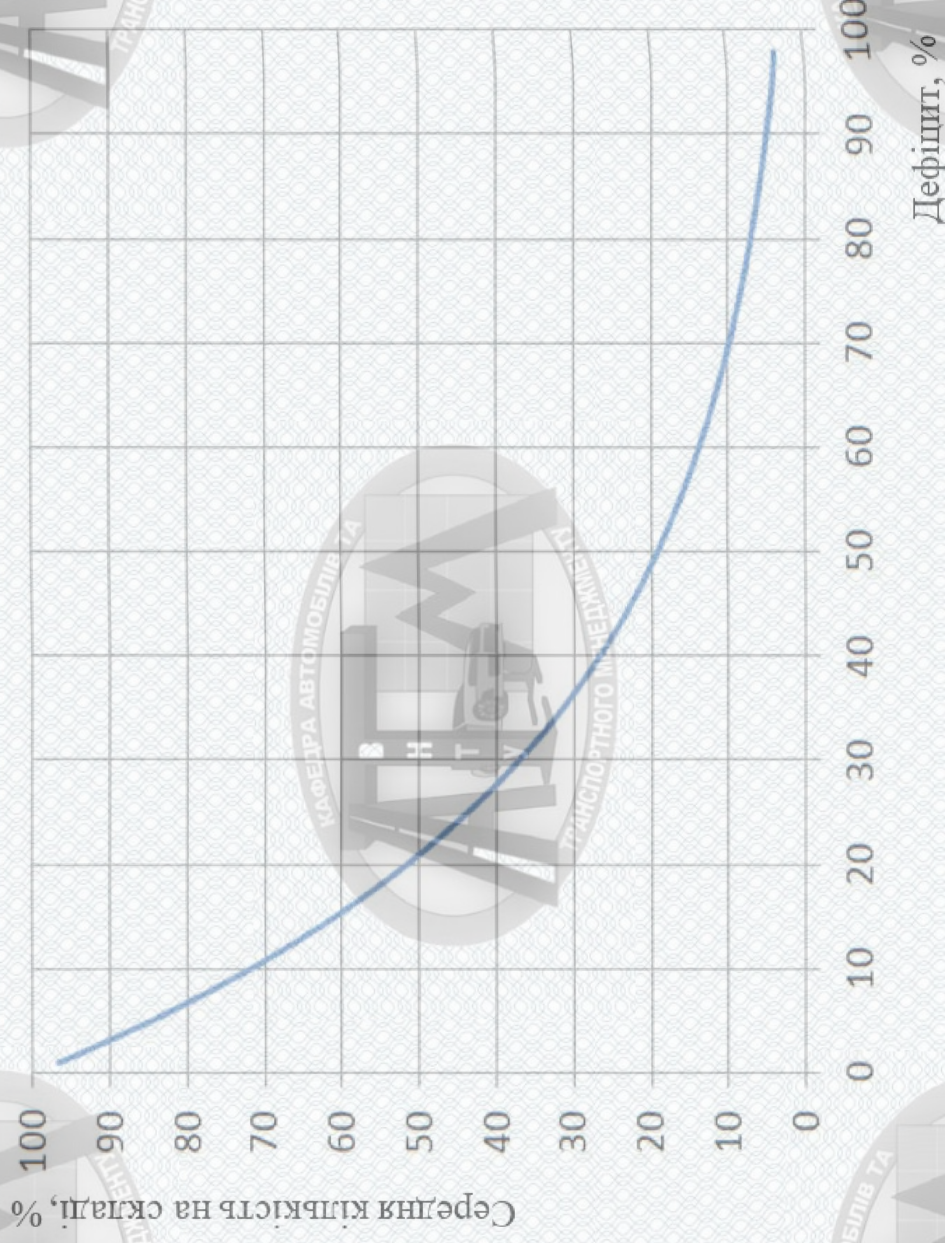


- Амортизатор передній
- Головка блока циліндрів (1,2,3)
- Диск зчеплення (ведений)
- Головний циліндр зчеплення
- Амортизатор кабіни
- Експоненціальна (Амортизатор передній)
- Експоненціальна (Головка блока циліндрів (1,2,3))
- Експоненціальна (Диск зчеплення (ведений))
- Експоненціальна (Головний циліндр зчеплення)
- Експоненціальна (Амортизатор кабіни)

Графіки залежності між середнім складським запасом та дефіцитом

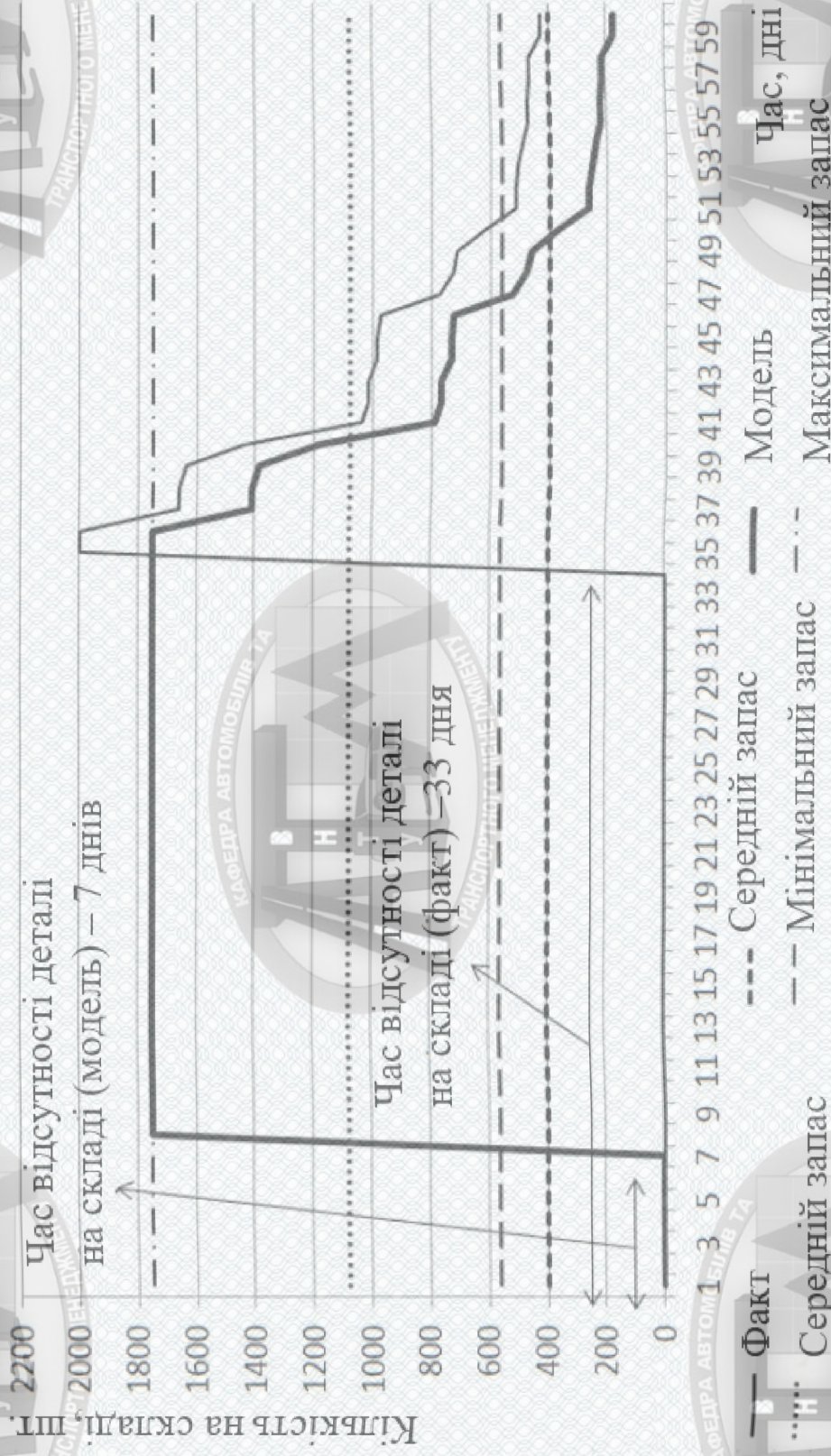
Результати імітаційного моделювання процесу функціонування складу запасних частин

Продовження



Залежність між середнім складським запасом та дефіцитом у відносних величинах

Порівняння фактичного та змодельованого руху запасу



ВИСНОВКИ

1. Виявлено закономірності формування потреби в запасних частинах на ПП «Агропроменерго», які є функцією суміші ймовірнісних розподілів, що включають ймовірності появи споживачів та обсяги їх вимог.
2. Виявлено взаємозв'язки між параметрами моделі складу запасних частин, керуючими впливами на неї та показниками ефективності роботи складу: попиту, часу постачання на склад, мінімального та максимального розміру запасу; середньої вартості запасів, рівня обслуговування та розміру дефіциту на складі.
3. На основі виявлених закономірностей сформовано імітаційну математичну модель, яка враховує виявлені залежності між параметрами ефективності, а також закономірності формування потреб, що робить управління складом запасних частин ефективнішим.
4. Виконана перевірка результатів дослідження в умовах приватного підприємства «Агропроменерго» показує, що оборотність запасних частин групи А на складі збільшилася з 2,46 до 4,46 рази на рік, їх дефіцит знизився з 21 до 9%, а їх запаси зменшилися в 1,6 рази. Розрахунковий економічний ефект від застосування результатів дослідження на даному підприємстві становить 0,25 млн. грн. на рік (або 10,7% оборотних коштів).

ДОДАТОК Б.



ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ МКР



ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Покращення процесу функціонування складу запасних частин приватного підприємства «Агропроменерго» місто Погребище Вінницького району Вінницької області

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

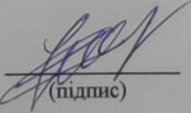
Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Turnitin

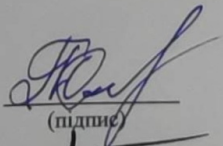
Оригінальність 87 % Схожість 13 %

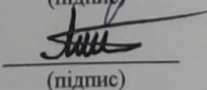
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку  Цимбал О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Turnitin щодо роботи.

Автор роботи  Пінчук О.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи  Антонюк О.П.
(підпис) (прізвище, ініціали)