

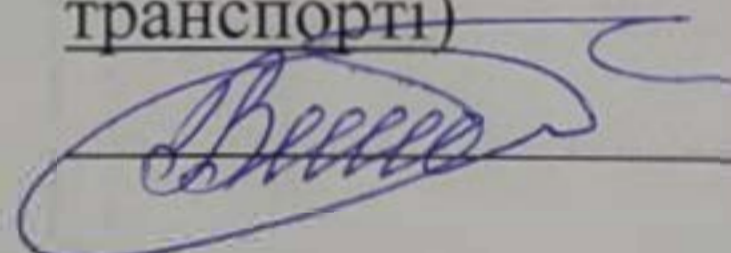
Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

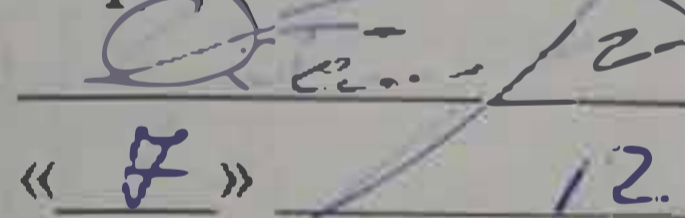
на тему:

«Підвищення ефективності управління запасами товариства з обмеженою відповідальністю "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця прогнозуванням необхідної кількості запасних частин на автосервісі»

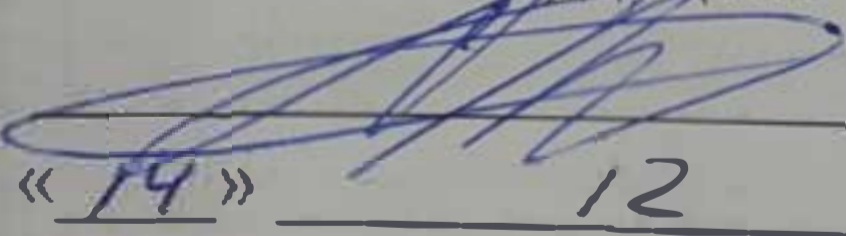
Виконав: студент 2-го курсу, групи 1ТТ-21м  
спеціальності 275 – Транспортні технології  
(за видами), спеціалізація 275.03 –  
Транспортні технології (на автомобільному  
транспорті)

  
Владислав БАРАНОВ

Керівник: к.т.н., доцент каф. АТМ

  
Олександр ГАЛУЩАК  
« 7 » 12 2022 р.

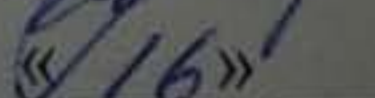
Опонент: к.т.н., доцент

  
Андрій СЛАБКІЙ  
« 14 » 12 2022 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

к.т.н., доц. Сергій ЦИМБАЛІ

  
« 16 » 12 2022 р.



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

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань – 27 – Транспорт  
Спеціальність 275 – Транспортні технології (за видами)  
Спеціалізація 275.03 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті)  
Освітньо-професійна програма – Транспортні технології на автомобільному транспорті

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

« 19 » 09 2022 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Баранова Владислава Анатолійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності управління запасами товариства з обмеженою відповідальністю "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця прогнозуванням необхідної кількості запасних частин на автосервісі керівник роботи Галушак Олександр Олександрович, к.т.н., доцент, затверджені наказом ВНТУ від «14» вересня 2022 року № 203.

2. Строк подання студентом роботи: 04.12.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: Методи управління запасами на підприємствах автосервісу, 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; підприємство – товариство з обмеженою відповідальністю "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця; об'єкт дослідження – процеси формування запасів запасних частин підприємствами автосервісу, які входять до дилерських мереж; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.

4. Зміст текстової частини:

1 Аналіз методів прогнозування кількості запасних частин на підприємствах автосервісу.

2 Методичні основи прогнозування споживання запасних частин на підприємствах автосервісу.

3 Удосконалення методики визначення потреби в запасних частинах на підприємствах автосервісу.

4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

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



- 1-3 Тема, мета та завдання дослідження.
- 4 Загальна характеристика тов "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця.
- 5 Аналіз стану та структури сучасного парку легкових автомобілів.
- 6 Організація постачання запасних частин автосервісним підприємствам
- 7 Методичні основи прогнозування споживання запасних частин на підприємствах автосервісу.
- 8 Результати аналізу моделей.
- 9 Розробка методики визначення потреби в запасних частинах на підприємствах автосервісу
- 10 Статистика споживання деталей найбільшого попиту та їх розподіл між сервісними службою та магазином запчастин ТОВ "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця за 2020/2021 р.
- 11 Розробка методики прогнозування витрати запасних частин в автосервісі.
- 12 Висновки.

### 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Галушак О.О., доцент кафедри АТМ		
Економічна частина	Макарова Т.В., доцент кафедри АТМ		
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Дембіцька С.В., професор кафедри БЖДІБ		

7. Дата видачі завдання « 19 » вересня 2022 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	19.09-02.10.2022	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	19.09-02.10.2022	
3	Обґрунтування методів досліджень	19.09-02.10.2022	
4	Розв'язання поставлених задач	19.09-02.10.2022	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	03.10-20.11.2022 21.11-04.12.2022	
6	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	07.11-27.11.2022	
7	Виконання розділу «Економічна частина»	07.11-27.11.2022	
8	Нормоконтроль МКР	07.11-27.11.2022	
9	Попередній захист МКР	05.12-07.12.2022	
10	Рецензування МКР	08.12-09.12.2022	
11	Захист МКР	12.12-16.12.2022 20.12-28.12.2022	

Студент

(підпис)

Баранов В.А.

Керівник роботи

(підпис)

Галушак О.О.



## АНОТАЦІЯ

УДК 656.07

Баранов В.А. Підвищення ефективності управління запасами товариства з обмеженою відповідальністю "Буг Авто" Автомир Hyundai місто Вінниця прогнозуванням необхідної кількості запасних частин на автосервісі. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 275 – Транспортні технології (за видами), спеціалізація 275.03 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті), освітня програма – Транспортні технології на автомобільному транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2022. 98 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 27 назв; рис.: 20; табл. 23.

У магістерській кваліфікаційній роботі вирішується науково-практична задача, яка полягає в розробці методики прогнозування використання запасних частин на підприємствах автосервісу. Запропонована методика дозволяє формалізувати процеси визначення потреб підприємств у запасних частинах, підвищити ефективність існуючих систем матеріально-технічного забезпечення. Розроблена класифікація і проведено дослідження факторів, які впливають на потребу підприємств автосервісу в запасних частинах.

Графічна частина складається з 12 плакатів.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як аналіз умов праці, питання виробничої санітарії, а саме було проаналізовано мікроклімат та склад повітря, оцінено освітлення, шум та вібрацію робочої зони, питання техніки безпеки та пожежної безпеки.

Ключові слова: запасні частини, прогнозування, автосервіс.



## ABSTRACT

UDC 656.07

Baranov V.A. Increasing the efficiency of inventory management of Bug Avto limited liability company Avtomyr Hyundai in Vinnytsia by forecasting the required number of spare parts at the car service. Master's qualification work on specialty 275 - Transport technologies (by types), specialization 275.03 - Transport technologies (on road transport), educational program - Transport technologies on road transport. Vinnytsia: VNTU, 2022. 98 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 27 titles; Fig.: 20; table 23.

The master's qualification work solves a scientific and practical task, which consists in the development of a methodology for forecasting the use of spare parts at car service enterprises. The proposed method allows to formalize the processes of determining the needs of enterprises in spare parts, to increase the efficiency of existing systems of material and technical support. A classification was developed and a study of factors affecting the need for spare parts of car service enterprises was carried out.

The graphic part consists of 12 posters.

In the section on labor protection, such issues as analysis of working conditions, issues of industrial sanitation, namely microclimate and air composition were analyzed, lighting, noise and vibration of the working area, safety and fire safety issues were evaluated.

Keywords: spare parts, forecasting, car service.



## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	6
<b>РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН НА ПІДПРИЄМСТВАХ АВТОСЕРВІСУ</b>	8
1.1 Загальна характеристика товариства з обмеженою відповідальністю "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця	8
1.2 Організація постачання запасних частин автосервісним підприємствам	15
1.3 Аналіз стану та структури сучасного парку легкових автомобілів	25
1.4 Висновки до розділу 1	26
<b>РОЗДІЛ 2 МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН НА ПІДПРИЄМСТВАХ АВТОСЕРВІСУ</b>	27
2.1 Особливості управління запасами на підприємствах автосервісу	27
2.2 Розробка методологічних принципів вибору математичних моделей для прогнозування потреби в запасних частинах	41
2.3 Вибір пакетів комп'ютерних програм для визначення потреби в запасних частинах	46
2.4 Результати теоретичного дослідження	45
2.5 Висновки до розділу 2	52
<b>РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В ЗАПАСНИХ ЧАСТИНАХ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АВТОСЕРВІСУ</b>	53
3.1 Прогнозування споживання запасних частин	53
3.2 Розробка методики прогнозування витрати запасних частин в автосервісі	64
3.3 Оцінка адекватності математичних моделей	68
3.4 Висновки до розділу 3	70



	4
<b>РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	71
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	71
4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочого місця	71
4.1.2 Електробезпека	72
4.1.3 Промислова безпека об'єктів з підвищеною небезпекою	72
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	74
4.2.1 Мікроклімат	74
4.2.2 Склад повітря робочої зони	75
4.2.3 Виробниче освітлення	76
4.2.4 Виробничий шум	77
4.2.5 Виробничі вібрації	78
4.3 Висновки до розділу 4	79
<b>ВИСНОВКИ</b>	80
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	81
<b>ДОДАТКИ</b>	84
Додаток А (обов'язковий) ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА	85
Додаток Б. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	98





## ВСТУП

**Актуальність теми.** Останнім часом, у зв'язку з ростом автопарку і переорієнтацією їх власників з самообслуговування на ремонт в спеціалізованих фірмах, попит на послуги автосервісу постійно зростає.

Необхідною умовою існування якісної послуги є ефективна організація її матеріально-технічного забезпечення. З великої кількості логістичних підсистем слід виділити наступні підсистеми:

- забезпечення оптимальних запасів запасних частин і матеріалів та способів їх поповнення;
- удосконалення процесів замовлення, закупівлі та доставки комплектуючих і матеріалів.

Незадовільна робота цих підсистем матеріально-технічного забезпечення підприємства автосервісу призводить до наступних проблем:

- до простоїв автомобілів в ремонті, що ускладнює експлуатацію виробничої площі і призводить до необхідності виділення ще більших площ для зберігання автомобілів, які чекають запчастин;
- збільшення кількості відмов в обслуговуванні клієнтів через відсутність запасних частин;

Для вирішення питань забезпечення підприємства запасними частинами необхідно розробити ефективну методику прогнозування витрат запасних частин підприємствами автосервісу.

Для вирішення питань забезпечення сервісних підприємств запасними частинами необхідна розробка ефективної методики визначення потреби в запасних частинах для автосервісних підприємств, що входять до складу дилерської мережі, а також визначення оптимальних способів управління запасами на таких підприємствах

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконувалась відповідно до науково-дослідної тематики кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного



університету і є невід'ємною частиною досліджень пов'язаних з оптимізацією виробничих потужностей підприємств.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження є розробка методики прогнозування витрат запасних частин на підприємствах автосервісу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- виконати класифікацію і систематизувати аналіз факторів, що впливають на потребу в запасних частинах;
- провести дослідження статистичних даних витрат запасних частин на прикладі ТОВ "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця;
- розробити методику прогнозування витрат на запасні частини для підприємств автосервісу.

**Об'єкт дослідження** – процеси формування запасів запасних частин підприємствами автосервісу, які входять до дилерських мереж.

**Предмет дослідження** – методика прогнозування потреби в запасних частинах підприємств автосервісу.

#### **Новизна одержаних результатів.**

Вдосконалено методику підвищення ефективності управління запасами на підприємствах автосервісу за рахунок скорочення простоїв автомобілів в очікуванні запасних частин, та оптимізації кількості запасних частин на складі підприємства.

**Апробація результатів роботи.** Деякі положення та результати роботи доповідались та обговорювались на регіональній науково-практичній інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (Вінниця: ВНТУ, 2022).

**Публікації.** Основні положення та результати досліджень за участі автора опубліковані в одній публікації [1].



## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН НА ПІДПРИЄМСТВАХ АВТОСЕРВІСУ

#### 1.1 Загальна характеристика товариства з обмеженою відповідальністю "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця

Товариство з обмеженою відповідальністю (ТОВ) "Хюндай Мотор Україна" являється офіційним дистриб'ютором Hyundai Motor Company Україна починаючи з 1999 року. Компанію заснували з метою реалізації і надання якісного абслуговування автомобілів всесвітньо відомої корейської марки Hyundai. ТОВ Буг Авто Hyundai – являється офіційним дилерським центром автомобільного бренду Hyundai у м. Вінниця та Вінницька область. Головна ціль дилерського центру – це забезпечення продажу та повного обслуговування автомобіля в офіційному сервісному центрі «Hyundai».

ТОВ "Хюндай Мотор Україна" є власником найбільш розгалуженої дилерської мережі, яка дозволяє надати найвищий рівень обслуговування клієнтів і Україні. Автосалони HYUNDAI – це компактні центри з продажу та обслуговування автомобілів, що забезпечують найсучасніші європейські стандарти якості і дизайну.

Бренд Hyundai на Українському ринку представлений широким модельним рядом: від малого класу до представницького і позашляховиків. Також є департамент комерційних автомобілів модельний ряд яких складається з автобусів, вантажних автомобілів, напівпричепів. Організаційна структура "Хюндай Мотор Україна" наведена на рис.1.1.



<b>"Хюндай Мотор Україна"</b>	
<p><b>Департамент легкових автомобілів</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Роздрібна та сервісна мережа</li> <li>• 35 дилерів в усіх областях України</li> <li>• Модельний ряд: 15 моделей</li> </ul>	<p><b>Департамент комерційних автомобілів</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Роздрібна та сервісна мережа</li> <li>• 35 дилерів в усіх областях України</li> <li>• Модельний ряд: автобуси, вантажівки, напівпричепи</li> </ul>

Рисунок 1.1 – Організаційна структура "Хюндай Мотор Україна"

Автомобілі Hyundai зарекомендувались як надійні, сучасні і невибагливі в експлуатації. Інноваційність, технологічність, надійність, оптимальне співвідношення ціни і якості при високому рівні гарантійного обслуговування, роблять продукцію Hyundai однією з найпопулярніших як в нас в країні, так і на провідних світових ринках.

ТОВ "Хюндай Мотор Україна" входить до європейського регіону Hyundai Motor Europe. Штаб-квартира знаходиться у Німеччині, Франкфурт-на-Майні, Офенбах. ТОВ "Хюндай Мотор Україна" займається поставками в Україну автомобілів, запасних частин та аксесуарів, надає сервісні та гарантійні послуги через авторизовану дилерську мережу відповідно до міжнародних стандартів Hyundai Motor Company.

Компанія "Хюндай Мотор Україна" надає послуги по продажу та сервісному обслуговуванні легкових та комерційних автомобілів бренду Hyundai через дилерську мережу, що складається з 35 автосалонів по всій території України. Компанія надає послуги з гарантійного обслуговування легкових та комерційних автомобілів бренду Hyundai. Залежності від типу



транспортного засобу пропонується диференційована гарантія на 3, 4 або 5 років.

ТОВ "Хюндай Мотор Україна" є одним з найбільших операторів на ринку легкових та комерційних транспортних засобів в Україні, входячи у ТОП-10 українських автомобільних імпортерів на протязі більш ніж 20 років. У 2020 році ТОВ "Хюндай Мотор Україна" посіла 5 місце за продажами нових автомобілів у загальноукраїнському рейтингу з часткою 4.7%.

Основна мета підприємства – здійснювати мрії людства, створюючи нове майбутнє завдяки геніальному мисленню і постійному самовдосконаленню. Hyundai Motor Group створила нове бачення "Разом для кращого майбутнього", щоб виконати свою роль і відповідальність як надійної глобальної компанії. Hyundai Motor Company визначає своє бачення як довічного партнера у світі автомобілів та поза його межами, щоб стати блищими до своїх клієнтів та бути їхнім улюбленим брендом. Автомобіль вже не просто транспортний засіб, він перетворився певний простір, що займає головну роль у житті людей. Таким чином, Hyundai Motor Group прагне бути надійним та стабільним партнером у повсякденному житті клієнтів. На сьогоднішній день компанія розробляє екологічні та орієнтовані на людство технології майбутнього та створює оптимізовані глобальні системи управління.

Компанія Hyundai Motor прагне надати свободу пересування кожному, вкладаючи інвестиції в мобільні сервіси, вибудовуючи тісні взаємини з провідними постачальниками мобільних послуг і виходячи за рамки автомобільної галузі. Компанія гратиме ключову роль в переході глобального суспільства до чистої енергії, допомагаючи зробити водень економічно важливим джерелом енергії.

На даний момент у модельній лінійці Hyundai в Україні представлені автомобілі із двигунами, що відповідають екологічним стандартам Євро5, а також гібридні та електромобілі із нульовими показниками викидів CO<sub>2</sub>. Модельнійна лінійка Hyundai в Україні містить такі автомобілі:



- Hyundai i10 (рис 1.2);



Рисунок 1.2 – Компактний автомобіль Hyundai i10

- Hyundai ELANTRA (рис 1.3);



Рисунок 1.3 – Автомобіль Hyundai ELANTRA

- Hyundai i30 Hatchback/Fastback (рис 1.4);





Рисунок 1.4 – Автомобіль Hyundai i30 Hatchback/Fastback

- Hyundai i30 Wagon (рис 1.5);



Рисунок 1.5 – Автомобіль Hyundai i30 Wagon

- Hyundai VENUE (рис 1.6);



Рисунок 1.6 – Автомобіль Hyundai VENUE

- Hyundai KONA (рис 1.7);





Рисунок 1.7 – Автомобіль Hyundai KONA

- Hyundai VENUE (рис 1.8);



Рисунок 1.8 – Автомобіль Hyundai VENUE

- Hyundai Electric (рис 1.9);



Рисунок 1.9 – Автомобіль Hyundai Electric

- Hyundai TUCSON Hybrid / TUCSON (рис 1.10);





Рисунок 1.10 – Автомобіль Hyundai TUCSON Hybrid / TUCSON

- Hyundai IONIQ 5 (рис 1.11);



Рисунок 1.11 – Автомобіль Hyundai IONIQ 5

- Hyundai SANTA FE (рис 1.12);



Рисунок 1.12 – Автомобіль Hyundai SANTA FE

- Hyundai PALISADE (рис 1.13);





Рисунок 1.13 – Автомобіль Hyundai PALISADE

- Hyundai STARIA (рис 1.14);



Рисунок 1.14 – Автомобіль Hyundai STARIA

Головні завдання перспективного розвитку діяльності Компанії Hyundai Motor:

1. Розширення асортименту пропозицій легкових та комерційних транспортних засобів на високо конкуретному ринку України
2. Збільшення обсягів продажів впровадженням виваженої та економічно обґрунтованої цінової політики
3. Освоєння нових сегментів, зокрема, перспективного ринку електромобілів.



4. Залучення до співпраці фінансових установі щодо кредитування фізичних осіб на придбання автомобілів сприятиме потенційним покупцям здійснити придбання автомобіля, що збільшить об'єми продажів на ринку.

Буг Авто входить до групи компанії «Автомир», та є високопрофесійною станцією технічного обслуговування автомобілів з можливістю встановлення оригінальних запчастин від виробника та сучасних охоронних систем для автомобілів.

На підприємстві міститься малярно-рихтувальний комплекс «Автомир Колор Центр», який забезпечує виконання повного спектру робіт по малярно-кузовному ремонту, в тому числі повний кузовний ремонт автомобілів. Маючи сучасне обладнання і новітню лабораторію підбору фарб і емалей, в комплексі проводяться локальні фарбування та фарбування усього кузова, дотримуючись суворих технологій фарбування.

Підприємство дає можливість отримати послуги з оформлення кредиту, страхування автомобіля. Буг Авто Hyundai забезпечений паркінгом для клієнтів, зоною відпочинку і очікування.

## 1.2 Організація постачання запасних частин автосервісним підприємствам

Не зважаючи на вплив військових дій на території України, потреба в підвищенні вимоги до функціонування і розвитку галузі послуг з ремонту та обслуговування автотранспортних засобів, є завжди актуальною. Згідно з чинним класифікатором, всі ці послуги відносяться до різних галузевих груп, але всі вони спрямовані на задоволення потреб, пов'язаних з підтриманням нормального технічного стану і експлуатаційні характеристики транспортного засобу.

Проблема оптимізації процесів забезпечення запасними частинами повинна вирішуватися комплексно: вивчати систему, її поведінку,



формалізовано описувати свою діяльність, оцінювати потенційні недоліки в її функціонування та пошук шляхів їх усунення.

Для підприємства автосервісу завдання прогнозування запасів полягають в аналізі динаміки товарообігу, визначенні оптимального розміру запасів, прогнозуванні товарообігу і витрат запасів.

Рішення цих проблем зводиться до двох основних питань: коли оформити замовлення і скільки деталей замовити. В якості критерію управління запасами передбачена мінімізація загальних витрат, функцією яких можна узагальнити в загальних рисах:

$$C = f(C_x; C_z; z; t_n; n; Q; T; C_i; K; q), \quad (1.1)$$

де  $C_x$  – витрати на зберігання товару за період  $T$ ;

$C_i$  – витрати на зберігання однієї одиниці товару;

$z$  – величина середнього запасу;

$q$  – розмір однієї партії поставки товару;

$Q$  – товарообіг за аналізований період;

$T$  – тривалість періоду;

$C_z$  – транспортні витрати;

$K$  – вартість доставки однієї партії товару;

$t_n$  – інтервал;

$n$  – кількість поставок.

Цільова функція представлена у вигляді рівняння зв'язку між оборотними витратами:

$$C = \left( C_i \cdot \frac{q}{2} \cdot T + K \cdot \frac{Q}{q} \right) \rightarrow \min. \quad (1.2)$$

Щоб знайти мінімум цієї функції, потрібно знайти її першу похідну і прирівняти до нуля:



$$\frac{C_i \cdot T}{2} - \frac{K \cdot Q}{q^2} = 0, \text{ отже } q^0 = \sqrt{\frac{2K \cdot Q}{C_i \cdot T}}, \quad (1.3)$$

де  $q^0$  – оптимальний розмір замовлення.

На практиці оптимальний розмір замовлення може бути менше прогнозованої потреби в запчастинах. Визначення розміру замовлення в даному випадку залежить від стратегії управління запасами. Якщо компанія прагне мінімізувати витрати, тоді при замовленні слід керуватися значенням  $q^0$ . Якщо стратегія орієнтована на максимізацію прибутку, то порядок орієнтується на прогнозовану потребу в запчастинах.

Слід зазначити, що на практиці використання цих залежностей може бути застосовано при складанні замовлень на поповнення складу з урахуванням товарообігу і всіх видів витрат. Однак у великих автосервісах в процесі роботи формуються і інші види замовлень, обсяг номенклатури яких необхідно враховувати при складанні замовлень на поповнення складу.

Тобто кінцевий обсяг замовлення на поповнення складу становить:

$$q = q^0 - q_3, \quad (1.4)$$

де  $q_3$  – обсяг частин в ордерах іншого статусу, який може бути в процесі.

Якщо не враховувати значення  $q_3$  при складанні замовлення на поповнення складу, можна зіткнутися з появою надлишкових запасів.

В цей час з'являються черги на обслуговування у автосервісів. Особливо вони характерні для кузовних робіт. У зв'язку з цим відділи забезпечення запасними частинами зіткнулися з проблемою резервування ходових запасних частин для сервісних замовлень - нарядів, а особливо на ті, які відносяться до категорії страхових і гарантійних.

Припустимо, на сервісі є 10 відкритих замовлен-нарядів на роботу на заміну тих же деталей на автомобілях однієї марки. Відповідно, машини по



цих замовлення-нарядам приїдуть протягом двох місяців. Майстер, який відкриває замовлення-наряд, резервує запасні частини і матеріали до них, щоб уникнути проблеми нестачі необхідних деталей до початку здачі машини в ремонт, а при відсутності необхідної деталі є запит на відділ запчастин. В результаті, не менше 10 деталей по цих замовленнях будуть зарезервовані або розміщені в замовленні з урахуванням того, що виконання термінового замовлення становить від 2 днів до 1 місяця. На складі з'являються значні обсяги деталей, які можуть чекати місяцями на продаж. Клієнт, який бажає придбати деталь в магазині, буде незадоволений, навіть якщо на складі є певна кількість деталей, які його цікавлять, але зарезервовані.

На практиці це питання вирішується шляхом «заморожування» сервісних замовлень і резервування певної кількості деталей для роздрібного продажу. Тобто фахівець, який займається замовленнями на запчастини, в момент оформлення замовлення аналізує запити сервісу і, якщо проміжок часу з моменту подачі заявки на здачу автомобіля в ремонт значно перевищує терміни постачання деталей, «заморожує» замовлення, тобто відкладає час відправки замовлення. Значним перевищенням вважається період більше 7 днів. Створення резервів і «заморожування» замовлень – одна з відмінних рис управління запасами на підприємстві автосервісу в сучасних умовах.

В загальному вигляді запас деталей на складі на прогнозований момент часу можна виразити за формулою балансу:

$$Z_i = Z_H - Q + П, \quad (1.5)$$

де  $Q$  – обсяг реалізації запчастин за аналізований період.

З урахуванням наявності зарезервованої кількості деталей, які не споживаються, але не знаходяться у вільному продажу, запас на початок прогнозного періоду  $Z_H$  буде дорівнювати:

$$Z_H = Z_c + Z_p \quad (1.6)$$



де  $Z_c$  – кількість деталей у вільному продажу;

$Z_p$  – кількість зарезервованих деталей.

Бронювання запчастин характерно, нехай і в меншій кількості, і для відділу продажу запчастин. Зазвичай відділи запчастин стикаються з цією проблемою під час сезонних стрибків попиту, наприклад, при переході автомобілів на зимові шини. У цей період автосервіс може втратити до 20% виручки через те, що оплачений товар ще не виданий клієнту (особливо це актуально при безготівковій оплаті товару), а місце для нового товару ще не звільнено. Вирішення проблеми передбачає введення певних заходів, таких як продаж оплачених товарів, після закінчення встановленого терміну, протягом якого клієнт зобов'язаний забрати оплачений товар (як зазвичай, 1 - 2 тижні). Продаж товарів проводиться після закінчення встановленого терміну, за винятком особливих випадків, коли автомобіль клієнта призначений на наступне технічне обслуговування або в разі, коли клієнт є на значній відстані від підприємства (в іншому регіоні). Витрати на зберігання оплаченого (зарезервованого) товару в магазині запчастин можуть бути компенсовані за рахунок замовника. Для цього при складанні договору на поставку запчастин в пункт договору «зобов'язання замовника» повинен включати положення, які передбачають відповідальність замовника (наприклад, сплата постачальнику встановленого відсотка від суми замовлення), в тому випадку, якщо він не забере готове замовлення в термін, встановлений постачальником.

Зазвичай на підприємствах, зокрема на "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця при формуванні замовлення використовуються статистичні дані за попередній періоди роботи. Найважливішими в системі є витрата запчастин за останні 6 місяців. Якщо запасні частини, які є в наявності, жодного разу не були продані протягом зазначеного періоду, вони вважається неліквідом. Залежно від витрат запчастин за останні 6 місяці в системі автоматично змінюється значення кількості запасних частин, які завжди є в наявності та



небезпечної кількості, нижче якої є ризик дефіциту. Відштовхуючись від цих значень, в замовлення включається необхідні запасні частини.

Крім вище наведеного, при замовленні запчастин використовується класифікація деталей, яка аналогічна відомому розподілу запчастин на групи *A, B, C*. У дилерській мережі запчастини в залежності від попиту діляться на 7 класів: *A, B, C, D, E, F, J*. Також є спеціальний клас *N* – нова частина. Найбільшим попитом користуються частини перших трьох груп: клас *A* – витрата від 10 деталей на місяць, *B* – від 3,9 до 10 деталей і *C* – від 0,68 до 3,9 деталей. Деталь вважається новою, якщо з моменту її реєстрації пройшло менше півроку.

Формування замовлення є одним з найважливіших завдань фахівців відділу запасних частин компанії. Основою для формування цього наказу повинна стати практична реалізація методики визначення потреби в запасних частинах.

Майстер, який працює з замовником щодо придбання деталей, найчастіше замовляє запчастини, узгоджуючи обсяг робіт з клієнтом з метою економії часу на доставку запчастин в разі узгодження замовнику для проведення рекомендованих робіт. Відповідно, якщо клієнт відмовляється від рекомендованих ремонтних робіт, майстер повертає замовлені деталі назад на склад. Необхідно передбачити відповідальність сервісу по поверненню замовлених деталей, аж до оплати повернутих деталей, за рахунок майстра, який зробив це замовлення.

Споживання запчастин є самостійним фактором, який впливає на їх потребу.

У багатьох роботах [2, 3] звертається увага на вплив конструктивних факторів на витрату запасних частин. При цьому слід зазначити, що на рівні автосервісного підприємства конструкційні фактори, що відображають рівень конструкційної надійності автомобілів, можуть прийматися тільки як постійні, адже на них може впливати тільки виробник автомобілів і запчастин. Для спеціалізованих автотранспортних компаній ця група факторів є основною,



так як вибір - це виробник (постачальник) запасних частин залежить від їх надійності, довговічності і ціни.

Потреба в запчастинах автосервісного підприємства в першу чергу залежить від виробничих, технологічних, інформаційних факторів і вартості запчастин для ТО і ПР автомобіля. Причому на надійність елементів автомобіля і, як наслідок, норми витрати запасних частин впливає комплекс факторів, який складається з двох груп: потенційних (внутрішніх) і оперативних (зовнішніх). Перехід елементів автомобільних конструкцій з одного технологічного стану в інший обумовлений впливом експлуатаційних факторів на потенційні властивості конструкцій. Потенційні фактори, пов'язані з виробництвом автомобілів і комплектуючих, вважаються постійними. До експлуатаційних факторів відносяться: дорога, кліматичні умови, режим роботи, якість експлуатаційні матеріали, кваліфікація водія та умови зберігання. Відзначається, що найважливішими технологічними факторами, які впливають на споживання запасних частин, є виробничі можливості станції технічного обслуговування (СТО), такі як потужність підприємства та спеціалізація робочих посад.

Узагальнюючи досвід попередніх досліджень [4, 5], виділимо шість груп факторів, які впливають на потребу підприємства автосервісу в запасних частинах.

Перша група факторів складається з двох підгруп: маркетинг і менеджмент.

Підгрупа «Маркетинг» складається з чотирьох факторів:

- кількість транспортних засобів в експлуатації;
- обсяг продажів нових автомобілів;
- обсяги технічного обслуговування та ремонту минулих років;
- продаж запчастин у попередні роки.

Зі зміною кількості моделей транспортних засобів, змінюється і потреба в запчастинах до них. Компанія повинна бути готова до появи на ринку нових серійних автомобілів, для яких немає статистики по споживанню запчастин, а



тільки норми, розроблені провідними виробниками автомобілів. Термін виробництва навіть найпопулярніших моделей не перевищує 6 - 8 років. Облік третього і четвертого факторів цієї групи дає можливість проаналізувати динаміку споживання запасних частин і на основі аналізу скласти прогнози потреби в запасних частинах.

Підгрупа «Управління» складається з шести факторів:

- реклама;
- постійні клієнти;
- складська система;
- швидкість доставки запчастин;
- швидкість задоволення запитів на технічне обслуговування і ремонт (час очікування);
- ціни на запчастини та послуги.

Ефективна рекламна діяльність допомагає залучити клієнтів на підприємство автосервісу. Наявність постійних клієнтів також є істотним фактором. Наявність сучасної складської системи залежить від своєчасної обробки замовлень і доставки запчастин, і як наслідок, конкурентоспроможності підприємств на ринку. Недоліком більшості дилерських мереж автосервісних підприємств є значні терміни поставки запчастин. Врахування впливу шостого фактора дає можливість оцінити зміну потреби в запасних частинах в залежності від стану потреби в запчастинах, зміни цін на запчастини та послуги автосервісу. Гнучка цінова політика робить попит керованим.

Друга група факторів – це парк автомобілів, які обслуговуються. Від різноманітності модельного ряду автомобілів, що обслуговуються, залежить обсяг асортименту запчастин, необхідних для його обслуговування і ремонту. Одним з найважливіших факторів другої групи є структура автопарку за віком і пробігом. На підставі отриманої зовнішньої інформації про вік і пробіг автомобілів виділяють сегмент ринку (частина парку, власники якої скористаються послугами СТО).



Третя група факторів - це умови експлуатації. У цю групу входить такий фактор, як «кваліфікація водія, який експлуатує автомобіль». Як правило, кваліфікація водіїв – клієнтів підприємства автосервісу нижче, ніж кваліфікація професійних водіїв, що є характерною відмінністю підприємств автосервісу від підприємств автотранспорту.

До четвертої групи факторів відносяться методи технічного обслуговування і ремонту. Кількість поломок, які виникають в процесі експлуатації, залежить від якості обслуговування і ремонту. Належна якість роботи дозволяє знизити витрату запчастин в експлуатації.

П'ята група факторів – це персонал підприємства. Якість виконаних робіт залежить від кваліфікації ремонтників. Ефективна організація виробничого процесу і процесу забезпечення підприємства запасними частинами залежить від кваліфікації інженерно-технічного персоналу. Мотивація персоналу дозволяє підвищити якість послуг, що надаються.

Шоста група – це фактори, пов'язані з виробничою діяльністю СТО. До них відноситься потужність СТО (кількість робочих постів), спеціалізація за видами робіт і оснащення підприємства технологічним обладнанням.

Дуже важливо спрогнозувати кількість прибуттів клієнтів на станцію для проведення технічного обслуговування, ремонту та розподілу цих прибуттів за видами робіт.

При прогнозуванні потреби в тій чи іншій деталі важливо знати оптимальний розмір її запасу. Ця величина визначається на підставі статистичних даних про споживання запасних частин в попередніх періодах діяльності підприємства. Вона повинна покривати можливий потнційний попит на цю запчастину. Врахування впливу шостого фактора дає можливість оцінити зміну потреби в запасних частинах в залежності від встановлення і зміни цін на запчастини і послуги автосервісу. Гнучка цінова політика робить попит керованим.

У роботі [6] сформульовані основні методологічні принципи прогнозування потреби в запасних частинах підприємств автотранспортного



комплексу. Основними принципами є:

- розробка балансу запасних частин на основі уточнених прогнозних оцінок норм витрат, норм запасів і планового обсягу відновлення зношених деталей;

- повна відповідність ступеня загальності, планового періоду, умов експлуатації та рівня надійності машин, а також між прогнозними значеннями норм витрати і всією системою використовуваних показників в розрахунках попиту.

У роботі також наголошується, що для ремонтних підприємств прогнозування потреби в запчастинах базується на добре спланованому технічному обслуговуванні і програмі поточного ремонту на весь період прогнозування.

У роботах [7, 8, 9, 10] виділяють три рівні прогнозування потреби в запасних частинах. Прогнозування на першому рівні здійснюється на етапах проектування і завершення нового проектування (прогнозування необхідності на етапі розробки нової моделі автомобіля); другий рівень відповідає етапу експлуатаційних випробувань досліджуваної партії автомобілів; третій відповідає етапу безпосередньої експлуатації серійної партії автомобілів.

У даній роботі наголошується, що для прогнозування потреби в запчастинах на третьому рівні доцільно використовувати метод екстраполяції. В цілому прогнозна модель включає в себе три складові і пишеться так:

$$y_t = \bar{y}_t + v_t + \varepsilon_t. \quad (1.7)$$

де  $y_t$  – прогностичне значення часового ряду;

$\bar{y}_t$  – середнє значення прогнозу (тренда);

$v_t$  – компонент прогнозу, який відображає сезонні коливання (сезонна хвиля);

$\varepsilon_t$  – випадкове варіативне відхилення прогнозу.



### 1.3 Аналіз стану та структури сучасного парку легкових автомобілів

Наразі автомобільний парк України налічує близько 7,4 млн автомобілів (OICA, 2022). Однак через відсутність процедури обов'язкового технічного огляду приватних автомобілів, ці цифри слід трактувати з обережністю – офіційна система державної реєстрації не враховує належним чином утилізовані або застарілі транспортні засоби.

Значну частку автопарку України становлять уживані авто: за різними оцінками, їх в нас від 400 000 до 2 млн. Хоча їхня кількість серед новозареєстрованих транспортних засобів останнім часом зменшується, проте на них досі припадає 40% нових реєстрацій.

Суттєвою проблемою транспортного сектору України є вік його автопарку. Об'єктивні та вичерпні дані стосовно цього важко отримати, як і щодо викидів забруднюючих речовин із пересувних джерел. Тим не менш, у звіті Global Fuel Economy Initiative in Ukraine (2018) зазначено середній вік українського автопарку – близько 19 років (станом на 2015 рік). На жаль, в цих даних не виділені категорії транспортних засобів (вантажівки, легкові авто, автобуси), але вік автопарку є показником його низької ефективності щодо викидів CO<sub>2</sub> та інших забруднюючих речовин.

Що стосується електрифікації автопарку, останніми роками в Україні спостерігається зростання обсягів продажу електромобілів, чому сприяли стимулюючі заходи державної політики. У 2016 році мито на електротранспорт було скасовано, а з 2018 році скасували акциз і ПДВ на імпорт електромобілів. Як наслідок, в 2014 році було продано лише 62 електромобілі (0,07% від загальної кількості продажів), у 2016 році – 1,148 електромобілів (1,5%), у 2019 році – 7,012 (7,2%). До початку військових дій Україна входила у ТОП-12 європейських країн за загальною кількістю електромобілів і демонструвала один з найвищих темпів електрифікації автопарку.



#### 1.4 Висновки до розділу 1

В першому розділі проведено аналіз діяльності товариства з обмеженою відповідальністю "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця. Встановлено, що дилерські підприємства автосервісу мають велику кількість конкурентів. Недоліки в системі логістики, зокрема постачання та зберігання запасних частин, призводять до зниження конкурентоспроможності підприємства у всіх сферах діяльності.

Попередні дослідження з виявлення потреб в запасних частинах підприємств автосервісу виявили фактори, які впливають на задоволення потреби в номенклатурі запчастини.

З огляду на сучасні умови функціонування автосервісних підприємств, необхідно враховувати деякі додаткові фактори, які впливають на потребу в запасних частинах, визначати їх місце в класифікації, і виявлення зв'язків між самими факторами.

Аналіз системи управління запасами на підприємстві, показав, що характерною рисою управління запасами є "заморожування" замовлень. Ця особливість використовується при формуванні замовлень для поповнення складу і загального процесу управління запасами на підприємстві. При аналізі системи управління запасами встановлено, що джерелом зростання неліквідних запасів на складі підприємства є повернення деталей для сервісних замовлень та замовлення деталей для поповнення складу.



## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН НА ПІДПРИЄМСТВАХ АВТОСЕРВІСУ

#### 2.1 Особливості управління запасами на підприємствах автосервісу

Система забезпечення запасними частинами СТО є системою масового обслуговування, оскільки відповідає основним особливостям даної системи. Запасні частини, які використовуються на СТО, являють собою випадковий потік вимог, попит на запчастини описується розподілом Пуассона:

$$P_{ka} = \frac{a^k}{k!} \cdot e^{-a}, \quad (2.1)$$

де  $P_{ka}$  – ймовірність того, що кількість необхідних запасних частин буде дорівнює  $k$  при середній кількості спожитих запасних частин;  
 $a$  – витрата запасних частин за періоди часу.

Потік потреби в запасних частинах для діючих підприємств автосервісу ділиться на кілька складових, в залежності від спеціалізації підприємства і обсягу споживаних його підрозділами запасних частин. Сучасні підприємства автосервісу (особливо це притаманне підприємствам дилерської мережі) мають, крім власної сервісної бази, ще й відділ роздрібної торгівлі запчастинами. Крім того, компанія має власний автопарк для виробничо-господарських потреб, відділ з продажу нових і старих автомобілів, а також деякі ще й сервіс прокату автомобілів.

В цілому витрата запчастин сучасного автосервісного підприємства дилерської мережі буде виглядати так:

$$Q = Q_{ТО} + Q_{маг} + Q_{вл} + Q_{прок} + Q_{ен} \quad (2.2)$$



де  $Q_{то}$  – потреба в запасних частинах підприємства для технічного обслуговування і ремонту автомобілів клієнтів;

$Q_{маг}$  – потреба в запасних частинах відділу продажу запчастин;

$Q_{вл}$  – потреба в запасних частинах автопарку для виробничих і господарських (власних) потреб;

$Q_{прок}$  – потреба в запасних частинах відділу прокату автомобілів;

$Q_{вп}$  – потреба в запчастинах відділу продажу автомобілів.

Споживання запасних частин допоміжними службами СТО може бути об'єднано в одну загальну складову споживання запасних частин, адже ремонтні впливи на парк власних автомобілів компанії здійснює, як правило, сервіс. Виняток становлять лише складові витрати, які приписуються відділу продажу запчастин. Загалом, потреба в запчастинах ( $q$ ) для такого бізнесу буде виглядати так:



$$Q = Q_{серв} + Q_{маг}, \quad (2.3)$$

де  $Q_{серв}$  – загальна потреба в запасних частинах автосервісу;

$Q_{маг}$  – потреба в запасних частинах відділу продажу (магазину) запчастин.

Якщо для розрахунку потреби в запасних частинах сервісною службою ( $Q_{серв}$ ) потрібна достовірна інформація про експлуатаційні фактори і склад автопарку, то для розрахунку потреби в запасних частинах магазину ( $Q_{маг}$ ) отримати таку інформацію набагато складніше.

При великих значеннях кількості запасних частин, за законом розподілу Пуассона з прийнятним наближенням, може бути описана нормальним законом розподілу. Використаємо його для визначення  $Q_{маг}$ .

Для нормального закону розподілу ймовірність того, що  $Q_{маг}$  буде меншою за  $Q + Z\sigma$ .

$$P(-\infty < Q_{маг} < Q + Z \cdot \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^Z e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \quad (2.4)$$



де  $Q$  – математичне очікування розподілу;

$z$  – нормалізоване відхилення від середнього значення;

$\sigma$  – середньоквадратичне відхилення.

Задавши значення ймовірності  $P$ , можна визначити значення  $z$ :

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^z e^{-\frac{t^2}{2}} dt = P, \quad (2.5)$$

Необхідна кількість запчастин необхідної номенклатури складе:

$$Q_{\text{mag}} = Q + z \cdot \sigma, \quad (2.6)$$

де  $Q$  і  $\sigma$  – очікувані значення і стандартне відхилення відповідно.

При цьому специфіка діяльності підприємств автосервісу передбачає прогнозування потреби в запасних частинах на відносно короткі проміжки часу (зазвичай не більше місяця), а якщо при експериментальному дослідженні буде встановлено, що витрата запчастин не підпорядковується описуваним залежностям, використовувати цю модель прогнозування буде недоцільно.

Розглядаючи споживання запчастин на підприємстві як двох різних складових, може виникнути ряд труднощів:

- збільшення кількості розрахунків при визначенні потреби в запасних частинах;
- відсутність статистичної інформації про споживання запасних частин кожним підрозділом окремо;
- зібрана статистика вартості запчастин окремо по кожному відділу не повною мірою відображає характер переміщення запчастин від постачальника до споживача. Наприклад, запчастини, придбані в магазині запчастин, можуть бути встановлені в сервісній службі цієї ж компанії. Або, в силу обмежених можливостей сервісу, майстер може порекомендувати клієнту установку деталей на іншому підприємстві, придбаному в магазині даного автосервісу.



Таким чином, в рамках даного дослідження необхідно проаналізувати статистику споживання запчастин відділом автосервісу і магазином окремо. Щоб показати тенденцію зміни витрат і вибрати математичний апарат для прогнозування потреби в запчастинах, що забезпечить максимальну точність прогнозу.

У практичних розрахунках часто використовуються регресійні моделі для прогнозування зміни параметрів різних систем, якщо є інформація про фактори, які впливають на цей параметр. Різні фактори споживання запасних частин і встановлення щільності взаємозв'язків між самими факторами, необхідно побудувати багатofакторну регресійну модель.

Витрата запчастин в цьому випадку буде ефективною функцією, а інші змінні будуть факторними особливостями  $x_1 \dots x_m$ .

В цілому рівняння регресії для прогнозування потреби в запасних частинах виглядає таким чином:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_m x_m, \quad (2.7)$$

де змінні  $x_{1..m}$  є факторними ознаками.

Модель буде включати в себе тільки ті фактори, кількісний облік і прогнозування змін в яких може здійснюватися в умовах автосервісного підприємства.

Щоб побудувати багатofакторну регресійну модель ефективної ознаки, необхідно спочатку вибрати факторні ознаки в моделі. З цією метою розраховуються коефіцієнти парної кореляції ( $r_{yx1}, r_{yx2}, r_{y1x2}$ ), наприклад:

$$r_{yx1} = \frac{\overline{yx_1} + \overline{yx_1}}{\sigma_y \cdot \sigma_{x1}}, \quad (2.8)$$

де  $\sigma_y$  та  $\sigma_{x1}$  є середньоквадратичними відхилення відповідних виборок.



$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum(y - \bar{y})^2}{n}}; \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}}. \quad (2.9)$$

Фактори, коефіцієнти парної кореляції, яких у нижче заданого рівня значущості, в модель не вводяться. При практичних розрахунках буде враховуватися потреба в за частинах зі зазначенням рівня значущості – 0,05.

Далі проводиться перевірка на наявність мультиколінеарних факторних ознак. З кожної пари таких особливостей в моделі вибираємо одну (з найбільшим коефіцієнтом  $r_{yxn}$ ). При підборі факторів в моделі для прогнозування потреби в запасних частинах ознака мультиколінеарності факторів буде значення коефіцієнта парної кореляції більше 0,8.

Оцінки параметрів моделі  $a_0, i_1, \dots, i_n$  рівняння регресії з використанням методу найменших квадратів будуть представлені в матричному вигляді.

Прийmemo наступні позначення:

$a = (a_j) j = 0, 1, \dots,$

$m$  – вектор невідомих параметрів;

$a = (a_j)$  - вектор оцінок параметрів;

$y = (y_i), i = 1, \dots,$

$n$  – вектор значень залежної змінної;

$X = (X_{ij})$  – матриця значень незалежних змінних з розмірністю  $n \times (m+1)$ ;

$\varepsilon = (\varepsilon_i)$  – вектор помилок в моделі;

$e = (e_i)$  – вектор помилок в рівнянні з розрахунковими параметрами.

У звичайному записі вектором розуміється як вектор стовпця, тобто матриця розмірності  $n \times 1$ .

Рівняння регресії з оціночними параметрами має вигляд:

$$\hat{y} = X \cdot a + e. \quad (2.10)$$

Сума квадратів відхилень дорівнює:



$$\begin{aligned}
 Q &= \sum e_1^2 = e^T \cdot e = (y - X \cdot a)^T \cdot (y - X \cdot a) = \\
 &= y^T \cdot y - a^T \cdot X^T \cdot y - y^T \cdot X \cdot a + a^T \cdot X^T \cdot a = \\
 &= y^T \cdot y - 2 \cdot a^T \cdot X^T \cdot y + a^T \cdot X^T \cdot X \cdot a.
 \end{aligned} \tag{2.11}$$

Диференціюючи  $Q$  за  $a$ , отримуємо:

$$\frac{\delta \cdot Q}{\delta \cdot a} = -2X^T \cdot y + 2a \cdot (X^T \cdot X). \tag{2.12}$$

Прирівнюючи похідну до нуля, отримаємо вираз для визначення вектора оцінки  $a$ :

$$\begin{aligned}
 X^T \cdot y &= X^T \cdot x \cdot a, \\
 a &= (X^T \cdot X)^{-1} \cdot (X^T \cdot y).
 \end{aligned} \tag{2.13}$$

У розглянутому рівнянні регресії матриці коефіцієнтів при невідомих параметрах мають вигляд:

$$X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}, \tag{1.14}$$

Оскільки,

$$X^T \cdot X = \begin{bmatrix} n & \sum x_{i1} & \dots & \dots & \sum x_{im} \\ \sum x_{i1} & \sum x_{i1}^2 & \dots & \dots & \sum x_{i1} \cdot \sum x_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum x_{im} & \sum x_{i1} \cdot \sum x_{im} & \dots & \dots & \sum x_{im}^2 \end{bmatrix}, \tag{2.15}$$



$$X^T \cdot y = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum y_i \cdot x_{i1} \\ \vdots \\ \sum y_i \cdot x_{im} \end{bmatrix}, \quad (2.16)$$

Обчислення параметрів рівняння регресії є трудомістким процесом. Сучасні пакети комп'ютерних програмних продуктів виконують його автоматично.

Після обчислень коефіцієнтів часткової кореляції, визначимо коефіцієнт множинної кореляції  $r_y$ , який характеризує густота зв'язку результативних і факторних ознак та визначається за формулою:

$$r_y = \sqrt{\frac{\sigma_{y1,2\dots m}}{\sigma_y^2}} = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{y(2\dots m)}}{\sigma_y^2}}. \quad (2.17)$$

де  $\sigma_{y1,2\dots m}$  – факторна дисперсія;

$\sigma_{y(1,2\dots m)}$  – остаточно дисперсія;

$\sigma_y^2$  – дисперсія результативної ознаки.

$$\begin{aligned} \sigma_{y1,2\dots m}^2 &= \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n-1}; \\ \sigma_{y(1,2\dots m)}^2 &= \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-1}; \\ \sigma_y^2 &= \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}, \end{aligned} \quad (2.18)$$

де  $\hat{y}_i$  – розрахункове значення отриманої ознаки;

$\bar{y}$  – середнє значення отриманої ознаки.

Прийнята форма запису індексів означає:

$\sigma_{y1,2\dots m}^2$  – дисперсія  $\hat{y}_i$  отримана з урахуванням факторів  $x_1, x_2, x_m$ ;



$\sigma_{y(1,2..m)}^2$  – дисперсія  $\hat{y}_i$ , отримана шляхом елемінування впливу  $x_1, \dots, x_m$ ;

Чим щільніше фактичні значення  $y_i$  знаходяться щодо лінії регресії, тим менша кінцева дисперсія (більша дисперсія фактора) і, як наслідок, більше значення  $r_y$ .

Таким чином, коефіцієнт множинної кореляції, як і значення залишкової дисперсії, характеризує якість виділення рівняння регресії.

Для перевірки якості регресійної моделі необхідно оцінити значимість коефіцієнта множинної кореляції. Ця оцінка проводиться за допомогою  $t$ -статистики Ст'юдента [11] шляхом перевірки на рівність до нуля  $k$ -го коефіцієнта регресії ( $k = 1, 2, \dots, m$ ). Розрахункове значення  $t$ -критерію з числом ступенів свободи ( $n - (m + 1)$ ) знаходять шляхом розподілу  $k$ -го коефіцієнта регресії на стандартне відхилення цього коефіцієнта  $\delta_{ry}$ . У цьому випадку:

$$\sigma_{ry} = \frac{\sqrt{1 - r^2}}{\sqrt{n - m - 1}};$$

$$t_{\text{розрах}} = \frac{r_y}{\sigma_{ry}} = r_y \cdot \sqrt{\frac{n - m - 1}{1 - r^2}}. \quad (2.19)$$

Розрахункове значення  $t_{\text{розрах}}$  для порівняння з критичним  $t_k$ , яке береться з таблиці значень  $t$  критерію Ст'юдента з урахуванням заданого рівня значущості і кількості ступенів вільності  $k$ .

Якщо розрахункове значення  $t$  більше критичного значення, то коефіцієнт кореляції вважається значущим і зв'язок між ефективною ознакою і набором факторних ознак близька.

Значимість моделі множинної регресії оцінюється за допомогою  $F$ -критерію Фішера [12, 13]. При цьому висувається гіпотеза про те, що коефіцієнти рівняння регресії дорівнюють нулю ( $a_1 = a_2 = \dots a_m = 0$ ) – модель незначна.

Фактичне значення  $F$ -критерію Фішера визначається за формулою:



$$F_{\text{розрах}} = \frac{r_y^2}{1 - r} \cdot \frac{n - m - 1}{m}, \quad (2.20)$$

де  $m$  – число параметрів рівняння регресії.

Величина  $F_{\text{розрах}}$  для порівняння з  $F_{\text{кр}}$ , значення якого визначається з таблиці  $F$ -Критерію з урахуванням прийнятого рівня значущості і кількості ступенів свободи  $k_1 = n - 1$  і  $k_2 = m - 1$ . Якщо розрахункове значення критерію більше критичного, то справедливою буде конкуруюча гіпотеза.

На практиці не всі програми дають детальний аналіз побудованої регресійної моделі. При використанні стандартних пакетів додатків для розрахунку потреби в запчастинах ми віддамо перевагу саме тим пакетам, які оцінюють якість і значимість регресійної моделі.

Для оцінки частини зміни (варіації) ефективної ознаки під впливом факторних ознак використовується коефіцієнт детермінації  $D = r \cdot y^2$  [14, 15].

Пряме порівняння коефіцієнтів регресії можливо, якщо ці коефіцієнти виражені в одних і тих же одиницях. Більшість факторів, які впливають на потребу в запчастинах, мають різні одиниці виміру (кілометри, штуки, дні, мотогодиин і т.п.).

Щоб коефіцієнти регресії були порівнянними, необхідно застосувати нормовані коефіцієнти регресії  $\beta_j$  [16, 17]. Коефіцієнт  $\beta_j$  показує величину зміни результуючої ознаки в значеннях середньоквадратичної похибки при зміні факторної ознаки  $x_j$  на одну середньоквадратичну похибку:

$$\beta_j = a_j \cdot \left( \frac{\sigma_{x_j}}{\sigma_y} \right), \quad (2.21)$$

де  $a_j$  – коефіцієнт регресії при  $x_j$  факторі;

$\sigma_{x_j}$  і  $\sigma_y$  – є середньоквадратичною похибкою кореневої квадратичної похибки фактора і результуючих ознак відповідно.



Щоб оцінити, на скільки відсотків зміниться ефективна ознака, якщо значення однієї з факторних ознак зміниться на 1%, розрахуємо коефіцієнти пружності.

$$E_j = \frac{\partial \hat{y}}{\partial x_j} \cdot \frac{x_j}{\hat{y}}, \quad (2.22)$$

де  $\frac{\partial \hat{y}}{\partial x_j}$  – часткова похідна регресії від змінної  $x_j$ ;

$x_j$  – значення фактора  $x_j$  на заданому рівні;

$\hat{y}$  – розрахункове значення отриманої ознаки на заданих рівнях факторних ознак.

Для прогнозування потреби в запасних частинах за допомогою багатофакторної регресійної економетричної моделі на  $L$  кроків вперед, необхідно знати прогностичні значення всіх факторів, що вводяться в модель. Ці значення можна отримати на основі методів екстраполяції, наприклад, з використанням середніх абсолютних приростів факторних ознак. У модель підставляють прогностичні значення факторів і отримують точково-прогнозні оцінки потреби в запасних частинах необхідної номенклатури. Якщо в ході подальших досліджень буде виявлено, що використання лінійної багатофакторної моделі недоцільно, то залежність потреби в запчастинах від факторних ознак буде описуватися нелінійними рівняннями.

В цьому випадку для оцінки параметрів регресії необхідно привести рівняння регресії до лінійного вигляду. Лінеаризація може бути забезпечена логарифмом [17]. Недоліком логарифма є те, що оцінки параметрів регресії будуть зміщені.

В цілому оцінка параметрів нелінійної регресії здійснюється за допомогою нелінійного методу найменших квадратів. Для цього використовується сума квадратів відхилень обчислених  $f(a_1, a_2)$  і фактичні значення  $y_i$  ефективної ознаки шляхом диференціації  $Q$  за параметрами  $a_j$ :



$$Q = \sum e_i^2 = \sum [y_i - f(a_1, a_2, \dots)]^2 \quad (2.23)$$

В результаті виходить система нормальних рівнянь. Система, яка лінеаризується шляхом розкладання на ряд Тейлора, а потім використовується лінійний метод найменших квадратів .

В умовах автосервісного підприємства, коли необхідно спрогнозувати потребу в запчастинах на короткий термін, найважливішими є останні показники продажів запчастин, що особливо характерно для магазину автозапчастин. При цьому доцільно використовувати адаптивні моделі прогнозування, які враховують неоднакове значення рівнів часових рядів.

Для прогнозування потреби в запчастинах ми використовуємо адаптивну модель прогнозування, яка базується на схемі ковзної середньої . За схемою ковзної середньої оцінка поточного рівня є середньозваженим значенням всіх попередніх рівнів, а шкали в спостереженнях зменшуються на помірній відстані від наступного рівня, потім існує інформаційна цінність спостереження, яка вважається більшою, чим ближче до кінця меж спостережень.

Реакція на помилку прогнозування в моделі, яка базується на даній схемі, визначається за допомогою параметрів згладжування (адаптації), значення яких може варіюватися від нуля до одиниці. Високе значення цих параметрів (вище 0,5) означає надання більшої ваги останнім рівням ряду, а більш низьке значення (менше 0,5) означає надання більшої ваги попередньому спостереженню. Як показав аналіз ряду значень потреби в запасних частинах на підприємствах автосервісу, значення параметрів згладжування повинно знаходитися в діапазоні від нуля до 0,5.

Для прямих розрахунків передбачається використовувати базову модель за схемою ковзної середньої – модель Брауна, яка представляє процес розвитку у вигляді лінійного тренда з постійно нестабільними параметрами. Лінійна



адаптивна модель Брауна потребує часового ряду довжини  $N$ . Наприклад, якщо прогнозується потреба в запасних частинах по місяцях року, то зазначені серії будуть базуватися на значеннях продажу запасних частин в попередні місяці роботи підприємства. Значення потреби в  $K$  кроках здійснюється за формулою:

$$Y(t+k) = A_0 + A_1 \cdot k, \quad (2.24)$$

де  $A_0$  – величина, близька до останнього значення потреби в запасних частинах, і є природною складовою цієї величини;

$A_1$  – визначає приріст, який сформувався в основному до закінчення періоду спостереження, але відображає (хоча і в меншій мірі) темпи зростання на більш ранніх етапах.

Для перших п'яти точок ряду початкові значення  $A_0$  і  $A_1$  параметрів моделі оцінюються за допомогою методу найменших квадратів для лінійного наближення:

$$Y_p(t,k) = A_0(t) + A_1, \\ k(t = 1, 2, \dots, 5).$$

Використання отриманого значення параметрів  $A_0$  і  $A_1$  знаходять прогноз на один крок ( $k = 1$ ):

$$Y_p(t, k) = A_0(t) + A_1(t) \cdot k. \quad (2.25)$$

Розрахункове значення потреби в запасних частинах порівнюється з її фактичним показником і розраховується значення їх невідповідності (похибки).



При  $k = 1$  маємо:  $e(t + 1) = Y(t + 1) - Y_p(t, 1)$ . Відповідно, параметри моделі коригуються відповідно до цієї величини. Модифікація здійснюється наступним чином:

$$\begin{aligned} A_0(t) &= A_0(t - 1) + A_1(t - 1) + \alpha^2 e(t); \\ A_1(t) &= A_1(t - 1) + \alpha^2 e(t), \end{aligned} \quad (2.26)$$

де  $\alpha$  – параметр згладжування, оптимальне значення якого виявляється ітераційним способом, тобто шляхом багаторазової побудови моделі при різних значеннях  $\alpha$  і вибору найкращої;

$e(t)$  – помилка прогнозування  $Y(t)$ , розрахована на момент часу при русі на крок вперед.

Слід зазначити, що дана методика повинна забезпечувати хороші результати при наявності постійної тенденції зміни витрати запчастини, близької до лінійної залежності.

Для аналізу і прогнозування внутрішньорічних коливань попиту може використовуватися внутрішньорічна модель коливання з використанням ряду Фур'є.

Періодичну функцію  $\varphi(t)$  можна представити у вигляді суми скінченної або нескінченної множини синусоїдальних величин:

$$\begin{aligned} \varphi(t) &= A_0 + A_1 \cdot \sin(\omega t + \alpha_1) + A_2 \cdot \sin(2\omega t + \alpha_2) . \\ \varphi(t) &= A_0 + \sum A_n \cdot \sin(n\omega t + \alpha_n). \end{aligned} \quad (2.27)$$

Геометрично це означає, що графік періодичної функції виходить шляхом накладення ряду синусоїд, складне коливання яких характеризується функцією  $\varphi(t)$  і розкладається на окремі гармонійні коливання. Окремі синусоїдальні величини, що входять до складу розкладання (2.28), називаються гармонійними компонентами функції  $\varphi(t)$  або просто її



гармоніками (перша, друга і т.д.). Сам процес розкладання періодичної функції на гармоніки називається гармонічним аналізом.

Для розкладання на ряд Фур'є, необхідно, щоб вихідна функція  $\varphi(t)$  в інтервалі  $(a, a + 2l)$  задовольняла умовам Діріхле, а саме:

- рівномірно обмежені, тобто  $|\varphi(t)| \leq M$  при  $a < x < a + 2l$ , де  $M$  є постійною величиною;
- має не більше скінченного числа точок розриву, і всі вони 1-го роду;
- має кінцеве число точок суворого екстремуму;
- $\varphi(t)$  – неперервна або частковонеперервна в інтервалі  $(a, a + 2l)$ . В цьому випадку допустимо розкладання:

$$\begin{aligned} \varphi(x) &= a_0 + a_1 \cdot \cos \frac{\pi x}{1} + b_1 \cdot \sin \frac{\pi x}{1} + a_2 \cdot \cos \frac{2\pi x}{1} + \\ &+ b_2 \cdot \sin \frac{2\pi x}{1} + \dots + a_n \cdot \cos \frac{n\pi x}{1} + b_n \cdot \sin \frac{n\pi x}{1} \\ &= a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left( a_n \cdot \cos \frac{n\pi x}{1} + b_n \cdot \sin \frac{n\pi x}{1} \right), \end{aligned} \quad (2.28)$$

$$\text{де } a_n = \frac{1}{1} \int_a^{a+2l} f(x) \cos \frac{n\pi x}{1} dx, \quad b_n = \frac{1}{1} \int_a^{a+2l} f(x) \sin \frac{n\pi x}{1} dx.$$

При аналітичному вираженні зміни рівнів часових рядів скористаємося формулою:

$$y_t = a_0 + \sum (a_k \cdot \cos kt + b_k \cdot \sin kt), \quad (2.29)$$

де  $k$  визначає гармонійне число, яке використовується з різним ступенем точності (зазвичай від 1 до 4).

При вирішенні рівняння параметри визначаються виходячи з положення методу найменших квадратів. Визначивши часткові похідні для функції і



прирівнявши їх до нуля, отримаємо систему нормальних рівнянь, параметри яких розраховуються за формулами:

$$\begin{aligned}
 a_0 &= \frac{\sum y_t}{n}; \\
 a_k &= \frac{2}{n} \sum y_i \cdot \cos kt_1; \\
 b_k &= \frac{2}{n} \sum y_i \cdot \sin kt_1.
 \end{aligned}
 \tag{2.30}$$

При аналізі ряду змін споживання запасних частин значення  $n$  прийнято рівним 12. Представляючи місячні періоди у вигляді частин кола, ряд внутрішньорічної динаміки можна записати у вигляді таблиці 2.1:

Таблиця 2.1 – Місячні періоди як частини кола

Періоди ( $t_i$ )	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{5\pi}{6}$	$\pi$	$\frac{7\pi}{6}$	$\frac{7\pi}{3}$	$\frac{3\pi}{2}$	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{5\pi}{3}$	$\frac{11\pi}{6}$
Рівні ( $y_i$ )	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$	$y_{11}$	$y_{12}$

Для здійснення цих розрахунків за допомогою персонального комп'ютера необхідна інформація про витрати на запчастини в попередні місяці роботи компанії (не менше 12 місяців).

## 2.2 Розробка методологічних принципів вибору математичних моделей для прогнозування потреби в запасних частинах

Для проведення прогнозування потреби в запасних частинах необхідно вибрати математичну модель, яка буде враховувати особливості функціонування автосервісного підприємства і його систем.



Сформулюємо наступні методологічні принципи вибору математичних моделей для прогнозування потреби в запасних частинах автосервісних підприємств (рис. 2.2)

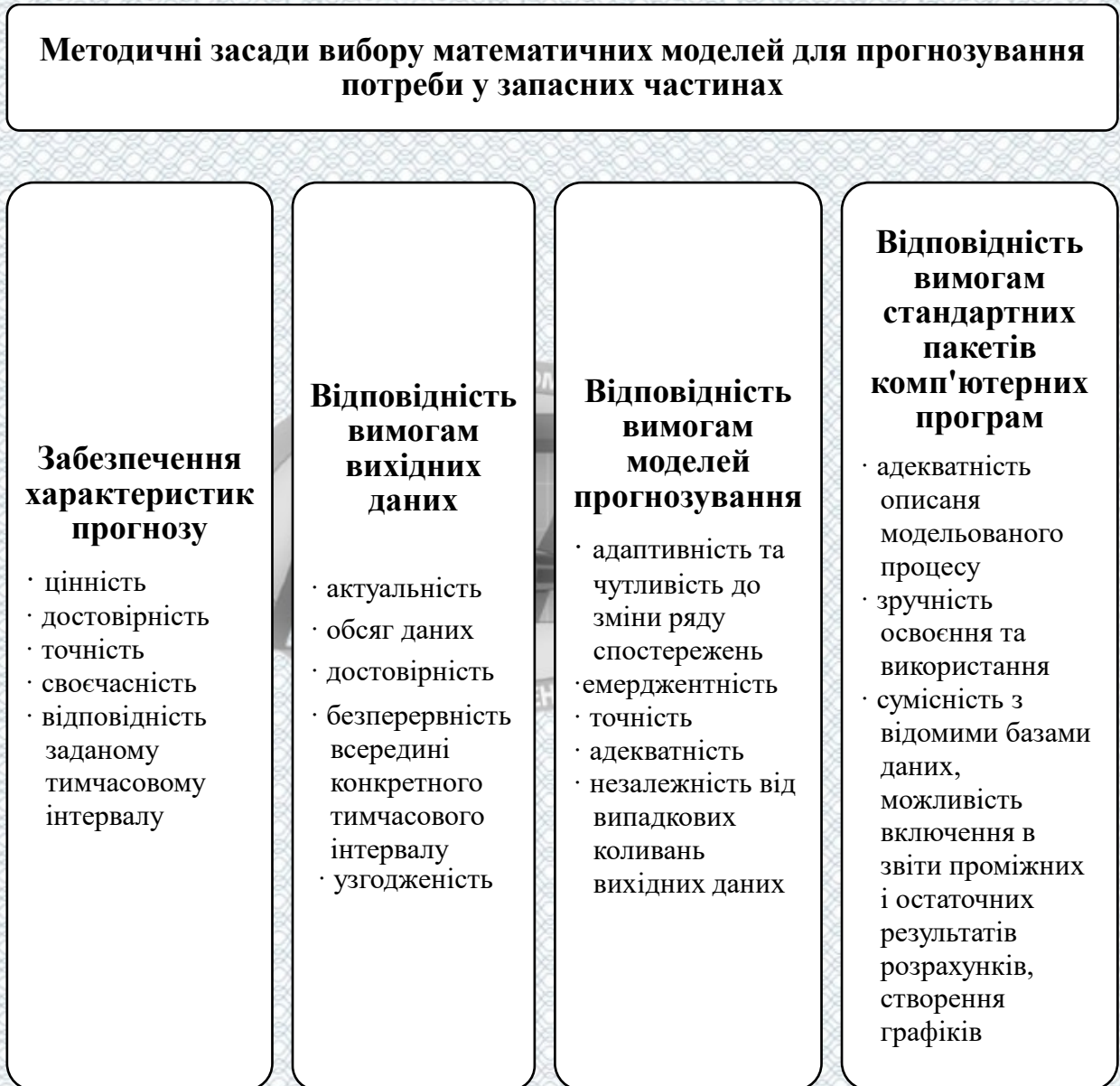


Рисунок 2.2 – Методологічні засади вибору математичних моделей прогнозування потреб у запасних частинах

При аналізі вихідних даних, потрібно вирішити, які дані найбільше відповідають прогнозу. Не менш важливо встановити відповідні функціональні залежності, тобто дані повинні бути узгодженими.



При зборі інформації повинні бути достовірні дані, підтвержені звітною документацією підприємства. Отримати прогнози на заданому часовому проміжку передбачає безперервну послідовність вихідних даних. Обсяг зібраної інформації повинен бути достатнім для побудови моделей і отримання прогнозів.

Моделі прогнозування повинні реагувати на зміну динаміки ряду спостережень, тобто об'єктивно відображати тенденції зміни споживання запасних частин протягом аналізованого часового проміжку, мати достатню гнучкість необхідну для обліку і вирівнювання відхилень в отриманих прогнозних оцінках. Модель повинна мати емерджентність, тобто мати властивості, властиві моделі в цілому, а не є властивостями тільки одного конкретного елемента моделі. Адекватність моделі є основною вимогою, що визначає можливість використання побудованої моделі для прогнозування. Для адекватних моделей має сенс ставити завдання оцінки їх точності. Точність моделі характеризується величиною відхилення моделі в результаті від реального значення змодельованої змінної. Моделі прогнозування не повинні втрачати своїх властивостей під впливом випадкових коливань вихідних даних.

Асортимент запчастин, які постійно споживаються, на дилерському підприємстві автосервісу становить кілька тисяч найменувань. Розрахунки потреб в запчастинах можливі тільки в тому випадку, якщо використовуються стандартні пакети комп'ютерних додатків.

Виходячи з заявлених вимог до наступних розрахунків, здійснюється підбір стандартних пакетів прикладних комп'ютерних програм.

Повний аналіз математичних моделей може бути проведений тільки після побудови моделі і отримання прогнозу потреби в запасних частинах. Для цього потрібно розглянути наведені вище моделі на відповідність тільки тим вимогам, які не передбачають побудову моделі витратити і проведення попередніх розрахунків потреби в запчастинах. Результати аналізу моделі представлені в таблиці 2.1.



Формули розрахунку потреби в запасних частинах на основі застосування стандартів (підрозділ 1.2) не задовольняють більшості запропонованих вимог. Виробники автомобілів не встановлюють стандартів споживання запчастин для дилерів. Кількість автомобілів, які обслуговуються, і структура автопарку за моделями, віком і пробігом постійно змінюються, а для конкретного автосервісного підприємства не представляється можливим розробити норми споживання запчастин.

Використання моделей прогнозування трендів можливо тільки при наявності постійної тенденції зміни споживання запчастин. Якщо припустити, що збільшення споживання запчастин за прогнозований проміжок часу зміниться зниженням, ця модель не «відчує» цю зміну. Моделі, засновані на законах розподілу випадкових величин, також припускають, що зміни споживання запасних частин відповідають кривій розподілу.

Регресійні моделі забезпечують короткостроковий прогноз, але вимагають значної кількості необроблених даних. Вони задовольняють вимозі виникнення, і для них існують стандартні пакети прикладних комп'ютерних програм, які адекватно описують процес моделювання.

Адаптивна модель прогнозування задовольняє всі розроблені принципи, але не адекватно реагує на випадкові коливання вихідних даних (табл. 2.2).

Виходячи з вищесказаного, для прогнозування потреби в запасних частинах може використовуватися адаптивна модель прогнозування, а також, при певних припущеннях, модель регресійного прогнозування і модель прогнозування на основі гармонік ряду Фур'є.



Таблиця 2.2 – Результати аналізу моделей

Моделі і методи	Забезпечення характеристик прогнозу	Відповідність вимогам вихідних даних		Відповідність вимогам моделей прогнозування			Відповідність стандартним пакетам програм
	Зіставлення заданого інтервалу часу	Обсяг продуктивних даних	Безперервність в межах часового проміжку	Адаптивність до зміни в ряді спостережень	Емерджентність	Незалежність від випадкових коливань вихідних даних	Адекватність опису змодельованого процесу
Модель тренда	+	+	+	-	-	+	+
Регресійна модель	+	-	+	-	+	+	+
Адаптивна модель Брауна	+	+	+	+	-	-	-
Моделі, що використовують ряди Фур'є	+	+	+	-	-	-	+
Нормативні методи планування	-	-	-	-	-	-	+
Нормальний закон розподілу випадкових величин	-	+	+	-	-	-	-



### 2.3 Вибір пакетів комп'ютерних програм для визначення потреби в запасних частинах

Для отримання кількісних прогнозних характеристик необхідно вибирати моделі, на основі яких буде розроблена методика розрахунку потреби в запасних частинах.

Перш ніж застосовувати цю модель в практичних розрахунках, необхідно проаналізувати криву витрати запасних частин.

У сучасній світовій практиці фірми широко використовують статистичний апарат для аналізу результатів роботи підприємств. Ринок програмного забезпечення пропонує клієнтам понад 1000 різних програмних продуктів для роботи з статистичними даними.

На автомобільному транспорті ці програми зараз використовуються як компоненти програмного забезпечення підприємств. Деякі підприємства, використовуючи пакети прикладних комп'ютерних програм (в ТОВ "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця – ІС), використовують тільки стандартний склад цих програм, що не дозволяє проводити комплексні дослідження робочих процеси, і проводять розрахунки тільки в рамках функцій, запропонованих розробниками. Інші, особливо великі підприємства автосервісу, що входять в дилерську мережу, мають власне програмне забезпечення, здатне швидко реагувати на зміну умов експлуатації підприємств. Зазвичай на таких підприємствах є спеціальний відділ, який займається розробкою і вдосконаленням існуючого програмного забезпечення, розробкою додаткових системних модулів, необхідністю яка виникає при функціонуванні інших підрозділів підприємства. Фахівці аналізують досвід прикладних програм і використовують його при розробці власного програмного забезпечення.



Основна маса статистичних пакетів - це спеціалізовані та універсальні пакети. Спеціалізовані пакети слід використовувати в тих випадках, коли систематично необхідно вирішити проблему в тій чи іншій сфері діяльності.

Ринок статистичних програмних пакетів досить великий [12, 13, 14]. За функціональністю програм для статистичного аналізу можна поділити на три основних групи: універсальні пакети; професійні пакети; спеціалізовані пакети. Наприклад, спеціалізовані - BIOSTAT, DATASCOPE, MESOSAUR професійні пакети - SAS, BMDP; універсальні пакети - STADIA, SPSS, STATGRAPHICS, STATISTICA; [15,16].

Статистичні програми відносяться до наукомісткого програмного забезпечення, їх ціна часто є досить дорога для індивідуального користувача. Професійні пакети містять велику кількість методів аналізу, популярні пакети - перелік функцій, достатній для універсального використання. Спеціалізовані пакети орієнтовані на визначену вузьку область аналізу даних.

Пакети, призначені для персонального комп'ютера, написані, зазвичай, на мові С, яка дає можливість запрограмувати гнучкіший і ефективніший інтерфейс. Проте пакети, спочатку були написані на мові FORTRAN, такі, як TSP, SPSS, STATA, SYSTAT створювалися впродовж багатьох років великими колективами та включають величезну кількість різних методів [14]. Обране ПЗ повинно дозволяти легко отримувати потрібні графіки і мати інтерактивні можливості графічного інтерфейсу. Далі наведемо характеристику найбільш популярних пакетів програм.

MathCAD (Parametric Technology Corp.) [16]. Потужний пакет для математичних розрахунків, побудови графіків, розв'язання рівнянь тощо. Є системою комп'ютерної алгебри з класу систем автоматизованого проектування, орієнтована на підготовку інтерактивних документів з обчисленнями і візуальним супроводженням, відрізняється простотою використання і застосування для колективної роботи. Має простий, інтуїтивний інтерфейс. Робота здійснюється в межах робочого аркуша, на якому рівняння і вирази відображаються графічно, на противагу текстовому



запису в мовах програмування. Mathcad зручно використовувати для обчислень, інженерних розрахунків та навчання. Відкрита архітектура у поєднанні з підтримкою технологій NET і XML дозволяють легко інтегрувати Mathcad практично в будь-які IT-структури та інженерні застосування. Є можливість створення електронних книг (e-Book).

Mathematica (Wolfram Research, Inc) — вичерпна система комп'ютерної алгебри для чисельних, символічних та графічних обчислень і візуалізації [13]. Виконує найрізноманітніші математичні операції та перетворення алгебраїчних виразів заданих в чисельній та символічній формах (змінні, функції, матриці, поліноми тощо). Mathematica – це інтерактивний обчислювальний та графічний інструмент із вбудованою мовою програмування для швидких та точних розв'язків. Інформацію можна подавати як у вигляді функцій з використанням вбудованої мови програмування так і у звичайному математичному вигляді. Електронний документ, який називається notebooks (записник), допомагає користувачеві створювати тексти, виконувати обчислення, створювати графіки та анімацію для технічного звіту чи презентації роботи. Існує також можливість підключення додаткових пакетів.

Можливості аналітичних перетворень у Mathematica: розв'язання систем поліноміальних і тригонометричних рівнянь і нерівностей, а також трансцендентних рівнянь, що зводяться до них; розв'язання рекурентних рівнянь; спрощення виразів; знаходження границь; інтегрування і диференціювання функцій; знаходження скінченних і нескінченних сум і добутоків; розв'язання диференціальних рівнянь і рівнянь в часткових похідних; перетворення Фур'є і Лапласа, а також Z-перетворення; перетворення функції у ряд Тейлора, операції з рядами Тейлора: додавання, множення, композиція, отримання зворотної функції та інші. Можливості чисельних розрахунків Mathematica: обчислення значень функцій, у тому числі спеціальних, з довільною точністю; рішення систем рівнянь; знаходження меж; інтегрування і диференціювання; знаходження сум і



добутків; рішення диференціальних рівнянь і рівнянь в частинних похідних; поліноміальна інтерполяція функції від довільного числа аргументів з набору відомих значень; перетворення Фур'є і Лапласа, Z-перетворення. Завдання у теорії чисел: визначення простого числа за його порядковом номером, визначення кількості простих чисел, що не перебільшують дане; дискретне перетворення Фур'є; розкладання числа на прості множники, знаходження НСД і НСК. Лінійна алгебра у Mathematica: операції з матрицями: додавання, множення, знаходження зворотної матриці, множення на вектор, обчислення експоненти, отримання визначника; пошук власних значень і власних векторів. Графіка і звук у Mathematica: побудова графіків функцій, в тому числі параметричних кривих і поверхонь; побудова геометричних фігур: ламаних, кіл, прямокутників тощо; відтворення звуку, графік якого задається аналітичною функцією або набором точок; імпорт і експорт графіки в багатьох растрових і векторних форматах, а також звуку; побудова і маніпулювання графами.

MATLAB (MathWorks, Inc.) – комп'ютерна оболонка для інтерактивних та командних обчислень і візуалізації. Містить пакет прикладних програм для числового аналізу, а також мова програмування, що використовується в даному пакеті. Об'єднує в собі чисельний аналіз, операції з матрицями, сигнальні процеси та графіки в зручному для використання середовищі, де задачі та розв'язки подаються у математичному запису без використання традиційного програмування. Є зручним засобом для роботи з математичними матрицями, малюванням функцій, роботи з алгоритмами, створенням робочих оболонок (user interfaces) з програмами в інших мовах програмування. Спеціалізується на чисельному обчисленні, спеціальні інструментальні засоби працюють з програмним забезпеченням Maple, що робить його повноцінною системою для роботи з алгеброю.

MATLAB надає користувачеві багато функцій для аналізу даних, які покривають всі області математики, зокрема: матриці та лінійна алгебра –



алгебра матриць, лінійні рівняння, власні значення і вектори, сингулярності, факторизація матриць тощо; многочлени та інтерполяція – корені многочленів, операції над многочленами та їх диференціювання, інтерполяція та екстраполяція кривих; аналіз даних та математична статистика – статистичні функції, статистична регресія, цифрова фільтрація, швидке перетворення Фур'є; обробка даних — набір спеціальних функцій, включаючи побудову графіків, оптимізацію, пошук нулів, чисельне інтегрування; диференційні рівняння — вирішення диференційних і диференційно-алгебраїчних рівнянь, диференційних рівнянь із запізнюванням, рівнянь з обмеженнями, рівнянь в часткових похідних та інше; розріджені матриці – спеціальний клас даних пакету MATLAB, що використовується у спеціалізованих додатках; цілочисельна арифметика – виконання операцій цілочисельної арифметики в середовищі MATLAB. Це професіональний пакет розв'язування математичних задач різної складності, моделювання, рішення рівнянь, побудова графіків тощо.

MS Excel (MicroSoft Corp.). Найпоширеніший додаток з пакету офісних програм MS Office. MS Excel – це електронна таблиця з досить потужними математичними можливостями, де деякі статистичні функції є просто додатковими вбудованими формулами. Розрахунки зроблені при її допомозі не визнаються авторитетними науковими журналами. Також у MS Excel неможливо побудувати якісні наукові графіки. MS Excel підходить для накопичення даних, попередніх статистичних обчислень, проміжного перетворення, для побудови деяких видів діаграм. Проте остаточний статистичний аналіз необхідно робити в програмах, які спеціально створені для цих цілей. Існують макроси-додовнення для MS Excel, що включають додаткові статистичні функції, які в основних випадках є достатніми для звичайного застосування. Пробну версію макросів можна узяти на сайті виробника.



Statistica (StatSoft, Inc.) – збалансоване за співвідношенням «потужність/зручність» ПЗ. Має широкий спектр функціональних алгоритмів і розвинену графіку, а також відповідні засоби для редагування графічних матеріалів. Містить понад 250 статистичних функцій. Користувач має знати статистичну термінологію, а об'ємна довідкова система дає змогу досить повно ознайомлюватися з алгоритмами, що використовуються. Вбудовані функції об'єднані спеціалізованими статистичними модулями: основні статистики і таблиці, непараметрична статистика, дисперсійний аналіз, нелінійне оцінювання, множинна регресія, кластерний аналіз, аналіз часових рядів і прогнозування, факторний аналіз, канонічна кореляція, функціональний аналіз, дискримінанта, багатовимірні шкали, аналіз тривалості життя, моделювання структурними рівняннями тощо. Нескладний в засвоєнні, пакет можна рекомендувати для статистичних дослідження будь-якої складності [10, 14]. STATISTICA має суттєві переваги перед іншими статистичними пакетами: за допомогою реалізованих в системі STATISTICA мов програмування (SCL, STATISTICA BASIC), забезпечених спеціальними засобами підтримки, легко створюються закінчені рішення, що вбудовуються в різні інші застосування або обчислювальні середовища. Можливе розширення користувачем бібліотеки функцій, яка дозволять вирішувати більшу частину завдань по теорії імовірності; реалізовано обмін даними між STATISTICA і Windows додатками; пакет має сенс використати при рішенні досить трудомістких, математично складних і громіздких в реалізації методів багатовимірного аналізу; будь-яка графічна і текстова інформація в STATISTICA може бути виведена у файл формату RTF, який відкривається і редагується в Microsoft Office Word [13].

У даному дослідженні для побудови моделей прогнозування і здійснення розрахунків потреби в запасних частинах з використанням розробленого математичного апарату використовується прикладний програмний продукт MS Excel.



## 2.4 Висновки до розділу 2

1. Проведено аналіз попередніх досліджень факторів, що впливають на потребу в запасних частинах, необхідних для подальших досліджень.

2. Розроблено методологічні принципи вибору математичних моделей для прогнозування потреби в запасних частинах

3. Встановлено, що при наявності інформації про фактори, які виявляють істотний вплив на потребу в запчастинах, необхідно використовувати багатофакторну модель регресійного прогнозування. Якщо інформації про ці фактори немає, доцільніше використовувати адаптивну модель прогнозування. При значних сезонних коливаннях споживання запасних частин рекомендується використовувати моделі, засновані на гармоніках серії Фур'є.

Наведено огляд найбільш поширених пакетів прикладних комп'ютерних програм для роботи з статистичними даними, щодо можливості їх застосування для аналізу споживання запасних частин підприємства автосервісу. Для побудови моделей прогнозування було обрано Ms Excel.



## РОЗДІЛ 3

### УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В ЗАПАСНИХ ЧАСТИНАХ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АВТОСЕРВІСУ

#### 3.1 Прогнозування споживання запасних частин

Прогнозування потреби в запасних частинах можливо тільки в тому випадку, якщо використовується інформація про динаміку споживання компанією запасних частин з урахуванням можливих змін найбільш значущих факторів, проводить експертне опитування фахівців, які відповідають за забезпечення підприємства запасними частинами.

Для оцінки ступеня впливу факторів, що впливають на потребу в запасних частинах, розроблена анкета, в якій пропонується оцінити вплив 33 факторів, які діляться на 7 груп:

- управління;
- автопарк, що обслуговується;
- умови експлуатації;
- персонал;
- організація технічного обслуговування і ремонту;
- виробничо-технічна база;
- організація матеріально-технічного забезпечення.

На питання анкети відповіли 10 експертів з ТОВ "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця, які організують надання та продаж запасних частин на підприємстві автосервісу. Учасникам опитування було запропоновано оцінити значення факторів впливу за п'ятибальною шкалою. Фактор найбільшого впливу оцінювався в 5 балів, а найменш значущий - в 1 бал.



З отриманих оцінок була складена матриця відповідей учасників опитування:

$$\begin{array}{cccccc}
 x_{1,1} & x_{1,2} & x_{1,3} & \dots & x_{1,33} & \\
 x_{2,1} & x_{2,2} & x_{2,3} & \dots & x_{2,33} & \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots, \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \\
 x_{12,1} & x_{12,2} & x_{12,3} & \dots & x_{12,33} & 
 \end{array} \quad (3.1)$$

де  $x_y$  – оцінка розглянутого фактора (від 1 до 5);

$a = 1...12$  – номер анкети;

$j = 1...33$  – число фактора впливу.

Для безпосередньої оцінки ступеня впливу кожного з факторів коефіцієнт відносної значущості кожного фактора  $x_j$  розраховується окремо для кожного учасника опитування:

$$x_y = \frac{x_e}{\sum_{i=1}^{12} x_i}. \quad (3.2)$$

Розрахувавши цей коефіцієнт для кожного учасника опитування, розраховуємо відносну важливість кожного фактора за оцінками учасників опитування:

$$x_j = \frac{\sum_{j=1}^{33} x_i}{12}, \quad (3.3)$$

де  $x_j$  – коефіцієнт відносної важливості  $j$ -го фактора.



Таблиця 3.1 – Значимість факторів, що впливають на витрату запасних частин

Фактори	№ групи	Місце в ранжованому ряді	Коефіцієнти значимості
Інтенсивність експлуатації	2	1	0,051
Вікова структура парка	3	2	0,0508
Методика розрахунку потреби в частинах запасних	3	2	0,0507
Експлуатаційні умови	3	4	0,0460
Пробіг з початку експлуатації	2	5	0,0457
Потужність сервісного підприємства	6	6	0,0445
Реклама	1	7	0,0438
Ціни на запасні частини та послуги	1	8	0,0432
Якість запасних частин і матеріалів	7	9	0,0432
Постійна клієнтура	1	10	0,0429
Модельний ряд	2	11	0,0419
Обсяг продаж нових автомобілів	1	12	0,0412
Швидкість поставки запасних частин	1	13	0,0411
Надійність	2	14	0,0405
Якість автомобілів в експлуатації	1	15	0,0387
Спеціалізація сервісних підприємств	6	16	0,0356
Оптимальний розмір запасу	7	17	0,0350
Методи поповнення запасів	7	18	0,0347
Обсяг продаж запасних частин минулих років	1	19	0,0327
Оснащеність обладнанням	6	20	0,0310
Якість ТО и ремонту	4	21	0,0285
Система складів	1	22	0,0263
Кваліфікація виробничо-техніч. Персоналу	5	23	0,0205
Кваліфікація водіїв	3	24	0,0185
Витрати запасних частин минулих років	1	25	0,0163
Оптимальне використання приміщень складу	7	26	0,0161
Методи ТО и ремонту	4	27	0,0156
Час очікування обслуговування заявок на ТО	1	28	0,0144
Рівень підготовки кадрів	5	29	0,0133
Рекламації	4	30	0,013
Уніфікація	2	31	0,0126
Складність конструкції	2	32	0,0119
Втрати на брак	7	33	0,0108
Сума			1,0000



За результатами обстеження було виявлено, що найбільший вплив на потребу в запасних частинах надають такі чинники: структура автопарку по пробігу і структура автопарку за віком автомобілів з початку їх операція. Ці фактори відносяться до групи факторів: «Автопарк, що обслуговується». Приблизно 80% респондентів вважають, що саме ці фактори найбільше впливають на потребу в запчастинах.

Інтенсивність експлуатації, транспортні, автомобільні та природнокліматичні умови експлуатації, що належать до групи «Умови експлуатації», більшою мірою впливають на потребу в запасних частинах, на думку 60% фахівців. Серед інших груп факторів експерти виділили групу факторів «Менеджмент». Приблизно 70% респондентів вважають, що рівень цін на запчастини і послуги, лояльність і реклама сильно впливають на потребу автосервісної компанії в запасних частинах.

Фактори, пов'язані з організацією матеріально-технічного забезпечення підприємства, істотно впливають на потребу в запасних частинах – так вважають 63% фахівців.

Складність конструкції автомобіля, втрати через недосвідченість, уніфікованість і кількість скарг, на думку фахівців, в меншій мірі позначається на потребі в запчастинах.

До факторів, які надають незначний вплив, фахівці віднесли оптимальне використання складських площ.

Учасників опитування також попросили назвати фактори, які мали значний вплив на потребу в запчастинах. До таких факторів можна віднести: можливість продовження терміну служби або відновлення зношених запчастин, а також популярності цієї марки автомобіля і репутації підприємства, ці фактори також повинні бути вивчені при подальших дослідженнях.

Для зручності аналізу витрати запчастин необхідно розділити всю їх номенклатуру на групи за належністю до вузлів і систем автомобіля.



Для зручності аналізу витрати запчастин необхідно розділити всю їх номенклатуру на групи за належністю до вузлів і систем автомобіля.

Найзручніше в цьому випадку використовувати заводське групування запчастин (згідно з каталогом виробника). Каталоги запчастин включають в себе чотири основні розділи:

- Двигун.
- Трансмісія, підвіска, ходова частина, механізми управління.
- Кузов.
- Електрообладнання.

Для цього дослідження були відібрані запчастини, які належать до 1 – 3 групи.

При виборі переліку деталей перевага віддавалася тим, які не потребують обов'язкової заміни при обслуговуванні. Знос деталей цих груп залежить від пробігу транспортного засобу і умов експлуатації. Крім того, ці деталі повинні бути віднесені до групи А (деталі високого попиту ) або В (деталі середнього попиту). Для деяких запчастин характерні заміни каталожного номера за рахунок зміни конструкції, властивостей, матеріалу або виробника запчастин.

Вибирається номенклатура предметів другої групи. Їх споживання за 2020-2021 роки і розподіл між сервісною службою і магазином запчастин наведені в табл. 3.2.

При аналізі фактичних витрат деталей за 2020 - 2021 роки були побудовані графіки. На графіку 1 показані загальні витрати деталей в автосервісі, по яких проводиться дослідження за 2002 - 2021 роки (рис. 3.1). Коливання попиту на запчастини значні для всіх груп запчастин, при цьому періоди варіації неоднакові.



Таблиця 3.2 – Статистика споживання деталей найбільшого попиту та їх розподіл між сервісною службою та магазином запчастин ТОВ "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця

Дата	Назва деталі											
	Рульова тяга		Передній бампер		Шарова опора		Втулки стабілізатора		Амортизатори передні		Гальмівні диски	
	сервіс	магазин	сервіс	магазин	сервіс	магазин	сервіс	магазин	сервіс	магазин	сервіс	магазин
01.20	5	7	1	0	3	2	10	4	2	2	2	6
02.20	2	3	0	0	5	1	8	2	4	4	4	2
03.20	3	1	0	1	8	0	8	2	6	0	4	
04.20	5	2	0	1	10	0	6	2	4	2	4	2
05.20	2	4	0	0	12	5	6	2	6	0	2	2
06.20	2	0	0	2	5	4	4	0	8	2	6	4
07.20	4	2	0	0	8	6	4	2	10	2	8	0
08.20	1	3	2	0	5	4	6	0	2	0	8	2
09.20	1	4	1	0	4	1	2	2	2	0	6	0
10.20	0	3	0	0	6	1	2	4	8	2	6	6
11.20	5	3	0	1	4	1	6	2	0	0	2	2
12.20	7	1	0	1	2	2	6	0	4	2	0	2
01.21	2	3	0	3	3	2	4	4	2	2	2	8
02.21	1	2	1	0	1	0	4	8	8	0	2	2
03.21	0	2	1	0	1	0	4	0	6	8	2	4
04.21	3	4	0	2	2	2	4	0	4	6	4	2
05.21	5	2	0	0	4	2	2	2	0	0	8	4
06.21	5	1	0	0	7	3	4	2	2	6	10	0
07.21	8	1	0	1	4	5	6	0	6	0	2	6
08.21	5	0	1	1	5	2	8	2	8	0	2	0
09.21	3	0	0	0	4	4	10	6	6	6	6	6
10.21	2	1	1	1	3	4	12	0	0	2	10	4
11.21	4	2	1	2	5	2	8	2	4	4	6	2
12.21	4	5	0	1	4	3	6	4	4	2	12	2



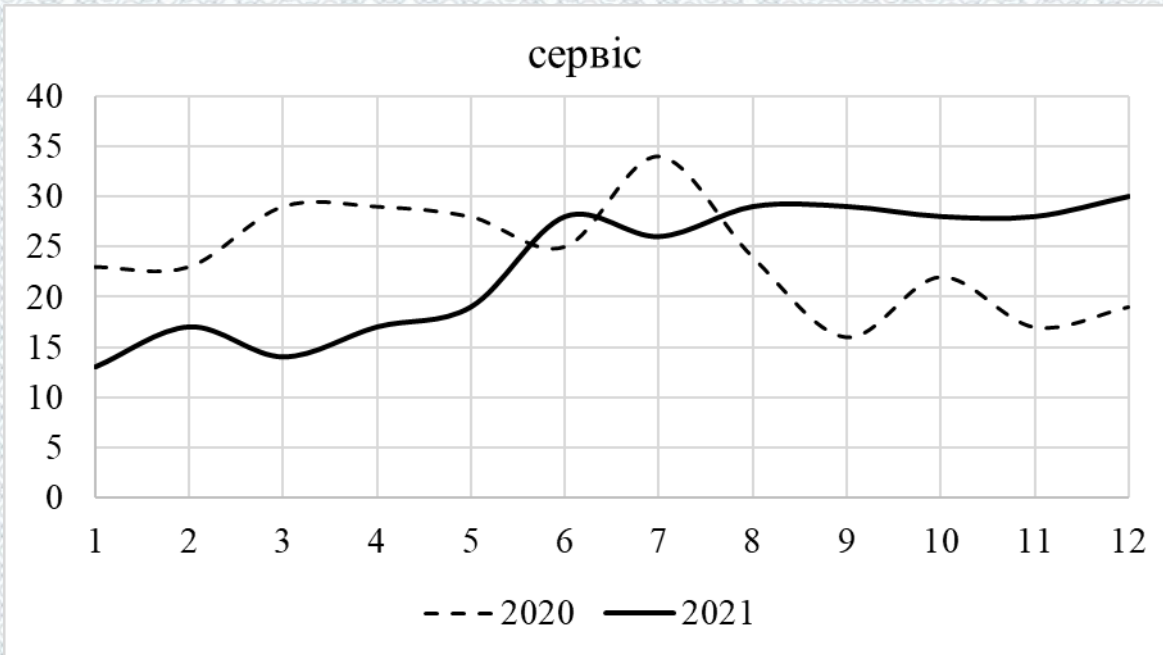


Рисунок 3.1 – Статистичні дані по витраті запчастин в автосервісі ТОВ "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця за 2020 – 2021 рр

Графік 2 ілюструє середню витрату запасних частин автосервісом. Заміна в кількості споживаних деталей протікає без різких коливань (рис. 3.2).

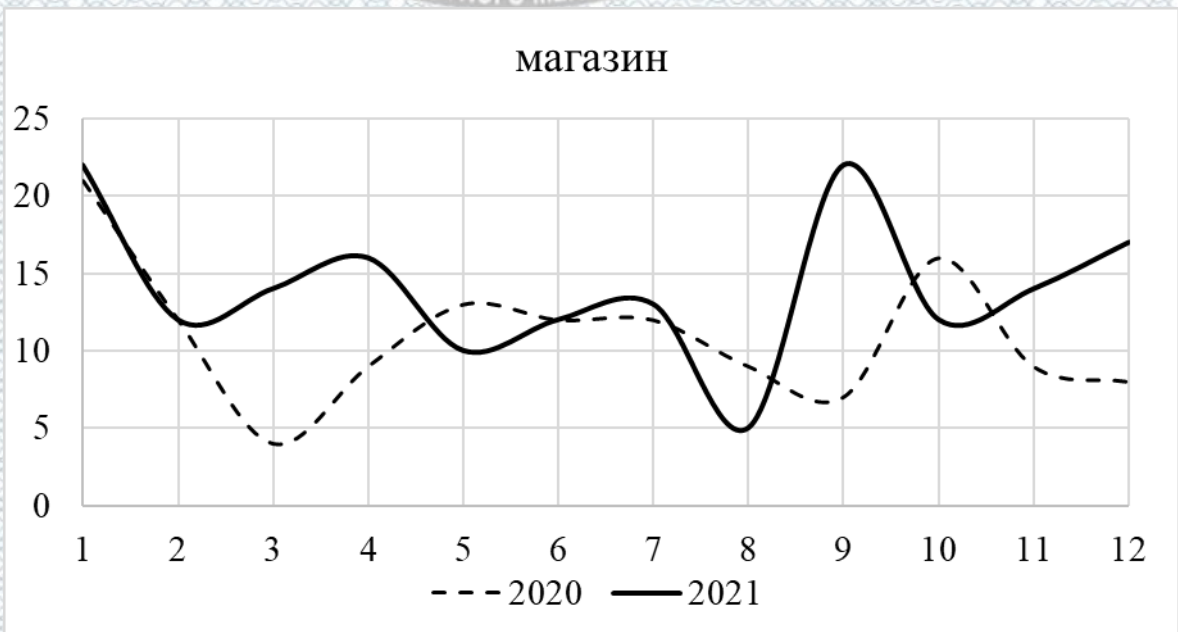


Рисунок 3.2 – Статистичні дані по споживанню запасних частин в магазині ТОВ "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця за 2020 – 2021 рр.



Загальний розподіл споживання запасних частин Графік 3 (рис. 3.3) ілюструє очевидну залежність між кількістю автомобілів, що прибувають на станцію, і витратою запасних частин в автосервісі. Максимальна витрата запчастин в магазині не збігається з максимальним споживанням на сервісі. Замовлення запчастин для підприємства здійснюється з невеликими інтервалами протягом року, отже, для розрахунку потреби в запасних запчастинах недоцільно використовувати будь-який з відомих законів розподілу випадкових величин.

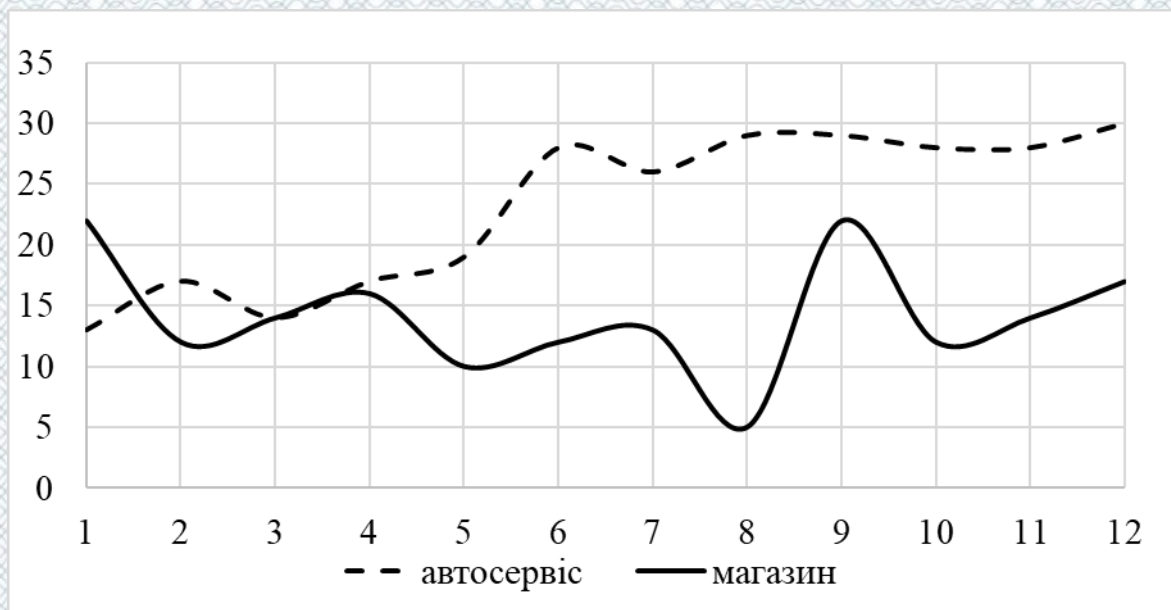


Рисунок 3.3 – Статистичні дані загальних витрат на деталі для ТОВ "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця

#### *Адаптивні моделі прогнозування*

Змоделюємо витрату запасних частин однієї номенклатури за допомогою адаптивної моделі.

На початковому етапі моделювання необхідно внести вхідні дані з існуючої на підприємстві бази даних в табл. 3.2. Для побудови моделі використовуються експериментальні дані по споживанню рульових тяг за 12 місяців 2020 року (табл. 3.2) та складається таблиця 3.3. Графа 1 містить номери точок часових рядів (1... 12). У графі 2 наводяться значення запасних



частин за попередній період часу ( $T = 12$  місяців). Параметри стовпців з 4 по 6 розраховуються автоматично. У таблицю заносяться значення споживання запчастин за весь 2020 рік. Решта значень обчислюються автоматично за допомогою формул, наведених у розділі 1.

Таблиця 3.3 – Оцінка параметрів моделі

$t$	$Y(t)$	$A_0$	$A_1$	$Y_p(t)$	$e(t)$
0		15,4	-0,6		
1	12	13,67	-0,83	13,8	1,8
2	5	8,84	-0,83	9,02	4,02
3	4	7,91	0,07	8,35	4,35
4	7	10,63	-0,28	7,21	0,21
5	6	5,16	-0,48	5,24	-0,76
6	2	10,47	-0,68	3,29	1,29
7	6	11,52	-0,95	7,68	1,68
8	4	11,22	-0,3	3,89	-0,11
9	5	10,36	-0,87	8,56	3,56
10	3	10,5	0,14	1,7	-1,3
11	8	9,83	-0,67	7,06	-0,94
12	8	9,3	-0,53	6,16	-1,84

Значення  $Y_p$ ,  $A_0$ ,  $A_i$  обчислюються за допомогою залежностей (2.25), (2.26). Отримана модель на наступному етапі прогнозування виглядає наступним чином:

$$Y_p = 0,1481 k^2 - 2,419 k + 14,53, \quad (3,4)$$

де  $k$  – крок передбачення.



Модель повинна забезпечувати найкращий результат на першому кроці прогнозування, на подальших кроках необхідно перерахувати коефіцієнти  $A_0$  і  $A_i$ .

Результати математичного моделювання споживання інших запасних частин із застосуванням значень їх фактичних витрат у 2020 році наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Математичне моделювання споживання запасних частин

Найменування запасних частин	Модель прогнозування
Рульова тяга	$-0,1259x + 6,6515$
Передній бампер	$0,021x + 0,697$
Шарова опора	$-0,257x^2 + 3,0927x + 2,0682$
Втулки стабілізатора	$0,1513x^2 - 2,52x + 15,682$
Амортизатори передні	$-0,0929x^2 + 1,026x + 4,3636$
Гальмівні диски	$-0,1059x^2 + 1,3347x + 3,7273$

Для оцінки точності побудованих моделей необхідно провести розрахунки і порівняти отримані прогнозні значення потреби в запасних частинах з фактичними значеннями витрати деталей.

*Моделі, що використовують ряди Фур'є*

Використаємо тригонометричні функції для моделювання споживання рульових тяг за допомогою гармонік ряду Фур'є (табл. 3.5).

Для досліджуваного ряду даних коефіцієнти рівняння (2.28) дорівнюють:

$$a_0 = 10;$$

$$a_1 = -1,7;$$

$$b_1 = -2,79.$$



У точках 2, 5 і 10 відбувається різкий стрибок значень фактичного споживання запасних частин, що не відповідає характеру тригонометричної кривої.

Таблиця 3.5 – Моделювання потреби в рульових тягах з гармоніками Фур'є

Місяць	$t_i$	$Y(t)$	$\cos(t_i)$	$\sin(t_i)$	$y_1 \cos(t_i)$	$y_1 \sin(t_i)$	$Y(t_i)$
1	0	12	0,5	0	7,56	0	8,68
2	$\frac{\pi}{6}$	5	-0,4	0,5	-5,41	6,5	5,92
3	$\frac{\pi}{3}$	4	-1,0	0,87	-16,83	14,72	5,35
4	$\frac{\pi}{2}$	7	-0,7	1	-7,84	12	6,55
5	$\frac{5\pi}{6}$	6	0,3	0,5	3,12	5,5	6,41
6	$\pi$	2	1,0	0	8,64	0	4,38
7	$\frac{7\pi}{6}$	6	0,8	-0,5	4,52	-3	7,19
8	$\frac{7\pi}{3}$	4	-0,1	-0,87	-1,16	-6,93	5,2
9	$\frac{3\pi}{2}$	5	-0,9	-1	-4,56	-5	5,45
10	$\frac{\pi}{6}$	3	-0,8	0,5	-6,71	4	4,38
11	$\frac{5\pi}{3}$	8	0,0	-0,87	0,03	-6,06	6,5
12	$\frac{11\pi}{6}$	8	0,8	-0,5	8,44	-5	7,48
Сума:		70			-10,2	16,73	73,49

Модель прогнозування потреби в запасних частинах з використанням гармонік Фур'є виглядає наступним чином:

$$Y = 8 + (-1,5 \cos(t) - 2,41 \sin(t)), \quad (3.5)$$



де  $t$  – місячні періоди, виражені у вигляді частин кола.

Аналіз динаміки споживання запасних частин, розглянутий в пункті 3.1, показав, що споживання кузовних запасних частин має значні сезонні коливання.

За результатами аналізу динаміки споживання кузовних запасних частин побудуємо для цієї групи деталей моделі на основі гармонік серії Фур'є. У таблиці 3.6 наведені моделі споживання кузовних запасних частин, які побудовані за допомогою статистичних даних за 2021 рік.

Таблиця 3.6 – Моделі споживання запасних частин

Назва запасної частини	Математична модель
Передній бампер	$Y = 3,08 + (-1,02\cos t + 1,04 \sin t)$
Стійка стабілізатора	$Y = 17,08 + (-0,79\cos t + 2,65\sin t)$
Маточина заднього колеса	$Y = 21,33 + (0,62\cos t - 1,10\sin t)$
Сайлентблок цапфи	$Y = 10,92 + (1,56\cos t + 2,48\sin t)$
Передні гальмівні диски	$Y = 32,17 + (-4,31\cos t + 1,46\sin t)$
Блок запалювання ксенона	$Y = 13,67 + (-2,08\cos t - 2,7\sin t)$

### 3.2 Розробка методики прогнозування витрати запасних частин в автосервісі

Щоб зробити однозначний висновок про те, яку модель використовувати в прогнозуванні, побудуємо модель споживання рульової тяги з використанням моделі багатофакторного регресійного прогнозування.

Для побудови моделі ми використовуємо кореляційно-регресійний аналіз і прикладну програму MS Excel. Для цього розглянемо раніше виявлені фактори, що впливають на потребу в запчастинах. Перелік цих факторів наведений в таблиці 3.8.



Таблиця 3.7 створена на основі виконаного ранжирування факторів та наявності інформації про зміну вищевказаних факторів.

Таблиця 3.7 – Фактори, що впливають на потребу в запасних частинах

Номер фактора	Факторів	Одиниця виміру
1	Фактичне споживання запасних частин у попередньому році	шт.
2	Середній пробіг автомобілів, які обслуговуються	тис. км
3	Середній вік обслуговуваних транспортних засобів	років
4	Виробництво (продаж) нових автомобілів	шт.
5	Кількість заїздів автомобілів на станцію	шт.
6	Залишки деталей на складі	шт.
7	Кількість вихідних і святкових днів	дні

На ТОВ "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця є інформація про 6 факторів, зазначених фахівцями компанії в ході анкетування. Кількість факторів для кожного конкретного підприємства може бути різним в залежності від специфіки підприємства і зовнішнього середовища його функціонування. Витрата запчастин в даному випадку є ефективною особливістю, адже його значення – це потреба в запчастинах.

В цілому рівняння регресії для прогнозування потреби в запасних частинах виглядають наступним чином:

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_5 + a_6 X_6 + a_7 X_7, \quad (3.6)$$

де змінні  $X_1 \dots n$  – факторні ознаки.

Результати спостережень протягом 2021 року роботи підприємства наведені в таблиці 3.8.



Таблиця 3.8 – Результати спостережень протягом 2021 року за споживанням шарових опор на підприємстві ТОВ "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця

Місяць	Споживання запасних частин	Середній пробіг автомобілів	Кількість заїздів на СТО	Середній вік автомобілів	Залишок на складі	Продаж нових автомобілів.	Кількість вихідних та святкових днів.
1	10	48	165	7	10	8	8
2	2	85,65	198	8	3	5	4
3	6	65,085	149	10	4	2	4
4	4	79,85	95	8	3	1	4
5	5	126,5	124	9	2	4	5
6	10	136	159	8	10	6	4
7	3	60	184	8	3	7	5
8	4	11	179	8	5	5	4
9	8	38	185	9	10	3	5
10	2	156	226	6	2	7	5
11	15	78,65	205	5	30	4	4
12	3	7	191	5	4	6	4

На першому етапі роботи в побудовану таблицю заносять кількість ефективних ознак (в нашому випадку 7) і кількість спостережень ( $N = 12$ ). Вихідні дані про витрату запасних частин для кореляційного аналізу (табл. 3.9):

$Y$  – витрата запасних частин, шт.;

$X1$  – середній пробіг автомобіля, тис;

$X2$  – кількість заїздів на СТО, шт.;

$X3$  – середній вік автомобілів, рік;

$X4$  – баланс запасів, шт.;

$X5$  – продаж нових автомобілів, шт.;

$X6$  – кількість вихідних і святкових, днів.



Таблиця 3.9 – Вихідні дані для кореляційного аналізу

Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6
10	48	165	7	10	8	8
2	85,65	198	8	3	5	4
6	65,085	149	10	4	2	4
4	79,85	95	8	3	1	4
5	126,5	124	9	2	4	5
10	136	159	8	10	6	4
3	60	184	8	3	7	5
4	11	179	8	5	5	4
8	38	185	9	10	3	5
2	156	226	6	2	7	5
15	78,65	205	5	30	4	4
3	7	191	5	4	6	4

Метод «Регресія», по суті, є технічним способом реалізації кореляційно-регресійного аналізу та також реалізується за рахунок технічних ресурсів функції електронних таблиць Excel «Регресія», яка активізується послідовним відкриттям на верхній панелі діалогових вікон «Данные» → «Анализ данных» «Регрессия» та наступного заповнення у пропонувану форму діапазону відомих значень Y та від X1 до Xn (рис. 3.4).

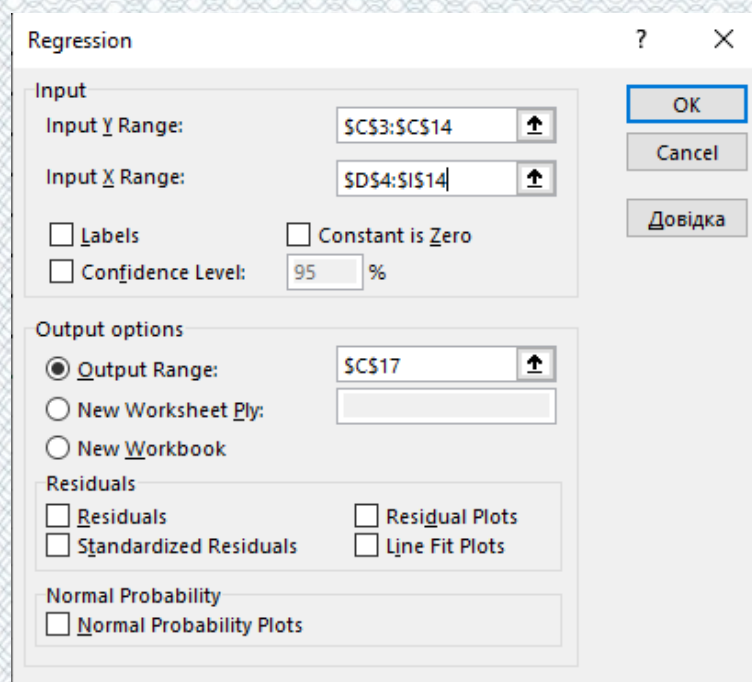


Рисунок 3.4 – Впливаюче вікно методу «Регресія» прикладної програми MS Excel



SUMMARY OUTPUT									
<i>Regression Statistics</i>									
Multiple R	0,975847362								
R Square	0,952278074								
Adjusted R Square	0,895011762								
Standard Error	1,296075542								
Observations	12								
<i>ANOVA</i>									
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>				
Regression	6	167,600941	27,93349016	16,6289402	0,003655691				
Residual	5	8,399059048	1,67981181						
Total	11	176							
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>	
Intercept	-1,460109189	4,51772405	-0,323195745	0,75962622	-13,07328857	10,15307019	-13,0733	10,15307	
X Variable 1	0,003927543	0,008526943	0,460603915	0,66442224	-0,017991661	0,025846748	-0,01799	0,025847	
X Variable 2	-0,030161503	0,016144257	-1,868249644	0,12068461	-0,071661637	0,011338632	-0,07166	0,011339	
X Variable 3	0,628797011	0,356267039	1,764959828	0,1378397	-0,287016567	1,544610589	-0,28702	1,544611	
X Variable 4	0,560592831	0,063062824	8,889434259	0,00029977	0,39848468	0,722700982	0,398485	0,722701	
X Variable 5	0,379482752	0,346391629	1,095530955	0,32322601	-0,510945277	1,26991078	-0,51095	1,269911	
X Variable 6	0,369824412	0,472772988	0,782245223	0,46947683	-0,845477244	1,585126068	-0,84548	1,585126	

Рисунок 3.5 – Результати проведення регресійного аналізу

Далі складемо рівняння регресії ґрунтуючись на даних наведених на рис. 3.5. Використовуючи дану формулу можна виконувати прогнозування в споживанні запасних частин підприємством.

$$Y = -1,460109189 + 0,003927543 \cdot X_1 - 0,030161503 \cdot X_2 + 0,628797011 \cdot X_3 + 0,560592831 \cdot X_4 + 0,379482752 \cdot X_5 + 0,369824412 \cdot X_6;$$

### 3.3 Оцінка адекватності математичних моделей

Адекватність – це основна вимога, яка пред'являється до моделі прогнозування, вона визначає можливість використання її в прогнозах. Оскільки регресійна модель враховує велику кількість складових, оцінимо адекватність даної моделі прогнозування потреби в шарових опорах, побудованої на основі моделі регресійного аналізу.

Якщо моделі прогнозування правильно зіставляють систематичні складові часового ряду, їх можна вважати адекватними. Ця вимога



еквівалентна вимозі, що залишковий компонент  $\varepsilon_t$  задовольняє властивостям компонента випадкового часового ряду. Дані перевірки наведені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Фактичні та розрахункові значення споживання шарових опор за 2021р. ТОВ "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця

Фактична витрата шарових опор	10	2	6	4	5	10	3	4	8	2	15	3
Розрахункове значення швидкості потоку шарових опор	9,75	2,99	5,07	4,56	5,44	8,67	4,44	4,39	7,36	1,74	15,62	1,95
Відхилення ( $\varepsilon$ )	0,25	-0,99	0,93	-0,56	-0,44	1,33	-1,44	-0,39	0,64	0,26	-0,62	1,05
Пікові точки	-	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	-

Перевірка випадковості рівнів ряду залишків буде здійснюватися на основі критерію піків (поворотних точок) [5]. Рівень послідовності  $\varepsilon_t$  вважається максимальним, якщо він більше двох рівнів, які стоять поруч, тобто  $\varepsilon_{t-1} < \varepsilon_t > \varepsilon_{t+1}$ , або мінімальним, якщо він менше обох суміжних рівнів, тобто  $\varepsilon_{t-1} > \varepsilon_t < \varepsilon_{t+1}$ . В обох випадках,  $\varepsilon_t$  є переломним моментом. Загальна кількість поворотних точок позначається  $p$ . Критерієм випадковості з довірчою ймовірністю 95% є виконання нерівності:

$$p > \left[ \bar{p} - 1,96 \sqrt{\sigma_p^2} \right], \quad (3.8)$$

де  $\bar{p}$  – математичне очікування кількості точок розвороту;

$\sigma_p^2$  – дисперсія кількості поворотних точок.

$$\bar{p} = \frac{2}{3}(n - 2); \quad (3.9)$$



$$\sigma_p^2 = \frac{16n - 29}{90}.$$

Квадратні дужки в нерівності (3.8) означають «цілу частину числа». Якщо нерівність дотримано, то модель прогнозування вважається адекватною.

Кількість пікових точок моделі Брауна становить п'ять ( $p = 7$ ),  $\bar{p} = 3,33$ ,  $\sigma_p^2 = 0,92$ . Нерівність (3.8)  $7 > [3,33 - 1,96 \cdot \sqrt{0,92}]$ ;  $7 > 1,45$  виконується, тому модель регресійного аналізу прогнозування потреби в шарових опор адекватна.

### 3.4 Висновки до розділу 3

В розділі описані основні інструменти здійснення математичного моделювання процесу прогнозування потреби в запасних частинах на підприємстві автосервісу.

Було обрано три моделі, з яких найбільш точною за розрахунками, була модель кореляційно-регресійного аналізу завдяки врахуванню багатьох факторів у прогнозі.

Отримано результати прогнозування потреби в запасних частинах для їх придбання з використанням стандартних пакетів прикладних комп'ютерних програм. В рамках вирішення завдання кореляційно-регресійного аналізу використовувалась прикладна комп'ютерна програма Microsoft Excel, яка найкраще відповідає вимогам програмного забезпечення для розрахунку потреби в запчастинах.

Методика розрахунку потреби в запасних частинах є важливим науковим інструментом в процесі планування і управління запасами на підприємствах автосервісу.



## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Персонал відділу забезпечення запчастинами ТОВ "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця під час роботи піддається впливу шкідливих та небезпечних виробничих факторів, а саме:

- підвищений рівень вібрації і шуму;
- застосування високих напруг;
- можливість ураження електричним струмом;
- наявність в повітрі робочої зони пилу та можливість потраплянні із зовні інших хімічних аерозолів, газів тощо;
- погане освітлення робочих місць.

Психофізіологічні: нервово-психічні перевантаження (монотонність роботи, емоційні перевантаження).

Робота здійснюється в 1 зміну.

#### 4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

##### 4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочого місця

Офісні приміщення повинні відповідати вимогам. Об'єм приміщення на одного працюючого повинен бути не менше 15 м<sup>3</sup>, а площа – не менше 4,5 м<sup>2</sup>.

В приміщенні, де виконуються роботи середньої важкості (категорія II б): енерговитрати від 200 до 250 ккал / год (232-293Вт), робота виконується стоячи і пов'язана з ходьбою, перенесенням загострених інструментів, супроводжується помірними фізичними навантаженнями. Робота в позі стоячи призводить до швидкої втоми.



#### 4.1.2 Електробезпека

Експлуатація більшості машин пов'язана з використанням електричної енергії.

По ступеню ураження електричним струмом згідно ПУЕ зона належить до приміщень з підвищеною небезпекою ураження людей електричним струмом тому, що підлога бетонна, тобто струмоведуча.

В цілях захисту робочих проводять організаційні міри, такі як проведення інструктажів по техніці безпеки (ввідного, первинного, при необхідності повторного - позапланового, цільового), нанесення символів і інших запобіжних надписів на електроустановках. Обладнання підключене до трифазного чотирьох провідного джерела з заземленою нейтраллю змінного струму напругою 220/380В, тому, необхідно використовувати занулення.

#### 4.1.3 Промислова безпека об'єктів з підвищеною небезпекою

Роботи повинні проводитися у відповідності з типовими правилами пожежної безпеки для промислових підприємств.

Категорії виробництв по пожежній небезпеці варто приймати по спеціальних відомчих переліках, затверджених міністерствами у встановленому порядку згідно [23].

Робочі приміщення відносяться до категорії Г виробництв по пожежній і вибуховій небезпеці. Кількість вогнегасників і інших первинних засобів пожежогасіння для таких приміщень повинне вибиратися відповідно до зазначених вище типовими правилами.

Приміщення, у яких виконуються роботи, повинні бути побудовані з елементів конструкцій по IV категорії протипожежної безпеки (протипожежна стійкість не менше 2 годин).

Місця, відведені для установки устаткування, повинні бути очищені від легкозаймистих матеріалів у радіусі не менше 5 м.

У чисельнику – межі вогнестійкості будівельних конструкцій, у знаменнику – межі розповсюдження полум'я по них.



Таблиця 4.1 – Ступінь вогнестійкості, допустима кількість поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку будівлі

Категорія будівлі	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості і будівлі	Площа поверху в межах пожежного		
			Одноповерхових	Багатоповерхових	
				2	3 і більше
Г	6	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.

Таблиця 4.2 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у год.) і максимальні межі розповсюдження полум'я по них (у см) для даного ступеня вогнестійкості будівель

Ступінь вогнестійкості	Стіни						Елементи покриття		
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі	Колони	Східчаті площадки і клітки, косоури	Плити, настили, інші несучі конструкції перекриттів	Плити, настили	Балки, ферми, рами
Па	1/0	0,5/0	0,25/40	0,25/40	0,25/0	1/0	0,25/0	0,25/25	0,25/0

Найбільш прийнятним способом пожежегасіння для транспортного підрозділу є спосіб розбавлення. Він полягає у тому, що при концентрації кисню у повітрі до 14-18% горіння припиняється. Досягається це за рахунок введення в повітря інертних газів, головним чином вуглекислого. Вуглекислим газом можна гасити все, включаючи електроустановки, що знаходяться під напругою. Для пожежегасіння використовують рідку вуглекислоту. В якості ручних вуглекислотних вогнегасників застосовуються ОУ-2, ОУ-5 та ОУ-8.



За рекомендаціями технічних вимог з експлуатації в приміщеннях, де відбуваються роботи, необхідно мати вогнегасники ОУ-5 в кількості не менше 4 шт.

Відстань до евакуаційних виходів для категорії приміщень Г та III ступеня вогнестійкості не обмежується густиною людського потоку в загальному проході. Ширина шляхів евакуації у світлі повинно бути не менше їм, дверей – не менше 0,8м. Висота проходу на шляхах евакуації повинна бути не менше 2 м.

## 4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### 4.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат нормується відповідно до норм ГОСТ 12.1.005-88 в залежності від категорії робіт та періоду року, від того, постійне чи непостійне робоче місце. Мікроклімат характеризується наступними показниками:  $T$  – температура повітря, °С;  $I$  – відносна вологість повітря, %;  $V$  – інтенсивність теплового опромінення, Вт/м<sup>2</sup>; - швидкість руху повітря, м/с. Параметри мікроклімату наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура				Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с		
		Допустима верхня		Допустима нижня		Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима	
		Пост. роб. місце	Непост. роб. місце	Пост. роб. місце	Непост. роб. місце					
Холодний	ПБ	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	≥0,4
Теплий	ПБ	20-22	27	29	16	15	40-60	70 при 25 °С	0,3	0,2-0,5



Категорія робіт Пб – енерговитрати 200-250 ккал/год (233-290 Вт).  
 Норми інтенсивності теплового опромінення беремо з ГОСТ 12.1.005-88  
 (таблиця 4.4)

Таблиця 4.4 – Норми інтенсивності теплового опромінення

Відсоток опромінення поверх тіла людини	> 50	25-50	<25
Допустима інтенсивність теплового опромінення, Вт/м <sup>2</sup>	35	70	100

#### 4.2.2 Склад повітря робочої зони

Концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинна перевищувати встановлених норм.

Для вилучення шкідливих викидів від місць їх виникнення необхідно встановити місцеві відсмоктувачі. Аварійна вентиляція повинна забезпечувати кратність повітрообміну не нижче загальнообмінної. Забороняється працювати у виробничих приміщеннях, де виділяються шкідливі речовини при несправній або відключеній вентиляції.

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони приведені в таблиці 4.5

Таблиця 4.5 – Гранично допустима концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	Агрегатний стан
Бензин-розчинник	100	4	П
Окис титану	12	A	A
Сірчана кислота	0,01	1	A
Свинець	600	4	П

Кількість повітря, необхідного для розчинення шкідливих аерозолів до ГДК повинна бути не менше 38700 м<sup>3</sup>/кг при швидкості руху створюваного місцевими витягами  $\geq 1,3$  м/с. В приміщенні використовується приточно-витяжні системи вентиляції й місцеві витяги. Повітропроводи повинні



систематично очищатися від пилу, щоб кількість зваженого в повітрі й осілого пилу не могли створити вибухонебезпечні повітряні суміші в об'ємі більш 1% від об'єму приміщення.

#### Розрахунок бортового відсмоктувача

Бортовий відсмоктувач застосовується для відсмоктування шкідливих випарів з поверхні ванни для попередньої обробки деталей перед ремонтом.

Для обігріву і створення у приміщеннях показників мікроклімату повинно застосовуватись опалення. Передбачається парова система опалення, яка повинна забезпечувати рівномірне прогрівання повітря в приміщеннях, можливість місцевого регулювання або вимикання, зручність у експлуатації і доступ до ремонту.

#### 4.2.3 Виробниче освітлення

Освітлення здійснюється природним та штучним освітленням. Коефіцієнт освітленості нормується з врахуванням найменшого розміру об'єкта розрізнення, характеристики зорової роботи, системи освітлення фону і контрасту об'єкта з фоном відповідно до СНіП II-4-79.

У діючих нормах проектування виробничого освітлення задаються кількісні (розмір мінімальної освітленості) і якісні характеристики (показник осліпленості і дискомфорту, глибина пульсації освітленості) штучного освітлення.

Таблиця 4.6 – Вибір коефіцієнта сонячності клімату

Пояс світлового клімату	Коефіцієнт сонячності клімату		
	При світлових проїмах, що орієнтуються по сторонах горизонту (азимут, град)		
	136-225	226-315, 46-135	316-45
IV 50 с.ш.	0,7	0,75	0,95



Таблиця 4.7 – Параметри штучного та природного освітлення

Характеристики зорової роботи	Найменший розмір розрізн. об'єкта, мм	Розряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізно з фоном	Характеристика фона	Штучне освітлення		Природне освітлення		Суміщене освітлення	
					Освітленість, лк		КЕОн, %		КЕОн, %	
					При комбінованому освітленні	При верхньому освітленні	При верхньому	При боковому	При верхньому	При боковому
Високої точності	0,3 -0,5	II	Середній	Малий	1000	300	5	2	2,3	0,7- 1,2

Природне освітлення регламентується нормами.

Коефіцієнт природної освітленості  $e_{iv} = 0,35$

Для загального освітлення в системі комбінованого освітлення необхідно встановити газорозрядні лампи, освітленість яких складає близько 300 лк.

#### 4.2.4 Виробничий шум

В приміщенні джерелами шуму є працюючі компютери та працюючі двигуни технологічного обладнання, поршневий компресор та пневмогайковерти в цеху. Допустимі рівні звукового тиску у відповідності до СНіП 3223-85 наведені в табл. 4.6.



Таблиця 4.8 – Рівні звукового тиску

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами Гц									Рівні звуку та
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях і на території	107	95	87	82	78	78	75	73	71	80

До організаційно-технічних засобів і методів колективного захисту відноситься: застосування малозумного технологічного процесу, оснащення шумних агрегатів засобами дистанційного керування й автоматичного контролю, застосування малозумних агрегатів, удосконалювання технології ремонту і обслуговування, використання раціональних режимів праці і відпочинку робітників.

#### 4.2.5 Виробничі вібрації

При роботі на ділянці працюючий може піддаватися дії вібрації від поршневого компресора та пневмопістолета. Загальна вібрація викликає струс всього організму, місцева – окремі частини тіла. Локальної вібрації піддаються працюючі з ручним електричним інструментом. Працюючий може піддаватися одночасно впливу загальної і локальної вібрації (“комбінована вібрація”). Для попередження негативного впливу вібрацій на працюючих допускаються такі граничні величини відповідно ГОСТ 12.1012-90, які наведені в таблиці 4.8.

Для зменшення впливу вібрації від поршневого компресора необхідно його встановити на вібро-ізолюючих опорах та розмістити його якомога далі від робочих місць робітників.



Таблиця 4.9 – Категорії вібрацій

Категорія вібрації по санітарним нормам, критерій оцінки	Характеристика умов праці	Приклад джерел вібрацій
Тип "а" Границя зниження рівня виробничої праці	Технологічна вібрація діє на операторів стаціонарних машин і обладнання або на робочі місця від інших джерел вібрації	Верстати, електричні машини, насосні агрегати, вентилятори

Таблиця 4.10 – Характеристика вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дії	Нормативне коректування по частоті і еквівалентне коректування значень			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м/с <sup>2</sup>	дБ	м/с <sup>2</sup> ·10 <sup>-2</sup>	дБ
Локальна	-	Хл, Ул, Зл	2,0	126	2,0	112
Загальна	3 тип "а"	Z <sub>0</sub> , Y <sub>0</sub> , X <sub>0</sub>	0,1	100	0,2	92

### 4.3 Висновки до розділу 4

В даному розділі було описано необхідні заходи щодо забезпечення потрібного рівня безпеки в автосервісі ТОВ "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця. Також був проведений аналіз нинішньої ситуації з охороною праці на підприємстві та його виробничо-технічній базі.

Було детально розглянуто питання щодо здійснення заходів та забезпечення необхідного рівня безпеки праці. Було визначено рівень освітлення і вимоги щодо нього, рівень вібрації і заходів щодо його зменшення, стан з пожежебезпекою на підприємстві, встановлено вимоги щодо вентиляції та опалення, організаційно-технічні заходи щодо зменшення виробничого шуму.

Було встановлено, згідно розрахунків, необхідну потужність для бортового відсмоктувача шкідливих випарів та встановлено, що його потужність є достатньою.



## ВИСНОВКИ

У магістерській роботі отримані такі основні результати:

1. У роботі вирішується важлива науково-практична задача, яка полягає в розробці методики прогнозування використання запасних частин на підприємствах автосервісу. Запропонована методика дозволяє формалізувати процеси визначення потреб підприємств у запасних частинах, підвищити ефективність існуючих систем матеріально-технічного забезпечення.

2. Розроблена класифікація і проведено дослідження факторів, які впливають на потребу підприємств автосервісу в запасних частинах. Було встановлено, що найбільший вплив на потребу в запасних частинах мають такі фактори:

- середній вік автомобілів;
- середній пробіг автомобілів;
- обсяг продажів нових автомобілів.

3. За допомогою апарату регресійного аналізу, адаптивних методів і ряду Фур'є були побудовані математичні моделі для прогнозування потреб автосервісу в запасних частинах для автомобілів Hyundai. Побудовані моделі адекватно відображають досліджувані процеси.

4. Розроблені методичні засади вибору математичних моделей прогнозування потреб підприємств автосервісу в запасних частинах, на основі яких визначаються напрямки найбільш ефективного використання математичних моделей. Прогнозуючи потребу в запасних частинах з використанням даних про фактори, що впливають на споживання запасних частин. Було виявлено, що доцільно використовувати моделі регресійного прогнозування.

5. Дані для розрахунку були взяті на автосервісі ТОВ "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця. Практичні розрахунки проводилися за допомогою прикладної програми MS Excel.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Галушак О.О. Підвищення ефективності управління запасами автосервісу прогнозуванням необхідної кількості запасних частин // О.О. Галушак, В.А. Баранов / молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи – ВНТУ, 2022. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2022/paper/view/12443/10387>
2. Теорія технічної експлуатації машин / О. В. Козаченко, О. Д. Деркач, О.М. Шкрегаль та ін.; за ред. О.В. Козаченка. – Харків, «Міськдрук», 2015. – 180 с.
3. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів. Організація, планування і управління: підруч. для студентів ВНЗ / Олександр Лудченко, Ярослав Лудченко; Нац. трансп. ун-т. - 2-ге вид., переробл. - Київ : Логос, 2014. - 462 с.
4. Андрусенко С.І. Технології підвищення ефективності виробничо-технічної бази підприємств автомобільного транспорту: навчальний посібник./ С. І. Андрусенко, О. С. Бугайчук. – К. : Медінформ, 2017. –212 с.
5. Марков О. Д. Обслуговування клієнтів автосервісу : навчальний посібник / О. Д. Марков, Н. В. Веретельникова. – К. : Видавництво Каравела, 2015. – 263 с.
6. Математические методы моделирования и оперативного планирования перевозок на автотранспорте / В. Г. Галушко; Нац. трансп. ун-т. - 2-е изд., испр. и доп. - Киев: НТУ, 2014. - 230 с.
7. М.Ф. Дмитриченко, Л.Ю. Яцківський, С.В. Ширяєва, В.З. Докуніхін. Основи теорії транспортних процесів і систем. Навчальний посібник для ВНЗ. – К.: Видавничий дім «Слово», 2009. – 336 с.



8. Управління якістю технічного обслуговування автомобілів: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Олександр Лудченко, Ярослав Лудченко, Володимир Чередник; за ред. О.А. Лудченка. - К. : Ун-т "Україна", 2012. - 327с.
9. Мигаль В.Д., Волков В.П. Технічна кібернетика транспорту: Навчальний посібник. Харків: ХНАДУ, 2007. – 308 с.
10. Говорущенко М.Я., Варфоломєєв В.М., Волков В.П., Волошина Н.А. Проектне забезпечення формування виробничо-технічної бази підприємств автомобільного транспорту: Навчальний посібник. – Харків: ХНАДУ, 2007. – 116 с.
11. Левченко Л.О., Кілянчук О.П., Повханіч О.Ю. Огляд програмних продуктів фінансово-економічного аналізу діяльності енергопідприємств [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-8/121-127.pdf>.
12. Майборода Р.Є., Сугакова О.В. Статистичний аналіз даних за допомогою пакету STATISTICA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://matphys.rpd.univ.kiev.ua/downloads/courses/mmatstat/StatAn.doc>
13. Програми для математичної і статистичної обробки даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://chem-bio.com.ua/aspirant/grant/item/>.
14. Программы для научных расчетов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://softlist.com.ua/catalog/programmy-dlya-nauchnykh-raschetov/>.
15. СП "Стат-Диалог" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tvp.ru/prog/firms.htm#statdial>
16. Статистические ППП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://helpiks.org/6-54552.html>.
17. Ермантраут Е. Р. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica-6 / Е.Р. Ермантраут, О.І. Присяжнюк, І.Л. Шевченко. – К. : Поліграф Консалтинг, 2007. – 55 с.



18. Карасва Н. В. Еколого-економічна оптимізація виробництва: інформаційна підтримка прийняття рішень: конспект лекцій. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 115 с.

19. Закон України «Про охорону праці».

20. ДСТУ 2293-99 «Охорона праці. Терміни та визначення основних понять»

21. Закон України «Про загальне обов'язкове державне соціальне від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності».

22. НПАОП 0.00-4.12-05 «Положення про навчання, перевірки знань з питань охорони праці».

23. ГОСТ 12.1.009-76 «ССБТ Электробезопасность. Общие требования»

24. НПАОП 40.1-1.21-98 «Правило безпечної експлуатації електроспоживачів».

25. НПАОП 0.00-4.21-04 «Типове положення про службу охорони праці».

26. НПАОП 29.0-3.02-06 «Норми безоплатної видачі спеціального одягу та інших засобів індивідуального захисту працівникам машинобудування та металообробної промисловості».

27. ДСН 3.3.6-042-99 «Мікроклімат виробничих приміщень».







**ДОДАТКИ**



ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Підвищення ефективності управління запасами товариства з обмеженою відповідальністю «Буг Авто» Автомир Hyundai місто Вінниця прогнозуванням необхідної кількості запасних частин на автосервісі

Тип роботи: Магістерська дипломна робота  
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту  
(кафедра, факультет)

**Показники звіту подібності Unicheck**

Оригінальність 88,4 % Схожість 11,6 %

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.

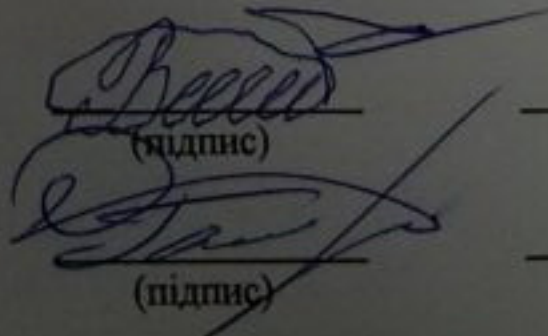
Особа, відповідальна за перевірку

  
(підпис)

Цимбал О.В.  
(прізвище, ініціали)

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

Автор роботи

  
(підпис)

Баранов В.А.  
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

Галушак О.О.  
(прізвище, ініціали)



Додаток А (обов'язковий)



ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ  
ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "БУГ АВТО"  
АВТОМИР HYUNDAI МІСТО ВІННИЦЯ ПРОГНОЗУВАННЯМ  
НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН НА АВТОСЕРВІСІ

*(Назва магістерської кваліфікаційної роботи)*



Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра АТМ

ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 275 – Транспортні технології (за видами),  
спеціалізації 275.03 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ  
ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "БУГ АВТО"  
АВТОМИР HYUNDAI МІСТО ВІННИЦЯ ПРОГНОЗУВАННЯМ  
НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН НА АВТОСЕРВІСІ

Керівник роботи к.т.н., доцент.

Олександр ГАЛУЩАК

Розробив студент гр. 1АТ-21м

Владислав БАРАНОВ

Вінниця ВНТУ 2022



## Мета і завдання дослідження

**Мета роботи** – розробка методики прогнозування витрат запасних частин на підприємствах автосервісу.



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

- виконати класифікацію і систематизувати аналіз факторів, що впливають на потребу в запасних частинах;
- провести дослідження статистичних даних витрат запасних частин на прикладі "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця;
- розробити методику прогнозування витрат на запасні частини для підприємств автосервісу.



**Об'єкт дослідження** – процеси формування запасів запасних частин підприємствами автосервісу, які входять до дилерських мереж.

**Предмет дослідження** – методика прогнозування потреби в запасних частинах підприємств автосервісу.



**Новизна одержаних результатів.**

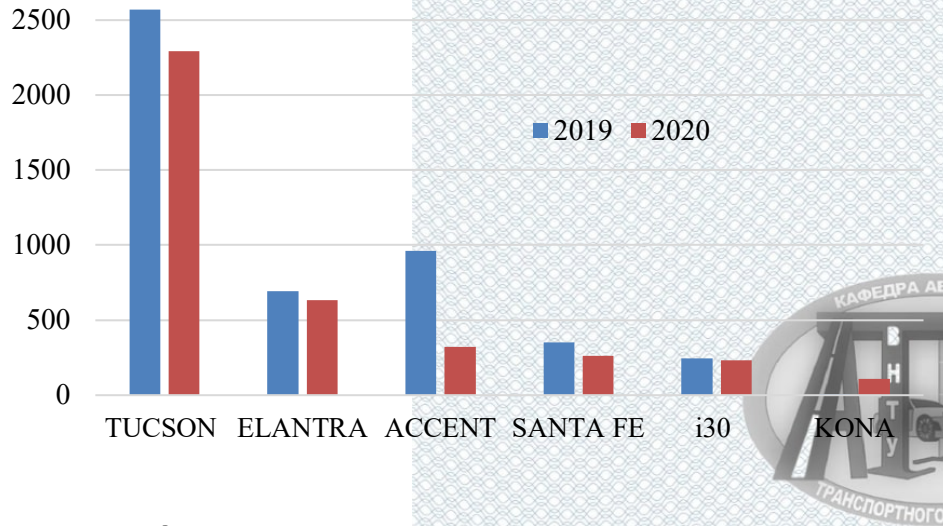
Вдосконалено методику підвищення ефективності управління запасами на підприємствах автосервісу за рахунок скорочення простоїв автомобілів в очікуванні запасних частин, та оптимізації кількості запасних частин на складі підприємства.

**Публікації.** Деякі положення та результати роботи доповідались та обговорювались на регіональній науково-практичній інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (Вінниця: ВНТУ, 2022).



# Загальна характеристика товариства з обмеженою відповідальністю "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця

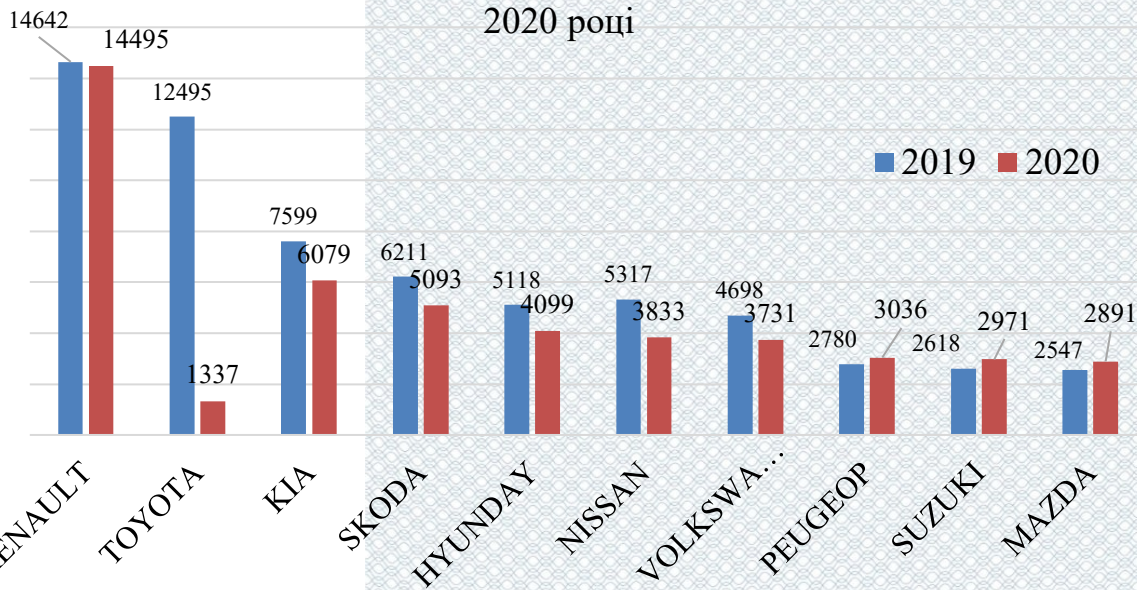
## 1. Динаміка продажів моделей Hyundai 2020/2019



## Організаційна структура ТОВ "Хюндай Мотор Україна"



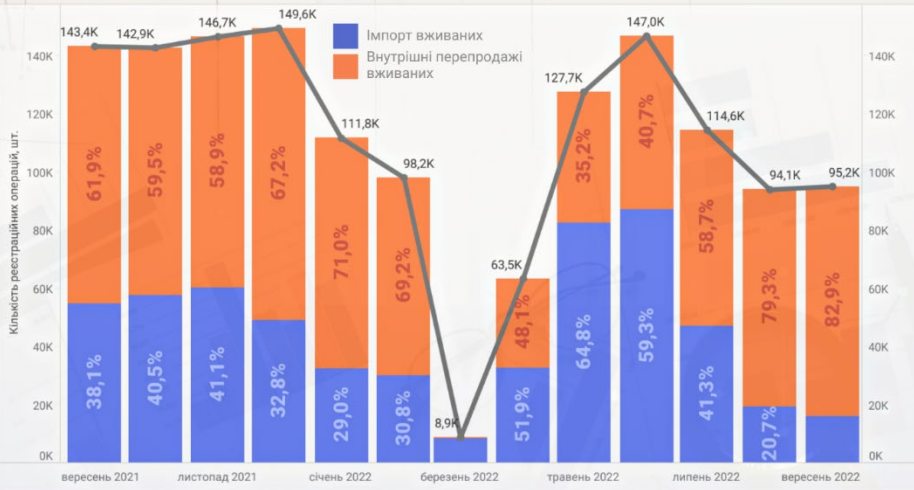
## 2. Конкурентний аналіз ТОВ "Hyundai Motor Україна" у 2020 році



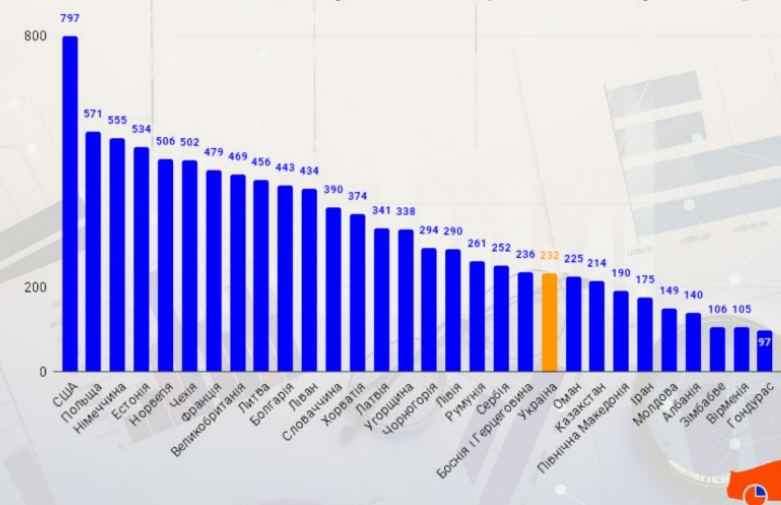


# Аналіз стану та структури сучасного парку легкових автомобілів

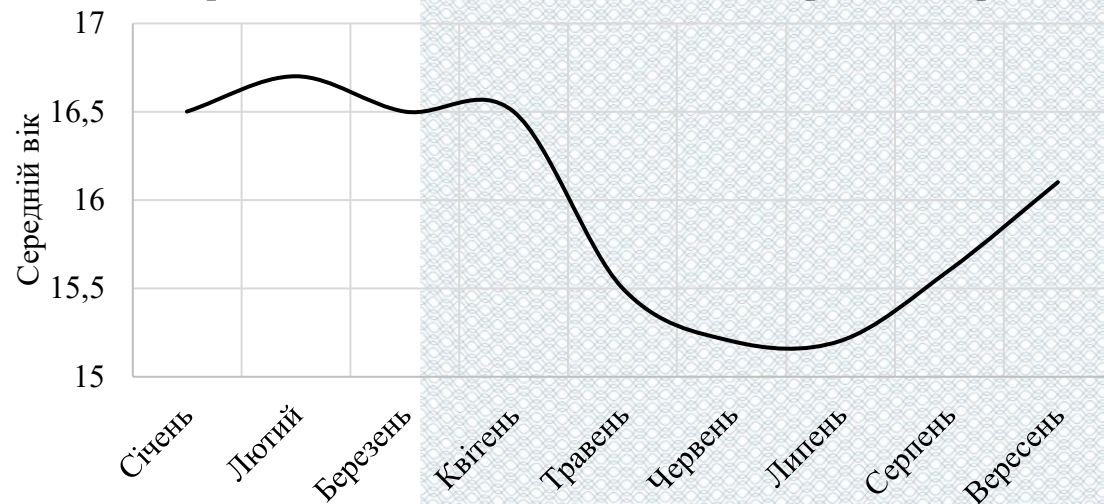
Динаміка імпорту вживаних легковиків та внутрішніх перепродажів у вересні 2021 - вересні 2022 років



Рівень автомобілізації у деяких країнах світу та Україні



Середній вік легкових автомобілів в Україні 2022р



До початку військових дій **автомобільний парк України** налічував близько **7,4 млн** автомобілів за даними Міжнародної асоціації виробників автомобілів (OICA, 2022).

Україна входить у **ТОП-12** європейських країн за загальною кількістю **електромобілів** і демонструвала один з найвищих темпів електрифікації автопарку.



# Організація постачання запасних частин автосервісним підприємствам

Виділено шість груп факторів, які впливають на потребу автосервісу в запасних частинах:

- Перша група факторів складається з двох підгруп: маркетинг і менеджмент.
- Друга група факторів – це парк автомобілів, які обслуговуються
- Третя група факторів - це умови експлуатації.
- До четвертої групи факторів відносяться методи технічного обслуговування і ремонту
- П'ята група факторів – це персонал підприємства.
- Шоста група – це фактори, пов'язані з виробничою діяльністю СТО
- Сьома група – організація матеріально-технічного забезпечення.



В якості критерію управління запасами передбачена мінімізація загальних витрат:

$$C = \left( C_i \cdot \frac{q}{2} \cdot T + K \cdot \frac{Q}{q} \right) \rightarrow \min.$$

$C_i$  – витрати на зберігання однієї одиниці товару;

$q$  – розмір однієї партії поставки товару;

$Q$  – товарообіг за аналізований період;

$T$  – тривалість періоду;

$K$  – вартість доставки однієї партії товару;



# МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН НА ПІДПРИЄМСТВАХ АВТОСЕРВІСУ

Методичні засади вибору математичних моделей для прогнозування потреби у запасних частинах

## Забезпечення характеристик прогнозу

- цінність
- достовірність
- точність
- своєчасність
- відповідність заданому тимчасовому інтервалу

## Відповідність вимогам вихідних даних

- актуальність
- обсяг даних
- достовірність
- безперервність всередині конкретного тимчасового інтервалу
- узгодженість

## Відповідність вимогам моделей прогнозування

- адаптивність та чутливість до зміни ряду спостережень
- емерджентність
- точність
- адекватність
- незалежність від випадкових коливань вихідних даних

## Відповідність вимогам стандартних пакетів комп'ютерних програм

- адекватність описання модельованого процесу
- зручність освоєння та використання
- сумісність з відомими базами даних, можливість включення в звіти проміжних і остаточних результатів розрахунків, створення графіків

Витрата запчастин сучасного автосервісу дилерської мережі:

$$Q = Q_{TO} + Q_{mag} + Q_{вл} + Q_{прок} + Q_{вп}$$

$Q_{TO}$  – потреба в запасних частинах підприємства для технічного обслуговування і ремонту автомобілів клієнтів;

$Q_{mag}$  – потреба в запасних частинах відділу продажу запчастин;

$Q_{вл}$  – потреба в запасних частинах автопарку для виробничих і господарських (власних) потреб;

$Q_{прок}$  – потреба в запасних частинах відділу прокату автомобілів;

$Q_{вп}$  – потреба в запчастинах відділу продажу автомобілів.

Рівняння регресії для прогнозування потреби в запасних частинах:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_m x_m,$$

$x_{1..m}$  – факторні ознаки



## РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ МОДЕЛЕЙ

Моделі і методи	Забезпечення характеристик прогнозу	Відповідність вимогам вихідних даних		Відповідність вимогам моделей прогнозування			Відповідність стандартним пакетам програм
	Зіставлення заданого інтервалу часу	Обсяг продуктивних даних	Безперервність в межах часового проміжку	Адаптивність до зміни в ряді спостережень	Емерджентність	Незалежність від випадкових коливань вихідних даних	Адекватність опису змодельованого процесу
Модель тренда	+	+	+	-	-	+	+
Регресійна модель	+	-	+	-	+	+	+
Адаптивна модель Брауна	+	+	+	+	-	-	-
Моделі, що використовують ряди Фур'є	+	+	+	-	-	-	+
Нормативні методи планування	-	-	-	-	-	-	+
Нормальний закон розподілу випадкових величин	-	+	+	-	-	-	-



# РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В ЗАПАСНИХ ЧАСТИНАХ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АВТОСЕРВІСУ

Для оцінки ступеня впливу факторів, що впливають на потребу в запасних частинах 10 експертів з ТОВ "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця, заповнили розроблену анкету, де було оцінено вплив 33 факторів, які поділено на 7 груп:

- управління;
- автопарк, що обслуговується;
- умови експлуатації;
- персонал;
- організація технічного обслуговування і ремонту;
- виробничо-технічна база;
- організація матеріально-технічного забезпечення.

Коефіцієнт відносної значущості кожного фактора  $x_y$  розраховується окремо для кожного учасника опитування:

$$x_y = \frac{x_e}{\sum_{i=1}^{12} x_i} \quad (1)$$

Відносна важливість кожного фактору

$$x_j = \frac{\sum_{j=1}^{33} x_i}{12}, \quad (2)$$

$x_j$  – коефіцієнт відносної важливості  $j$ -го фактору

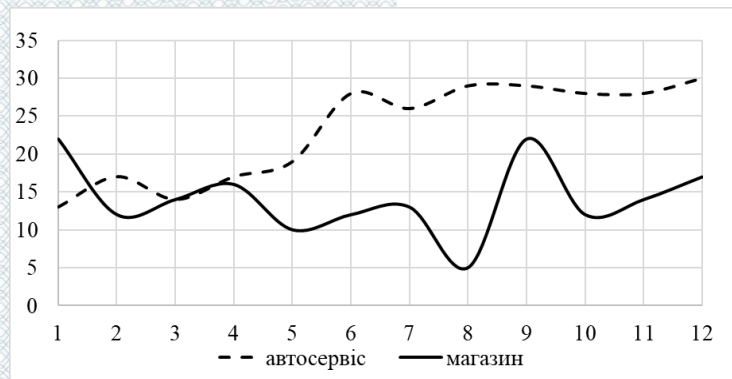
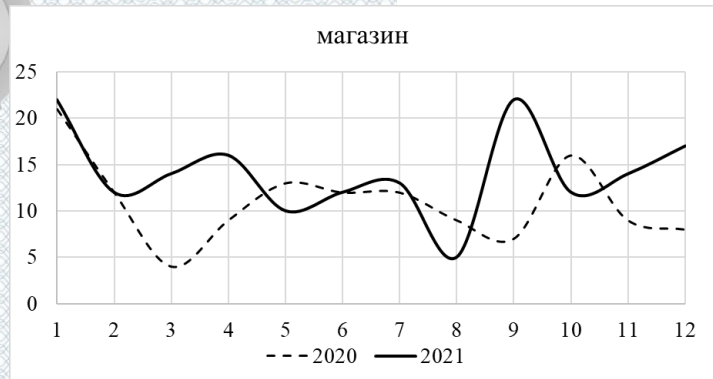
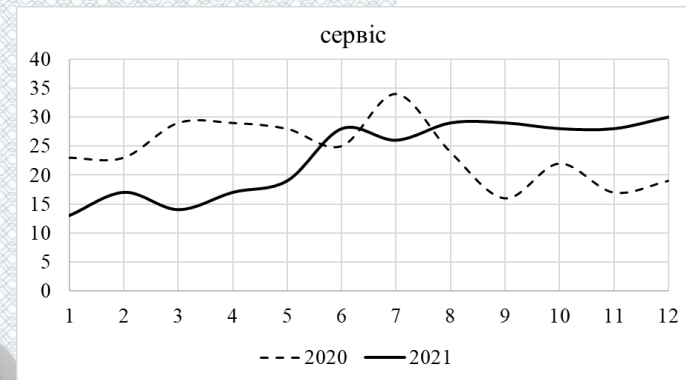
## Значимість факторів, що впливають на витрату запасних частин

Фактори	№ групи	Місце в ранжованом у ряді	Коефіцієнти значимості
Інтенсивність експлуатації	2	1	0,051
Вікова структура парку	3	2	0,0508
Методика розрахунку потреби в частинах запасних	3	2	0,0507
Експлуатаційні умови	3	4	0,0460
Пробіг з початку експлуатації	2	5	0,0457
Потужність сервісного підприємства	6	6	0,0445
Реклама	1	7	0,0438
Ціни на запасні частини та послуги	1	8	0,0432
Якість запасних частин і матеріалів	7	9	0,0432
Постійна клієнтура	1	10	0,0429
Модельний ряд	2	11	0,0419
Обсяг продаж нових автомобілів	1	12	0,0412
Швидкість поставки запасних частин	1	13	0,0411
Надійність	2	14	0,0405
Якість автомобілів в експлуатації	1	15	0,0387
Спеціалізація сервісних підприємств	6	16	0,0356
Оптимальний розмір запасу	7	17	0,0350
Методи поповнення запасів	7	18	0,0347
...	...	...	...
Сума			1,0000



# Статистика споживання деталей найбільшого попиту та їх розподіл між сервісною службою та магазином запчастин ТОВ "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця за 2020/2021р.

Дата	Назва деталі											
	Рульова тяга		Передній бампер		Шарова опора		Втулки стабілізатора		Амортизатори передні		Гальмівні диски	
	сервіс	магазин	сервіс	магазин	сервіс	магазин	сервіс	магазин	сервіс	магазин	сервіс	магазин
01.20	5	7	1	0	3	2	10	4	2	2	2	6
02.20	2	3	0	0	5	1	8	2	4	4	4	4
03.20	3	1	0	1	8	0	8	2	6	0	4	4
04.20	5	2	0	1	10	0	6	2	4	2	4	2
05.20	2	4	0	0	12	5	6	2	6	0	2	2
06.20	2	0	0	2	5	4	4	0	8	2	6	4
07.20	4	2	0	0	8	6	4	2	10	2	8	0
08.20	1	3	2	0	5	4	6	0	2	0	8	0
09.20	1	4	1	0	4	1	2	2	2	0	6	0
10.20	0	3	0	0	6	1	2	4	8	2	6	6
11.20	5	3	0	1	4	1	6	2	0	0	2	2
12.20	7	1	0	1	2	2	6	0	4	2	0	2
01.21	2	3	0	3	3	2	4	4	2	2	2	8
02.21	1	2	1	0	1	0	4	8	8	0	2	2
03.21	0	2	1	0	1	0	4	0	6	8	2	4
04.21	3	4	0	2	2	2	4	0	4	6	4	2
05.21	5	2	0	0	4	2	2	2	0	0	8	4
06.21	5	1	0	0	7	3	4	2	2	6	10	0
07.21	8	1	0	1	4	5	6	0	6	0	2	6
08.21	5	0	1	1	5	2	8	2	8	0	2	0
09.21	3	0	0	0	4	4	10	6	6	6	6	6
10.21	2	1	1	1	3	4	12	0	0	2	10	4
11.21	4	2	1	2	5	2	8	2	4	4	6	2
12.21	4	5	0	1	4	3	6	4	4	2	12	2





# Розробка методики прогнозування витрати запасних частин в автосервісі

Результати спостережень протягом 2021 року за споживанням шарових опор на підприємстві ТОВ "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця

Місяць	Споживання запасних частин	Середній пробіг автомобілів	Кількість заїздів на СТО	Середній вік автомобілів	Залишок на складі	Продаж нових автомобілів	Кількість вихідних та святкових днів.
1	10	48	165	7	10	8	8
2	2	85,65	198	8	3	5	4
3	6	65,085	149	10	4	2	4
4	4	79,85	95	8	3	1	4
5	5	126,5	124	9	2	4	5
6	10	136	159	8	10	6	4
7	3	60	184	8	3	7	5
8	4	11	179	8	5	5	4
9	8	38	185	9	10	3	5
10	2	156	226	6	2	7	5
11	15	78,65	205	5	30	4	4
12	3	7	191	5	4	6	4

Результати проведення регресійного аналізу в середовищі MS Excel

SUMMARY OUTPUT								
Regression Statistics								
Multiple R	0,975847362							
R Square	0,952278074							
Adjusted R Square	0,895011762							
Standard Error	1,296075542							
Observations	12							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	6	167,600941	27,93349016	16,6289402	0,003655691			
Residual	5	8,399059048	1,67981181					
Total	11	176						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	-1,460109189	4,51772405	-0,323195745	0,75962622	-13,07328857	10,15307019	-13,0733	10,15307
X Variable 1	0,003927543	0,008526943	0,460603915	0,66442224	-0,017991661	0,025846748	-0,01799	0,025847
X Variable 2	-0,030161503	0,016144257	-1,868249644	0,12068461	-0,071661637	0,011338632	-0,07166	0,011339
X Variable 3	0,628797011	0,356267039	1,764959828	0,1378397	-0,287016567	1,544610589	-0,28702	1,544611
X Variable 4	0,560592831	0,063062824	8,889434259	0,00029977	0,39848468	0,722700982	0,398485	0,722701
X Variable 5	0,379482752	0,346391629	1,095530955	0,32322601	-0,510945277	1,26991078	-0,51095	1,269911
X Variable 6	0,369824412	0,472772988	0,782245223	0,46947683	-0,845477244	1,585126068	-0,84548	1,585126

Рівняння регресії для прогнозування споживання шарових опор підприємством:

$$Y = -1,460109189 + 0,003927543 \cdot X_1 - 0,030161503 \cdot X_2 + 0,628797011 \cdot X_3 + 0,560592831 \cdot X_4 + 0,379482752 \cdot X_5 + 0,369824412 \cdot X_6;$$

$Y$  – витрата запасних частин, шт.;

$X_1$  – середній пробіг автомобіля, тис;

$X_3$  – середній вік автомобілів, рік;

$X_5$  – продаж нових автомобілів, шт.;

$X_2$  – кількість заїздів на СТО, шт.;

$X_4$  – баланс запасів, шт.;

$X_6$  – кількість вихідних і святкових, днів.



1. У роботі вирішується важлива науково-практична задача, яка полягає в розробці методики прогнозування використання запасних частин на підприємствах автосервісу. Запропонована методика дозволяє формалізувати процеси визначення потреб підприємств у запасних частинах, підвищити ефективність існуючих систем матеріально-технічного забезпечення.

2. Розроблена класифікація і проведено дослідження факторів, які впливають на потребу підприємств автосервісу в запасних частинах. Було встановлено, що найбільший вплив на потребу в запасних частинах мають такі фактори:

- середній вік автомобілів;
- середній пробіг автомобілів;
- обсяг продажів нових автомобілів.



3. За допомогою апарату регресійного аналізу, адаптивних методів і ряду Фур'є були побудовані математичні моделі для прогнозування потреб автосервісу в запасних частинах для автомобілів Hyundai. Побудовані моделі адекватно відображають досліджувані процеси.

4. Розроблені методичні засади вибору математичних моделей прогнозування потреб підприємств автосервісу в запасних частинах, на основі яких визначаються напрямки найбільш ефективного використання математичних моделей. Прогнозуючи потребу в запасних частинах з використанням даних про фактори, що впливають на споживання запасних частин. Було виявлено, що доцільно використовувати моделі регресійного прогнозування.

5. Дані для розрахунку були взяті на автосервісі ТОВ "Буг Авто" Автомир Hyundai м.Вінниця. Практичні розрахунки проводилися за допомогою прикладної програми MS Excel.