

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

УДК 621.81:631.3:631.11

ПОГОДЖЕНО  
Декан механіко - технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри  
технічного сервісу та інженерного  
(назва кафедри)  
менеджменту імені М.П. Момотенка

\_\_\_\_\_  
(підпис) Вячеслав БРАТІШКО  
(ПІБ)

\_\_\_\_\_  
(підпис) Іван РОГОВСЬКИЙ  
(ПІБ)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему Удосконалення системи забезпечення аграрних сервісних підприємств запасними частинами і матеріалами**

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Братішко Вячеслав Вячеславович

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц. каф.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Дев'ятко Олена Сергіївна

(ПІБ)

**Виконав**

(підпис)

Дорошкевич Ярослав Олександрович

(ПІБ)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Механіко–технологічний факультет**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М.П. Момотенка

д.т.н., проф. Іван РОГОВСЬКИЙ  
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**

Дорошкевичу Ярославу Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Удосконалення системи забезпечення аграрних сервісних підприємств запасними частинами і матеріалами

затверджена наказом ректора НУБіП України від «07» грудня 2023 р. № 2223 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру \_\_\_\_\_

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література; результати науково-дослідних робіт по літературних джерелах по вивченню питання системи забезпечення аграрних сервісних підприємств запасними частинами і матеріалами

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз існуючих методів управління запасами запасних частин в сервісних підприємств
2. Аналіз факторів, що впливають на споживання запасних частин
3. Теоретичні дослідження визначення величини запасів і номенклатури запасних частин
4. Аналіз концепції теорії гри та статистичних рішень в умовах невизначеності
5. Моделювання необхідної кількості та номенклатури запасних частин

6. Економічне обґрунтування роботи

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 19 слайдах

Дата видачі завдання «10» листопада 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

Дев'ятко О.С.

(прізвище та

ініціали)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

(підпис)

Дорошкевич Я.О.

(прізвище та ініціали)

**Метою дипломної роботи** є розробка логістичної моделі запасними частинами сервісних підприємств, що базується на критеріях економічності, інформаційних технологіях та індивідуальному підході до нормування.

**Задачі дослідження:** проаналізувати: фактори, що впливають на споживання запасних частин, існуючі принципи побудови систем управління запасами, методи моделювання попиту та часу поповнення запасів; провести дослідження в області прийняття рішень в умовах невизначеності, конфліктності та породженого ними ризику; визначити оптимальну методіку розрахунку потоку відмов з урахуванням ремонтних впливів, користуючись статистичними даними; розробити модель, що визначає оптимальну стратегію функціонування в системі управління запасами, керуючись методом ABC; отримати залежності виграшів та ризику утримання запасних частин від кількості рухомого складу.

**Об'єктом дослідження** є система матеріально-технічного постачання.

**Предметом дослідження** - модель управління запасами і номенклатурою запасних частин.

**Методи дослідження** обумовлені властивостями функціонування виробництва сервісних підприємств з урахуванням прогнозування попиту на запасні частини і матеріали. В роботі використані такі методи: логістика, імітаційне та економіко – математичне моделювання, статистичні методи дисперсійного аналізу, кореляції і регресії.

В ході виконання дипломної роботи було використано наступні програмні продукти: MS Word пакету Microsoft Office, програмний продукт Mathcad Professional (розрахунок показників, імітаційне моделювання), редактор формул Microsoft Equation, редактор таблиць MS Excel, програмний продукт ABBYY FineReader (робота зі сканером).

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	6
<b>1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН В СЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ</b>	7
1.1. Аналіз факторів, що впливають на споживання запасних частин	7
1.2. Аналіз ринку запасних частин	9
1.3. Аналіз форм матеріально-технічного постачання	11
1.4. Організація системи постачання запасних частин	13
1.5. Обґрунтування теми дипломної роботи	19
<b>2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ЗАПАСІВ І НОМЕНКЛАТУРИ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН</b>	21
2.1. Аналіз розробки обґрунтованої номенклатури запасних частин	21
2.2. Аналіз визначення оптимального запасу агрегатів та запасних частин	24
2.3. Аналіз визначення потоку відмов з урахуванням ремонтних впливів	25
2.4. Аналіз концепції теорії гри та статистичних рішень в умовах невизначеності	30
Висновки за другим розділом	33
<b>3 МОДЕЛЮВАННЯ НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ ТА НОМЕНКЛАТУРИ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН</b>	35
3.1. Обґрунтування вимог до моделі	35
3.2. Формування моделі керування запасними частинами	35
3.3. Розробка програмного забезпечення	39
3.4. Послідовність розрахунку норми витрат запасних частин	41
3.4.1. Алгоритм визначення норми витрати запасних частин з урахуванням середнього ресурсу деталей	41
3.4.2. Методика розрахунку запасних частин для випадку раптових відмов деталей	43
3.5. Визначення оптимальної потреби запасних частин на машинно- технологічній методами логістики	46

	5
3.5.1 Прийняття рішень в умовах недоліку інформації	46
3.5.2 Прийняття рішень в умовах ризику	47
3.5.3 Прийняття рішень в умовах часткової визначеності	48
Висновки за третім розділом	49
<b>4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПОСТАЧАННЯ СЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ ЗАПАСНИМИ ЧАСТИНАМИ</b>	<b>50</b>
4.1. Розрахунок необхідної номенклатури запасних частин	50
4.2. Розрахунок норми витрати запасних частин з урахуванням середнього ресурсу деталей та заданої ймовірності	54
4.3. Оптимізація потреби запасних частин методами логістики	58
Висновки за четвертим розділом	62
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	<b>64</b>
5.1. Аналіз і характеристика основних виробничих шкідливостей і небезпечностей на підприємстві технічного сервісу	64
5.2. Організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників від дії вказаних вами вище шкідливих та небезпечних факторів	66
Висновок за п'ятим розділом	72
<b>6 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ</b>	<b>73</b>
6.1 Забезпеченості СП основними засобами виробництва	73
6.2 Визначення річних поточних витрат функціонування СП	75
6.3. Розрахунок фонду заробітної платні працівників СП	78
6.4 Сумарні експлуатаційні витрати	80
6.5. Розрахунок доходу від діяльності підприємства	83
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ</b>	<b>84</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<b>87</b>
<b>ДОДАТКИ</b>	<b>90</b>

# 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН В СЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

## 1.1. Аналіз факторів, що впливають на споживання запасних частин

Потреби сервісних підприємств (СП) у запасних частинах для забезпечення нормального функціонування рухомого складу і його якісного ремонту визначаються великою кількістю факторів, що характеризують як споживачів, так і існуючу систему постачання автомобільними запасними частинами (ЗЧ). Вплив цих факторів проявляється в організації транспортного й виробничого процесів, залежить від режиму й умов експлуатації, організації системи планування й розподілу ЗЧ, інформаційної бази, нормативно-методичного забезпечення та ін.

Забезпечення організації постачання машинно-тракторного парку (МТП) ЗЧ пов'язане з рішенням двох основних завдань: установленням номенклатури елементів автомобіля, що поставляються в ЗЧ, і визначенням обсягів їхнього виробництва й розподіли споживачам.

Процес споживання ЗЧ найбільшою мірою залежить від особливостей сфери експлуатації. У цій сфері можна виділити кілька груп факторів. Зокрема до них ставляться: система організації ТО та ремонту, рухомий склад і структура парку, виробнича база, персонал і умови експлуатації [1, 2]. Значимі для дослідження споживання ЗЧ фактори кожної групи наведені на схемі (рис. 1.1).

Потреба в ЗЧ на ремонтно-експлуатаційні потреби визначається в основному надійністю автомобілів (деталей, вузлів, агрегатів) на стадіях їхнього виробництва, експлуатації й ремонту. До факторів, що визначають надійність автомобілів при проектуванні, ставляться загальне компонування МТП й агрегатів, потужність двигуна, передаточні числа трансмісії й інші проектно-конструкторські рішення, конструкційні матеріали, що також застосовуються, паливо, змащення. Великий вплив на споживання ЗЧ роблять

такі властивості автомобільної конструкції, як зручність доступу до обслуговуються агрегатом, що, і вузлам, число крапок змащення, ергономічні властивості машини.

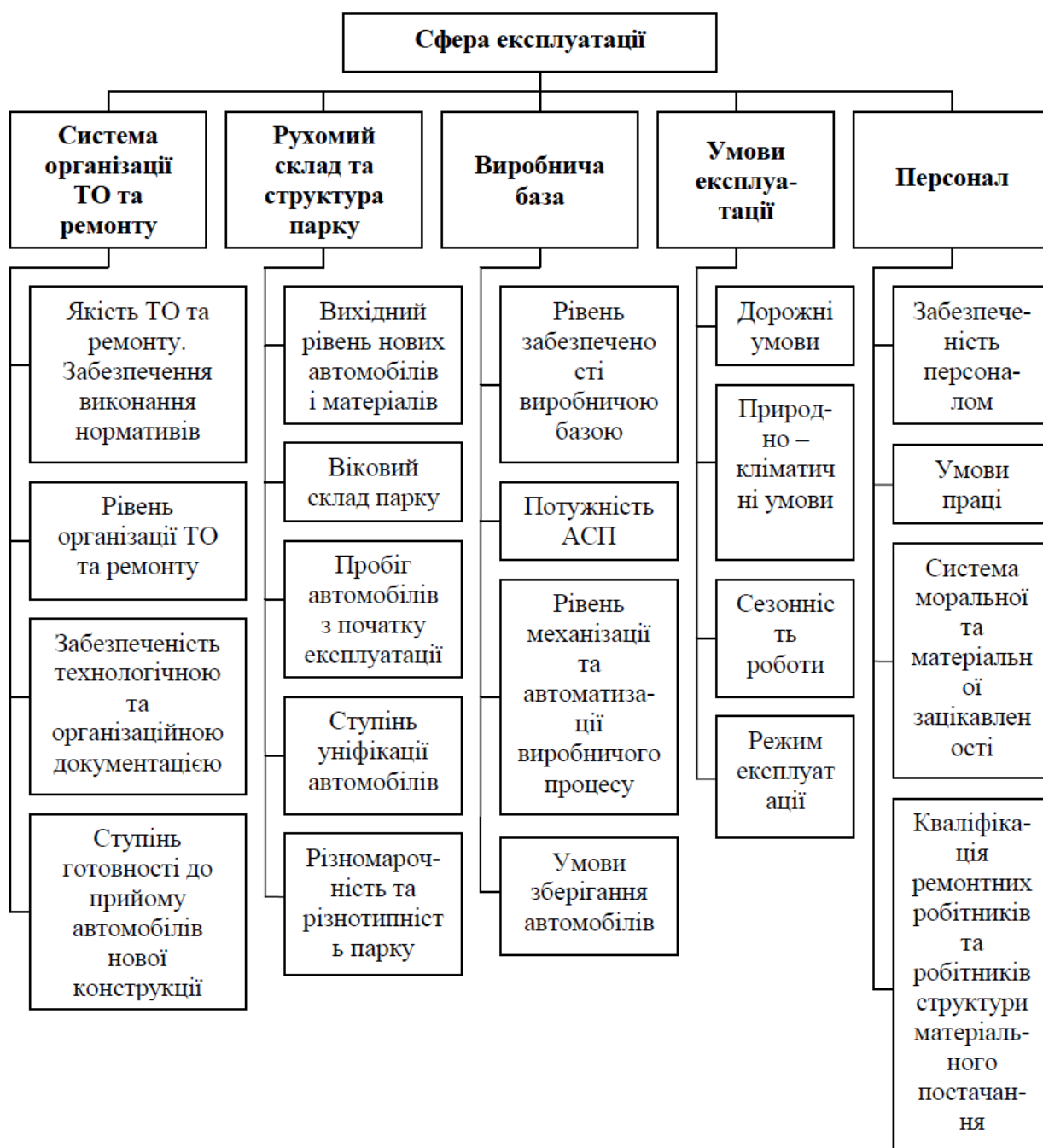


Рис. 1.1. Фактори, що визначають попит запасних частин у сфері експлуатації

Можна виділити наступні основні фактори, що впливають на споживання ЗЧ у сфері капітального ремонту: організація виробничого процесу; якість технологічних процесів ремонту; виробничо-технічна база, потужність і спеціалізація МТС; організація й технологія відновлення деталей,

що були у вживанні; технічний стан і комплектність машин і агрегатів, що надходять у капітальний ремонт; кваліфікація кадрів та ін.

Проведення організаційно-технічних заходів, спрямованих на підвищення якості капітального ремонту з урахуванням зазначених факторів, дозволить підвищити надійність відремонтованих автомобілів і агрегатів, зменшити видаток ЗЧ в експлуатації.

Важлива роль у забезпеченні запасними матеріалами СП належить прийнятій системі постачання на даному підприємстві. Від стану її організаційної структури, планування потреби й керування запасами ЗЧ багато в чому залежить ефективність забезпечення споживачів даним видом матеріальних ресурсів, загальні економічні результати роботи СП.

У цей час система постачання машинно-тракторного парку ЗЧ має досить складну, багатоступінчасту структуру. Якість планування й ефективність керування ними істотно залежать від стану нормативно-методичного забезпечення й інформаційної бази.

## 1.2. Аналіз ринку запасних частин

Ринок запасних частин, будучи складовою частиною загального автомобільного ринку, володіє, разом з тим, відносною самостійністю та має ряд своїх особливостей. Це обумовлено, насамперед, наявністю значної кількості заводів і підприємств, що роблять запасні частини та комплектуючі, великою рухливістю широкої мережі посередників, що здійснюють їхній збут, а також відсутністю досить повної та оперативної інформації про номенклатуру вироблених запчастин, їхній наявності в продажі та цінах на них [3].

Що стосується цінової ситуації на ринку запасних частин, то ринкові ціни, як показує статистика, більше інертні, чим ціни на самі автомобілі, більше локальні (різні по регіонах) і мають досить значний розкид. По окремих виробках (ремкомплектам, гумовотехнічним виробам, підшипникам,

електроустаткуванню й ін.) він досягає 70 - 80%. На ціні, крім якості виробів, що залежить від виробника, істотно позначається далекість від заводу-виготовлювача, а також рівень ділової активності в регіоні (рис. 1.2).

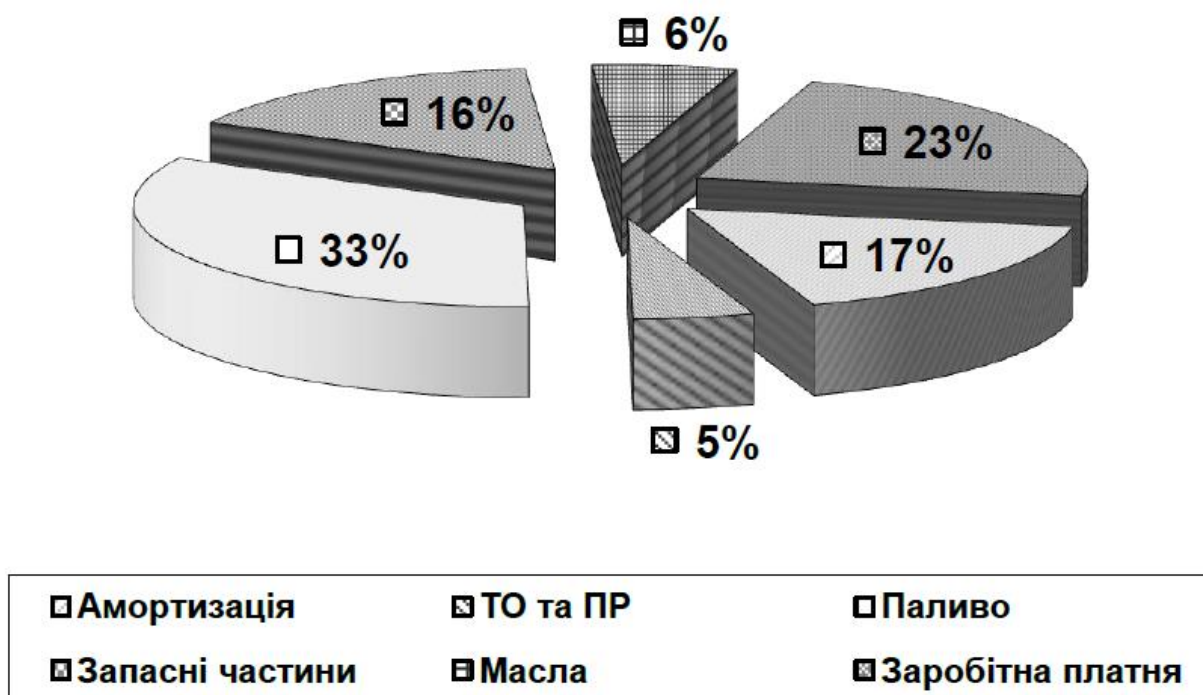


Рис. 1.2. Витрати за основними експлуатаційними видатками.

Ціни на запасні частини в цілому в меншому ступені піддаються впливу таких макроекономічних факторів, як фінансові кризи, різкі перегони інфляції. У той же час ринкові ціни досить чутливі до сезонності, активізації діяльності в регіоні (проведення сільськогосподарських робіт, дорожнього та цивільного будівництва, лісозаготівельних і інших робіт) (рис. 1.3).

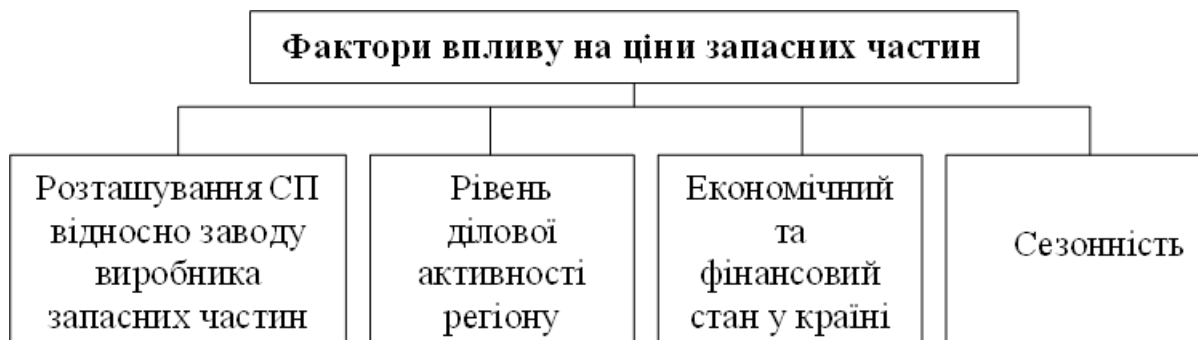


Рис. 1.3. Показники впливу на ринкові ціни запасних частин

Процес формування ринкових відносин у країні зробив вирішальний

вплив як на виробництво, так і на збут запасних частин [4]. Якщо раніше основні показники в цій галузі визначалися в плановому порядку, то до теперішнього часу можна із упевненістю сказати, що головну роль тут грає споживчий попит. Відсутність досить повної та надійної статистики не дозволяє зробити точну оцінку попиту. Разом з тим уже зараз представляється можливим дати його загальну, в основному якісну, характеристику.

Аналіз сегмента ринку запчастин і агрегатів автотехніки виробництва країн СНД традиційними методами технічного, фінансового та маркетингового дослідження утруднений через недолік статистичних даних і низького рівня їхньої вірогідності. Деякі причини цього [5]:

1) відсутність чіткої географічної локалізації виробників. Запчастини до автомобілів випускають як вітчизняні підприємства, так і заводи інших країн СНД, а також безліч виробників з далекого зарубіжжя - від Туреччини до США;

2) значна кількість контрабандної продукції на ринку;

3) наявність значної кількості неврахованої, а також некондиційної продукції на ринку;

4) використання імпортерами схем роботи через офшори, заниження фактурної вартості та застосування інших схем мінімізації оподаткування, які спотворюють митну статистику.

В умовах здорової конкуренції, видимо, витримають ті фірми-посередники, які найбільше успішно зможуть вирішувати такі питання, як пошук нових надійних партнерів, налагодження гнучкої системи платежів, удосконалювання обліку руху товарно-матеріальних цінностей, доведення складських запасів до оптимальних, забезпечення широкої номенклатури запчастин, грамотна оцінка кон'юнктури ринку й проведення продуманої цінової політики.

### **1.3. Аналіз форм матеріально-технічного постачання**

Для придбання матеріалів і запасних частин у цей час підприємства

застосовують наступні способи:

- 1) прями господарські зв'язки між виробниками й споживачами;
- 2) оптова торгівля;
- 3) придбання матеріалів на підприємствах дрібної роздрібно торгівлі.

При прямих зв'язках між постачальником і споживачем полягає договір на поставку продукції, у якому обмовляються вимоги до продукції, строки й обсяги поставок, форми та строки оплати, взаємна відповідальність за порушення умов договору. У цьому випадку можуть використовуватися договірні ціни, установлені продавцем і покупцем у процесі укладання договору на поставку продукції.

Транзитна форма матеріально-технічного забезпечення (безпосередньо від виготовлювача до споживача) сприяє скороченню строків перебування матеріальних ресурсів у сфері обігу, а також витрат на вантажно-розвантажувальні роботи та зберігання на проміжних складах і базах підприємств оптової торгівлі.

Широке поширення при забезпеченні автотранспортних підприємств матеріально-технічними ресурсами одержала оптова торгівля, при якій договори на поставку полягають із оптовими організаціями. Виступаючи як посередник між виготовлювачем і споживачем, оптова організація здійснює поставку широкого переліку найменувань запасних частин і матеріалів, і часто виявляється економічно більше вигідною формою забезпечення споживачів необхідними матеріально-технічними ресурсами. Оптова торгівля передбачає застосування складської форми організації збуту (регіональних баз і складів). Ця форма може застосовуватися на великі та середні СП.

На великих МТС доцільно створювати свою інформаційну службу, одне із завдань якої - визначення потрібної кількості запасних частин. Для невеликих СП із великий багатомарочністю рухомого складу можливі різні варіанти рішення проблеми запасних частин, зокрема перехід на сервісне обслуговування машинно-технологічними станціями.

Всі вітчизняні заводи-виготовлювачі автомобілів у цей час створюють сучасну збутову інфраструктуру, що включає центральний і регіональний склади ЗЧ і підприємства дилерів. Вони здійснюють продаж техніки і запасних частин до них, а також ремонтні роботи в невеликих обсягах.

Продажем запасних частин до вітчизняного машинно-тракторного парку займаються безліч дрібних, середніх і більших підприємств (оптовики, магазини, ринки), які одержують деталі як у заводів-виробників автомобілів і запасних частин, так і в імітаторів (вітчизняних і закордонних). З'явилися на ринку та незалежних ремонтниках, що здобувають запасні частини в перерахованих вище підприємств, включаючи підприємства, що торгують старими та відновленими деталями.

Невід'ємною частиною керування постачанням, що безпосередньо впливає на кількість і доставку ЗЧ, є прогнозування. Прогнозування витрат, постачання, умов ринку, технології, ціни та інші, завжди необхідно для прийняття правильних рішень.

#### **1.4. Організація системи постачання запасних частин**

Основою якісного керування постачанням ЗЧ для експлуатуючих і ремонтних організацій автомобільного транспорту є прогресивні технічно та економічно обґрунтовані норми їхньої витрати, які повинні об'єктивно відбивати особливості експлуатації, надійність автомобіля і його елементів, систему ремонту та інші фактори. Обґрунтованість норм витрати у свою чергу визначається вірогідністю вихідної інформації, що вимагається, для розрахунку й правомірністю вибору методів їхнього визначення. Важливість достовірного визначення норм витрати на ремонтно-експлуатаційні потреби треба також і з того, що вони є базою для розробки норм запасів автомобільних ЗЧ на різних рівнях складської системи підприємств автотранспорту.

Розрізняють системи з фіксованим розміром замовлення, постійним інтервалом часу між замовленнями та їхні комбінації [6, 7].

*Система з фіксованим розміром замовлення.* Сама назва говорить про основний параметр системи. Це - розмір замовлення. Він строго зафіксований і не міняється ні при яких умовах роботи системи. Визначення розміру замовлення  $\epsilon$ , тому першим завданням, що вирішується при роботі з даною системою керування запасами.

Тим часом у системі з фіксованим розміром замовлення (рис. 1.4) обсяг закупівлі повинен бути не тільки раціональним, але і оптимальним, тобто найкращим критерієм оптимізації повинен бути мінімум сукупних витрат на зберігання запасів і повторення замовлення. Даний критерій ураховує три фактори, що діють на величину названих сукупних витрат:

1. Використовувана площа складських приміщень.
2. Витрати на зберігання запасів.
3. Вартість оформлення замовлення.

Ці фактори тісно взаємозалежні між собою, причому сам напрямок їхньої взаємодії неоднаково в різних випадках. Бажання максимально заощадити витрати на зберігання запасів викликає ріст витрат на оформлення замовлень.

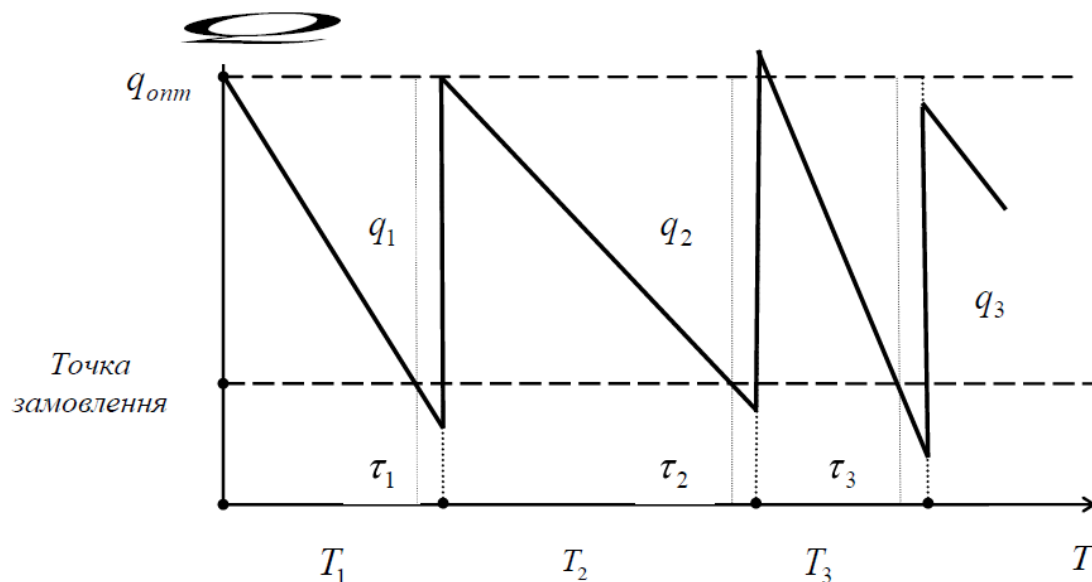


Рис. 1.4. Діаграма періодичності поповнення запасів:  $T_1 \neq T_2 \neq T_3$   
 періодичність замовлення;  $q_1 = q_2 = q_3$  – об'єм замовлення,  $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3$  –  
 час поповнення

Економія витрат на повторення замовлення приводить до втрат, пов'язаним зі змістом зайвих складських приміщень, і, крім того, знижує рівень обслуговування споживача. При максимальному завантаженні складських приміщень значно збільшуються витрати на зберігання запасів, більше ймовірний ризик появи неліквідних запасів.

*Система з фіксованим інтервалом часу між замовленнями.* Система з фіксованим інтервалом часу між замовленням - друга та остання система керування запасами, що ставиться до основного. Класифікація систем на основні та інші викликана тим, що дві розглянуті системи лежать в основі всіляких інших систем керування запасами.

Визначити інтервал часу між замовленнями можна з урахуванням оптимального розміру замовлення. Оптимальний розмір замовлення дозволяє мінімізувати сукупні витрати на зберігання запасу та повторення замовлення, а також досягти найкращого сполучення взаємодіючих факторів, таких, як використовувана площа складських приміщень, витрати на зберігання запасів і вартість замовлення.

*Система із установленою періодичністю поповнення запасів до встановленого рівня.* У даній системі (рис. 1.5), як і в системі з фіксованим інтервалом часу між замовленнями, вхідним параметром є період часу між замовленнями.

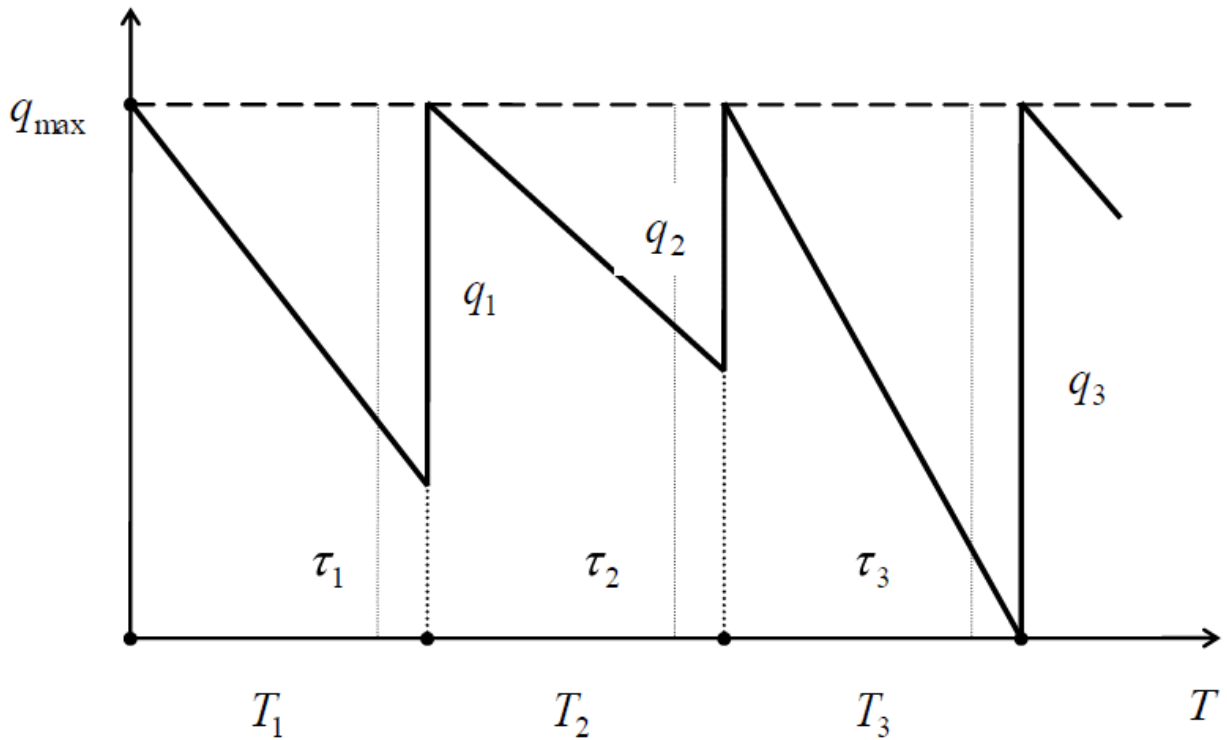


Рис. 1.5. Діаграма періодичності поповнення запасів:  $T_1 = T_2 = T_3$  – періодичність замовлення;  $q_1 \neq q_2 \neq q_3$  – об'єм замовлення,  $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3$  – час поповнення

На відміну від основної системи, вона орієнтована на роботу при значних коливаннях споживання. Розглянута система містить у собі елемент системи з фіксованим інтервалом часу між замовленнями (установлену періодичність оформлення замовлення) і елемент системи з фіксованим розміром замовлення (відстеження граничного рівня запасів).

Параметром, що розраховується постійно, у системі керування запасами із установленою періодичністю поповнення запасів до постійного рівня є розмір замовлення. Як і в системі з фіксованими інтервалом часу між замовленнями, його обчислення ґрунтується на прогнозованому рівні споживання до моменту надходження замовлення на склад організації.

*Система "Мінімум-Максимум"*. Ця система, як і система із установленою періодичністю поповнення запасів до постійного рівня, містить у собі елементи основних систем керування запасами (рис. 1.6).

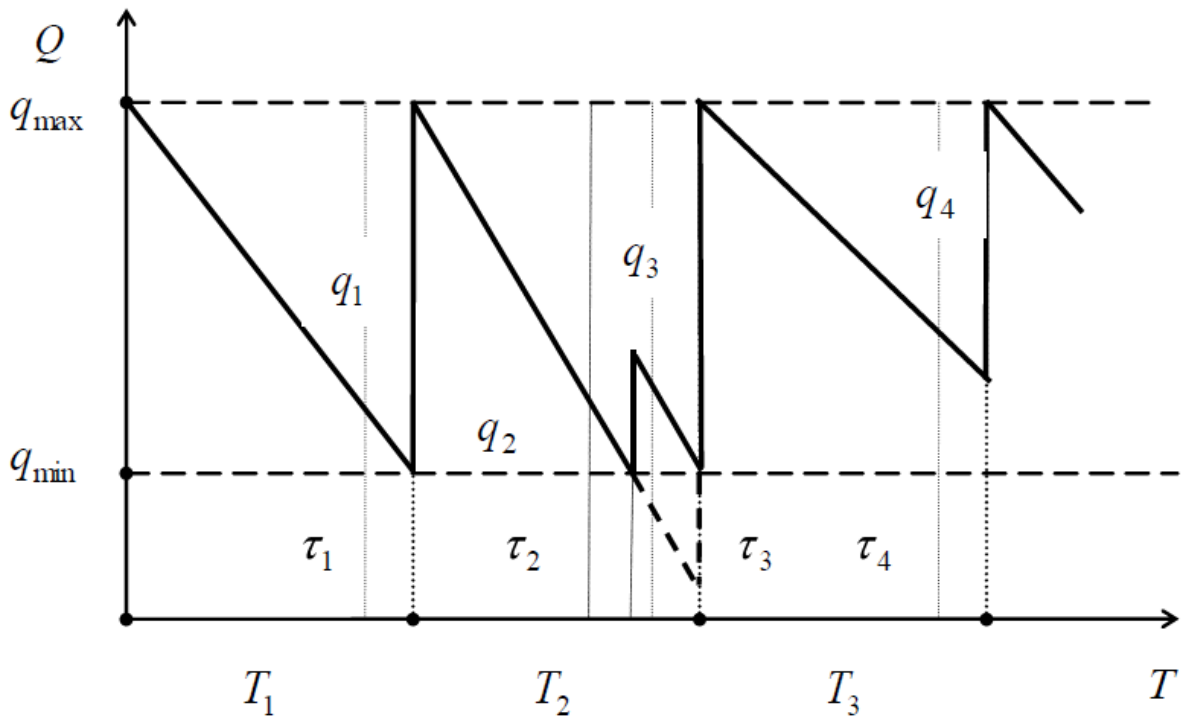


Рис. 1.6. Діаграма періодичності поповнення запасів:  $T_1 = T_2 = T_3$  періодичність замовлення;  $q_1 \neq q_2 \neq q_3$  – об'єм замовлення,  $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3$  – час поповнення

Як і в системі з фіксованим інтервалом часу між замовленнями, тут використовується постійний інтервал часу між замовленнями. Система "Мінімум-Максимум" орієнтована на ситуацію, коли витрати на облік запасів і витрати на оформлення замовлення настільки значні, що стають порівнянні із втратами від дефіциту запасів. Тому в розглянутій системі замовлення, виробляються не через кожний заданий інтервал часу, а тільки за умови, що запаси на складі в цей момент виявилися рівними або менше встановленого мінімального рівня.

Граничний рівень запасу в системі "Мінімум-Максимум" виконує роль "мінімального" рівня. Якщо у встановлений момент часу цей рівень пройдений, тобто наявний запас дорівнює граничному рівню, або не досягає його, то замовлення оформляється. У протилежному випадку замовлення не видається, і відстеження граничного рівня, а також видача замовлення будуть зроблені тільки через заданий інтервал часу.

Максимальний бажаний запас у системі "Мінімум-Максимум" виконує

роль "максимального" рівня. Його розмір урахується при визначенні розміру замовлення. Він побічно (через інтервал часу між замовленнями) пов'язаний з найбільш раціональним завантаженням площ складу при обліку можливих збоїв поставки й необхідності безперебійного постачання споживання.

$$Z_{max} = P_m T \quad (1.1)$$

де  $P_m$  - середньодобова витрата матеріалів;

$T$  - періодичність поставок (дн).

Величина поточного запасу коливається від максимуму в момент надходження чергової партії до мінімуму перед прибуттям новин партії. Тому прийнято враховувати середній поточний запас, що при рівномірному споживанні матеріалів дорівнює максимальному запасу, діленому на два, тобто

$$Z_{cp} = P_m T / 2 \quad (1.1)$$

Величину страхового запасу визначають по середньому відхиленню фактичних строків поставки від планових або як суму днів, необхідних для термінового оформлення замовлення й доставки матеріалів від постачальника СП:

При чіткій організації системи матеріально-технічного забезпечення та належній роботі всіх видів транспорту необхідність у подібного роду страхових запасах може бути зведена до мінімуму.

Зниження рівня не тільки страхових, але і виробничих запасів шляхом ліквідації зайвих і наднормативних залишків і залучення їх у процес виробничого споживання сприяє підвищенню ефективності роботи виробництва.

### 1.5. Обґрунтування теми дипломної роботи

На сервісних підприємствах накопичено великий досвід нормування витрат ресурсів, організації планової та економічної роботи, техніко-економічних обґрунтувань, оцінок економічної ефективності різноманітних

заходів, що не варто ігнорувати.

Проте ситуація переходу до ринку не дозволяє застосувати ці напрацювання без істотного їх корегування. Необхідно провести дослідження і розробити нові моделі нормування на основі інформації про реальні умови роботи транспорту.

**Метою кваліфікаційної магістерської роботи** є розробка логістичної моделі запасними частинами сервісних підприємств, що базується на критеріях економічності, інформаційних технологіях та індивідуальному підході до нормування.

Задачі дослідження:

1. Проаналізувати: фактори, що впливають на споживання запасних частин, існуючі принципи побудови систем управління запасами, методи моделювання попиту та часу поповнення запасів.
2. Провести дослідження в області прийняття рішень в умовах невизначеності, конфліктності та породженого ними ризику.
3. Визначити оптимальну методику розрахунку потоку відмов з урахуванням ремонтних впливів, користуючись статистичними даними.
4. Розробити модель, що визначає оптимальну стратегію функціонування в системі управління запасами, керуючись методом ABC.
5. Отримати залежності виграшів та ризику утримання запасних частин від кількості рухомого складу.

**Об'єктом дослідження** є система матеріально-технічного постачання.

**Предметом дослідження** - модель управління запасами і номенклатурою запасних частин.

**Методи дослідження** обумовлені властивостями функціонування виробництва сервісних підприємств з урахуванням прогнозування попиту на запасні частини і матеріали. В роботі використані такі методи: логістика, імітаційне та економіко – математичне моделювання, статистичні методи дисперсійного аналізу, кореляції і регресії.

## **2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ЗАПАСІВ І НОМЕНКЛАТУРИ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН**

### **2.1. Аналіз розробки обґрунтованої номенклатури запасних частин**

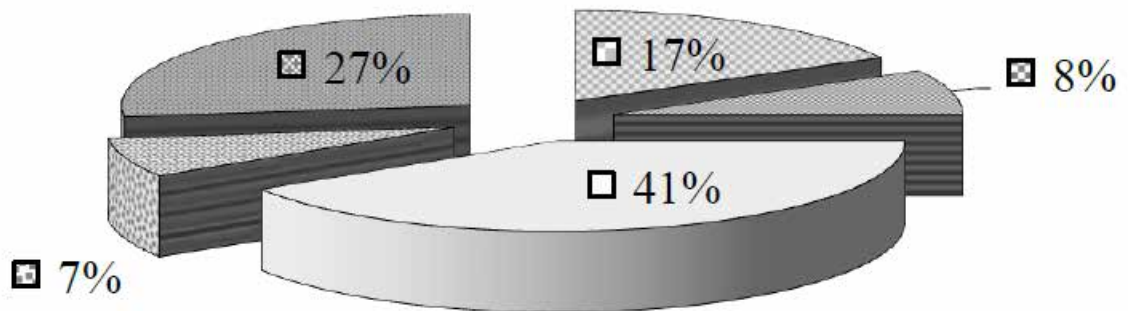
Забезпечення організації постачання автомобільного транспорту ЗЧ пов'язане з рішенням двох основних завдань: установленням номенклатури елементів автомобіля, що поставляються в ЗЧ, і визначенням обсягів їхнього виробництва й розподіли споживачам.

Реалізація логістичної функції сервісного підприємства - прогнозування, планування та нормування матеріальних запасів - вимагає рішення завдання оптимізації номенклатури запасних частин, що входять до складу матеріальних запасів підприємства.

Під номенклатурою запасних частин розуміється перелік найменувань елементів автомобіля, складених у певній послідовності відповідно до технічної документації підприємств-виготовлювачів.

Номенклатурні зошити, по яких здійснюється замовлення запасних частин СП, містять 700 - 800 найменувань по кожній моделі автомобіля. Реальну картину кількісної зміни номенклатури запасних частин, у відмінності від номенклатурних зошитів, представляють результати спостережень за групами автомобілів в експлуатації. Вибір даних про зміну номенклатури запасних частин приводяться залежно від пробігу автомобілів. Номенклатура запасних частин зростає в кілька разів у міру збільшення пробігу автомобілів з початку експлуатації.

Для нормальної роботи СП повинне мати у своєму розпорядженні необхідні виробничі запаси. У загальному обсязі виробничих запасів підприємства матеріали становлять приблизно 17%, паливо – 8%, запасні частини та агрегати – 41%, шини в запасі – 7%, малоцінні й швидкозношувані предмети та спецодяг - 27 % (рис. 2.1).



- Матеріали
- Паливо
- Запасні частини й агрегати
- Шини в запасі
- Малоцінні й швидкозношувані предмети й спецодяг

Рис. 2.1. Розподіл загального обсягу виробничих запасів

Для визначення й регулювання запасів запасних частин на МТС може бути використаний метод, іменований методом АВС [8]. Суть його полягає в тому, що весь обсяг запасів запасних частин розділяється на три групи. У групу А входять запасні частини, які споживаються в найбільшій мірі. По кількості найменувань ця група нечисленна (приблизно 10%), але за вартістю становить приблизно 75% загальної вартості запасів по групі запасних частин. Друга група В більше численна по кількості найменувань (приблизно 25%) і в загальній вартості становить приблизно 20%. І нарешті, до групи Зі ставиться 65% найменувань всіх деталей з річною вартістю споживання приблизно 5% від загальної вартості (рис. 2.2).

Розробці графіка за вказаним методом повинна передувати велика підготовча робота. У ході здійснення її потрібно скласти перелік запасних

частин, вузлів і деталей, розташовуючи їх по убутній вартості; з'єднати їх у групи й визначити їхню питому вагу; кількість деталей кожного виду помножити на діючу ціну й тим самим установити загальну вартість по видах і групам запасних частин.

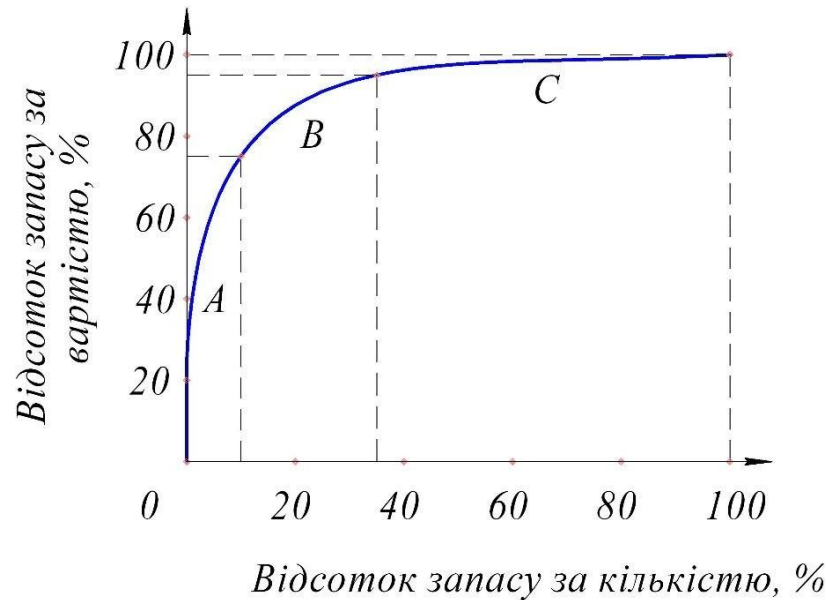


Рис. 2.2 - Аналітичний графік розподілу запасів за вартістю та кількістю (метод ABC)

Крім методу ABC застосовується метод XYZ, що теж дозволяє виділити номенклатурні групи, з метою виконання для кожної позиції номенклатури прогнозних розрахунків, оцінки й прогнозування ймовірності настання дефіциту й величини страхового запасу.

Проведені дослідження показали, що можливий варіант рішення - це використання методів прогнозування (екстраполяції) і перехід до "динамічного" коефіцієнту варіації, що розраховується як відношення середнього квадратичного відхилення динамічного ряду до прогнозного значення динамічного ряду, розрахованому з урахуванням тренду й сезонній складовій.

Методична база визначення норм витрати й номенклатури ЗЧ багато в чому залежить від методів обробки вихідної інформації з надійності автомобілів і їхніх елементів на стадіях проектування, виробництва, випробувань і експлуатації, а також від методичного забезпечення стратегій

обслуговуванні й ремонтів автомобілів і їхніх агрегатів. У зв'язку із цим важливого значення набуває стан інформаційної бази, що містить необхідні вихідні дані для визначення й уточнення номенклатури та норм витрати ЗЧ в експлуатації й ремонті, розрахунку необхідних виробничих потужностей і встаткування для їхнього виготовлення, розмірів і кількості складів, виробничих потужностей для відновлення деталей, вузлів і агрегатів автомобіля й рішення інших завдань.

За результатами спостережень визначаються типові відмови елементів, установлюються можливі причини їхнього виникнення, виявляються деталі, що лімітують надійність, перебувають параметри й види законів розподілу ресурсів елементів автомобіля, фіксується фактична витрата ЗЧ та ін. Зазначена інформація використовується в автомобільній з і на автотранспорті для підвищення надійності автомобілів, удосконалювання системи технічної експлуатації, а також для планування й керування витратою ЗЧ.

## 2.2. Аналіз визначення оптимального запасу агрегатів та запасних частин

При розрахунку потреби в матеріалах і запасних частинах необхідних для проведення ТО і ремонті МТП, також користуються нормами їхньої витрати. Норми витрати встановлені в натуральному вираженні на 1000 км пробігу по видах технічного впливу (ЩТО, ТО-1, ТО-2, ПР). При цьому необхідну кількість запасних частин або матеріалів варто визначити розподілом запланованого пробігу автомобілів даної марки на 10 тис. км і множенням отриманого результату на відповідну норму витрати.

На великі й середніх МТС, що мають розвинену виробничо-технічну базу, потребу в запасних частинах (Пзч) може бути розрахована за допомогою номенклатурних норм, який враховує середню річну витрату конкретної деталі на 100 автомобілів у рік.

$$P_{зч} = \frac{H \cdot A}{100} k_n \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3. \quad (2.1)$$

де  $H$  - номенклатурна норма витрати деталі, од. на 100 автомобілів у рік

За результатами розрахунків складається номенклатурна заявка по всіх видах (найменуванням) запасних частин і матеріалів у натуральному вираженні.

Потреба в автомобільних агрегатах. Для заміни знятих з автомобілів і відправлених у ремонт агрегатів створюється незнижуваний їхній складський запас (незнижуваний оборотний фонд.). Річна потреба в агрегатах

$$P_{агр} = \frac{\sum_j L_j n_j^{агр}}{1000}. \quad (2.1)$$

Якщо цю потребу помножити на середню вартість одного оборотного агрегату кожної марки, то одержимо річну потребу в агрегатах у вартісному вираженні.

### 2.3. Аналіз визначення потоку відмов з урахуванням ремонтних впливів

Формування потоку відмов з урахуванням ремонтних впливів фактично означає перемішування як мінімум двох потоків (наприклад, деталей і агрегату), то назвемо такі процеси відновлення нестационарними, а відповідні їм потоки - *нестационарними потоками відмов* (НПВ).

Для аналізу НПВ доцільно розділити деталі автомобіля на три групи. *Перша група* включає деталі, які повністю замінюються при ремонтних впливах (прокладки, сальники й т.д.). *Друга група* - це невідновлювані, але що піддаються дефектації деталі, які у випадку придатності встановлюються на відремонтованих агрегатах (підшипники кочення, шестірні і т.д.). *Третя група* включає відновлювані деталі.

$$s^k = -\nabla f(x^k) + \sum_{i=0}^{k-1} \alpha^i \cdot s^i$$

Розглянемо формування НПВ для першої групи деталей за допомогою графіка (рис. 3.1). Якщо ремонтних впливів не виробляється, то з урахуванням випадкових наробітків між відмовами формується реалізація основного потоку відмов (потік 1).

$$x^k = -\left[\nabla^2 f(x^k)\right]^{-1} \cdot \nabla f(x^k).$$

Таким чином, у наведеній схемі (рис. 2.3) реалізації основного потоку є 7 замін, у реалізації нестационарного потоку відмов - 9 замін, при цьому 3 з них виробляються при капітальних ремонтах.

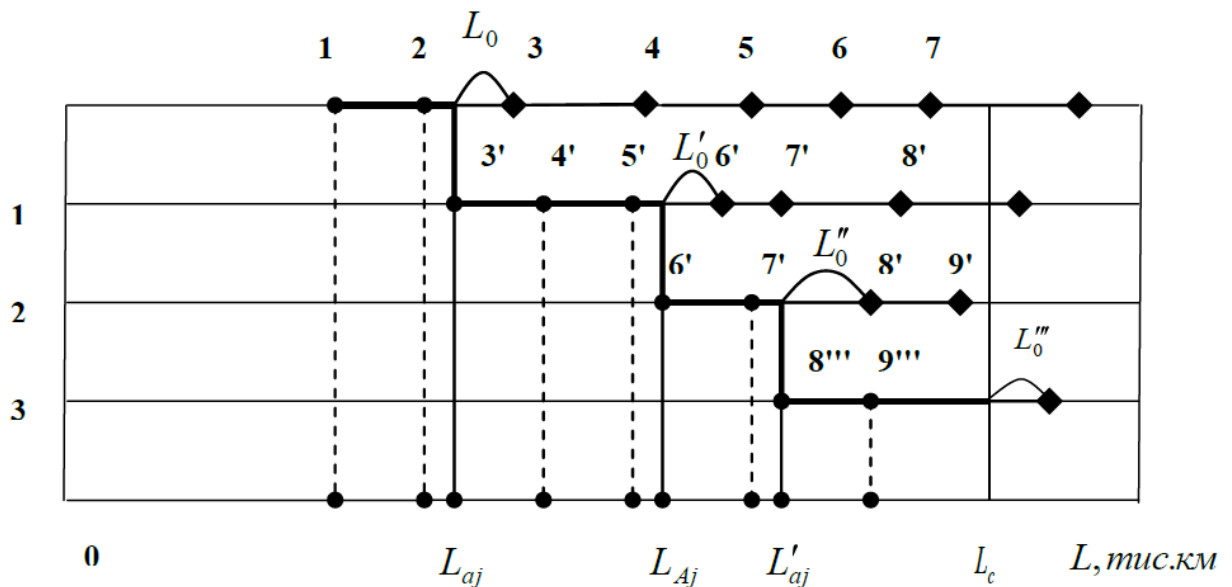


Рис. 2.3. Формування нестационарних потоків відмов з урахуванням ремонтних впливів для деталей першої групи

При формуванні НПВ деталей другої групи (рис. 2.4) при усіканні основного потоку відмов капітальним ремонтом агрегату спостерігаються дві події: подія - деталь із залишковим ресурсом буде встановлена без відновлення на відремонтованому агрегаті; подія - деталь вибраковується та замінюється на іншу, що поставляється як ЗЧ. Кожне із зазначених подій реалізується з імовірністю  $\gamma$ , причому  $\gamma = 1 - \beta$ . Очевидно, імовірність події відповідає коефіцієнту змінності деталі при капітальному ремонті. Отже, при наробітку  $L$ ; відбувається

поділ основного потоку: з імовірністю його характеристики не порушуються, тому що буде реалізований залишковий ресурс деталі; з імовірністю відбудеться відсічення потоку. В останньому випадку формування потоку відповідає НПВ деталей першої групи. А 0 L B ) (AP) (BP1) () (BRAP) (BRc k aj L ) (AP) (BRPис.

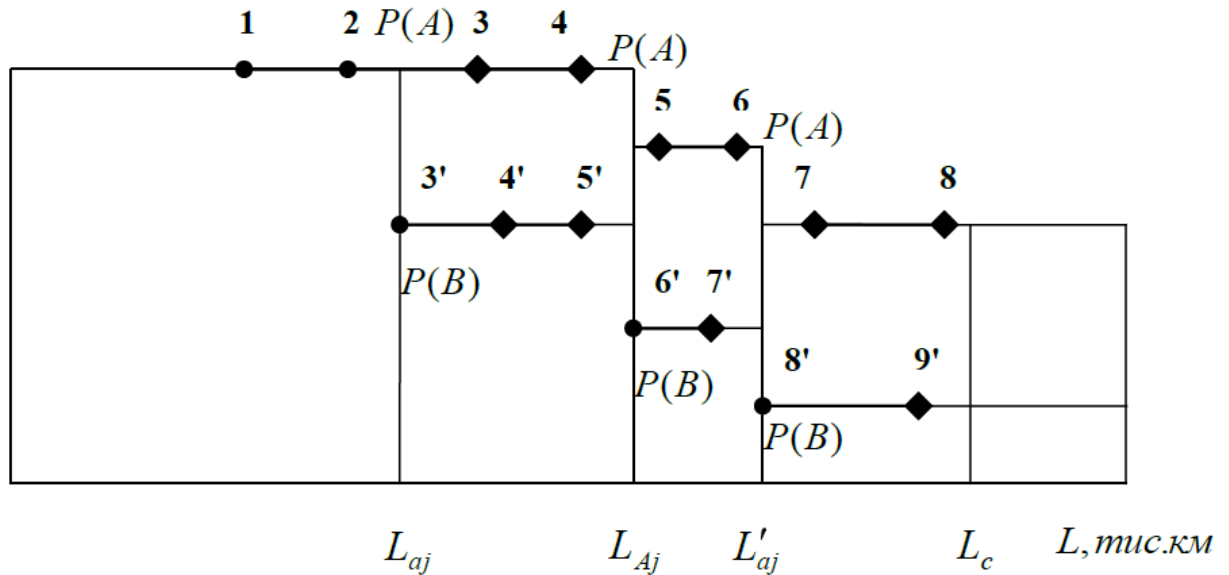


Рис. 2.4. Формування нестационарних потоків відмов з урахуванням ремонтних впливів для деталей другої групи

$$x^{k+1} = x^k + \lambda^k \cdot s^k$$

$$s^k = \frac{-\nabla f(x^k)}{|\nabla f(x^k)|}$$

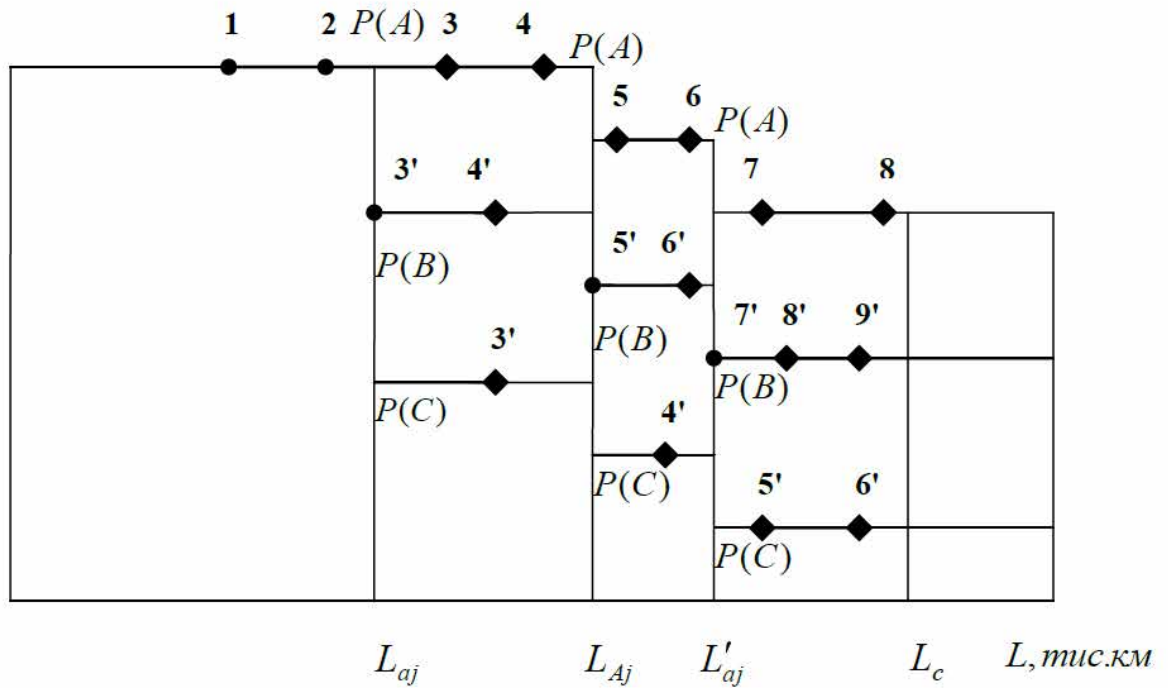


Рис. 2.5. Формування нестаціонарних потоків відмов з урахуванням ремонтних впливів для деталей третьої групи

Відповідно до класифікації (див. рис. 2.6) для розрахунку нестаціонарних потоків відмов можуть із використанням аналітичних та чисельних методів [8].

Розглянемо *аналітичну методу* розрахунку. Для одержання формули, що дозволяє врахувати відсічення потоку відмов капітальним ремонтом.

$$x_c = \frac{1}{N} \sum_{i \neq j, i=0}^N x_i$$

$$x_b^{k+1} = x^k + \lambda \cdot (x^k - x^{k-1}),$$

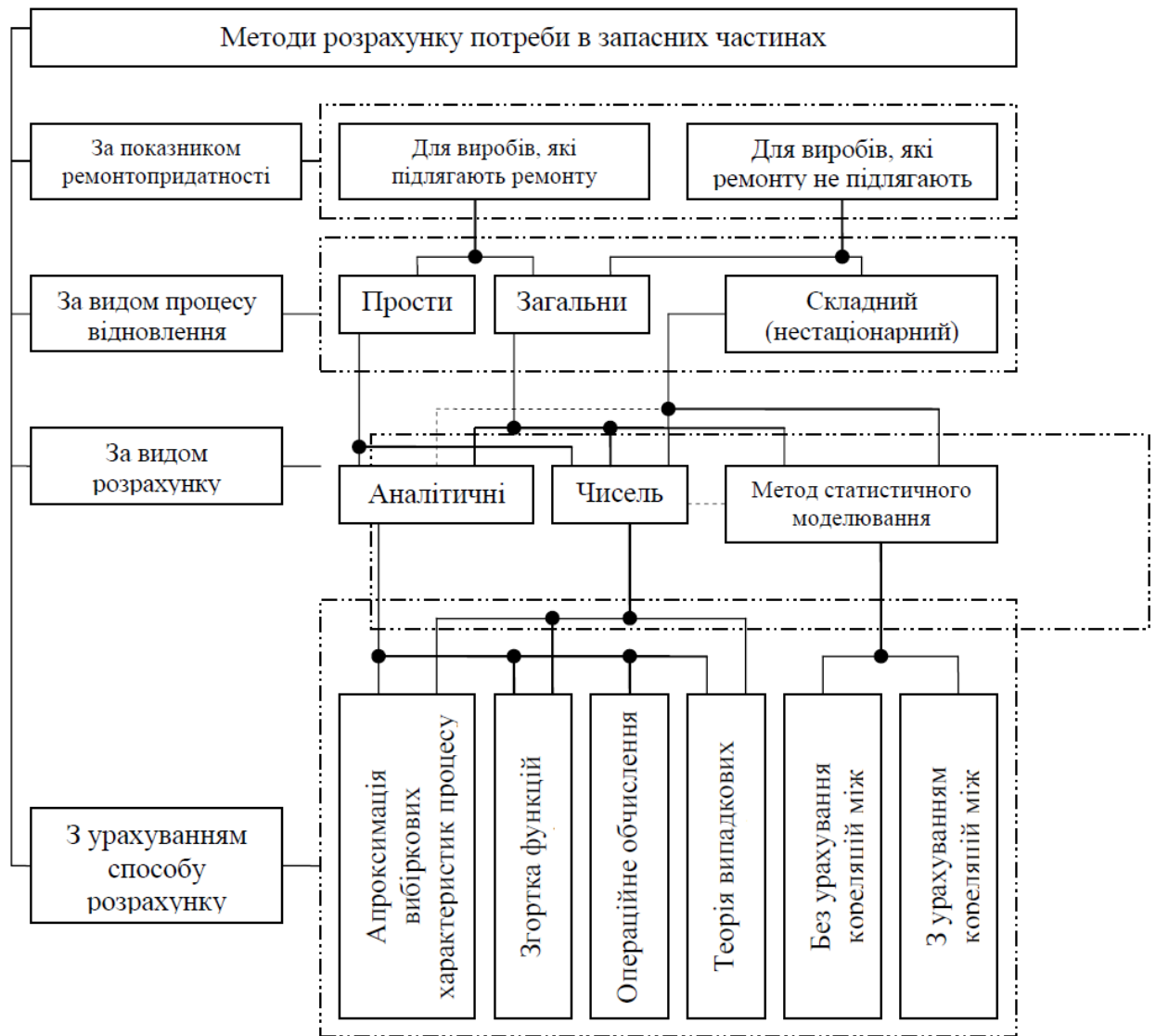


Рис. 2.6. Класифікація методів розрахунку запасних частин

Незважаючи на те, що аналітична методика з дозволяє врахувати вплив основних факторів на формування нестационарного потоку відмов деталей, її використання стає скрутним через ускладнення розрахункових формул при наявності взаємозв'язку між наробітками деталей до відмов (а також між наробітками деталей і агрегатів) і обліку одночасного відсічення потоку при поточних (за рахунок стратегії замін) і капітальних ремонтах агрегатів і автомобіля.

$$a_j = \begin{cases} d_j, IF \lambda_i = 0 \\ \sum_{i=j}^n d_i \cdot \lambda_i, IF \lambda_i \neq 0 \end{cases} \quad q_i = \frac{b_j}{|b_j|}$$

$$b_j = \begin{cases} a_j, IF j = 0 \\ a_j - \sum_{i=1}^{j-1} (a_i \cdot q_i) \cdot q_i, IF j \geq 2 \end{cases}$$

#### 2.4. Аналіз концепції теорії гри та статистичних рішень в умовах невизначеності

Вітчизняним підприємствам у своїй повсякденній діяльності доволі часто доводиться приймати рішення, які реалізуються в умовах повної невизначеності. При цьому менеджери здебільшого діють на вгадку, спираючись на власний досвід та інтуїцію. Раціональні управлінські рішення мають спиратись на певні правила прийняття рішень в умовах невизначеності, конфліктності та зумовленого ними ризику, які базуються на різних концепціях. Найвідомішою, достатньо дослідженою й широко використовуваною в теорії та на практиці є концепція теорії гри та статистичних рішень [12]. Наявні математичні моделі побудовані на тому, що беруться до уваги стратегії двох гравців, одним з яких є ринок, а іншим - підприємство. Якщо побудова стратегій підприємства - хоч і складна, але достатньо досліджена і вирішувана задача, то побудова стратегій розвитку ринку є недослідженою проблемою [13, 14]. Наукова новизна даної статті полягає у тому, що запропоновано в наявні математичні моделі включити прогноз розвитку стану ринку, який і буде визначати його стратегії.

Для дослідження статистичних моделей в умовах невизначеності, конфліктності та породженого ними ризику використовують схему гри з економічним середовищем, складовими якої є:

- 1) перший гравець - суб'єкт керування (СК), вибір стратегії поведінки
- 2) другий гравець - економічне середовище, яке може знаходитися

## Висновки за другим розділом

1. Основою розробки моделі забезпечення необхідної номенклатури запасних частин є метод ABC, згідно з яким вся номенклатура деталей автомобілів поділяється за різним попитом: перша група А - деталі високого попиту; друга група В - деталі середнього попиту та третя група С - деталі рідкого попиту.

2. У всіх моделях автомобілів є досить обмежена номенклатура деталей, вузлів, складальних одиниць, потреба в які при усуненні відмов виникає найбільше часто, це так звані деталі, що лімітують надійність (ДЛН).

3. Потреба підприємства в запасних частинах залежить від великої кількості факторів, які можна по характерних ознаках представити наступними групами: конструктивні, експлуатаційні, технологічні та організаційні.

4. Формування потоку відмов з урахуванням ремонтних впливів фактично означає перемішування як мінімум двох потоків (наприклад, деталей і агрегату), такі процеси відновлення називаються нестационарними, а відповідні їм потоки - нестационарними потоками відмов (НПВ).

Для аналізу НПВ доцільно розділити деталі автомобіля на три групи. Перша група включає деталі, які повністю замінюються при ремонтних впливах (прокладки, сальники та інші). Друга група - це невідновлювані, але що піддаються дефектації деталі, які у випадку придатності встановлюються на відремонтованих агрегатах (підшипники кочення, шестірні та інші). Третя група включає відновлювані деталі.

З застосуванням методів логістики визначають оптимальний запас агрегатів, що дозволяє отримати найвигідніші стратегії в різних випадках: в умовах недоліку інформації; в умовах ризику; в умовах часткової визначеності.

### **3 МОДЕЛЮВАННЯ НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ ТА НОМЕНКЛАТУРИ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН**

#### **3.1. Обґрунтування вимог до моделі**

Ефективність функціонування підприємств автомобільного транспорту залежить від обґрунтованих нормування і планування, а також раціонального використання матеріальних ресурсів.

Важливою складовою нормування ресурсів є нормування запасу та витрат запасних частин. Тому модель повинна бути адекватною і відповідати наступним вимогам:

1. Модель повинна підходити для кожного підприємства не залежно від чисельності рухомого складу: розвиток ринкових відносин привів до утворення великої кількості малих підприємств.

2. Дані, що необхідні для моделювання витрат запасних частин, повинні бути на кожному підприємстві, тобто вони повинні відповідати критерію легко доступності.

3. Модель повинна враховувати конкретні умови експлуатації транспортних засобів та економічні умови роботи підприємства: матеріальні витрати на підтримку автомобілів у працездатному стані, ринкову вартість запасних частин та утрати прибутку підприємства, зв'язані з простоем автомобіля в ремонті.

#### **3.2. Формування моделі керування запасними частинами**

Особливо гостро проблема постачання запасними частинами лежить перед державними СП, які страждають від хронічної недостачі коштів через недостатнє бюджетне фінансування. Ситуація для них ускладнюється зношеністю рухомого складу, його різномарочністю; відсутністю якісної нормативної й методичної інформації, необхідної для визначення потреби в запасних частинах і бюджетування витрат у системі постачання.

Таким чином, при рішенні проблеми забезпечення СП запасними частинами виникають наступні завдання:

- визначення потреби підприємства в запасних частинах;
- визначення оптимального розміру та періодичності замовлень запасних частин;
- вибір постачальників;
- оптимізація запасів запасних частин на складах підприємств;
- формування збалансованих бюджетів закупівлі в умовах обмеженого фінансування.

Перші спроби вирішити проблему постачання СП запасними частинами були зроблені ще в 80-х роках ХХ століття [10]. Однак в умовах планової економіки основною проблемою, що хвилювала вчених і працівників СП була проблема визначення потреби в запасних частинах з виходом на чіткі нормативи.

Для визначення потреби в запасних частинах була налагоджена система збору й обліку інформації про вихід з ладу запасних частин в СП, що привело до можливості розробки досить точних розрахункових моделей, заснованих на теорії експлуатаційної надійності та теорії відновлення. В основі цих моделей лежить припущення про те, що потреба СП у запасних частинах визначається надійністю деталей (вузлів, агрегатів), що залежить від інтенсивності експлуатації та вікової структури парків і визначається такими показниками як наробіток до першої відмови наробіток до наступних відмов і наробіток до капітального ремонту.

У загальному випадку прогноз потреби в запасних частинах пропонувалося здійснювати по формулі [9]:

$$f_i(x_1, x_2 \dots x_n) \leq b_i$$

$$f_i(x_1, x_2 \dots x_n) \rightarrow (min)$$

І тепер дана методика зізнається багатьма фахівцями найбільш справною. Однак вона не дозволяє вирішувати всього комплексу проблем, пов'язаних з поставками запасних частин. Крім того,

розрахунок потреби в запасних частинах за даною методикою має на увазі створення та використання в МТП єдиної інформаційної системи, що містить всю повноту відомостей про експлуатаційну надійність деталей, вузлів і агрегатів автомобіля, що в цей час являє собою серйозну проблему у зв'язку з відсутністю на автотранспортних підприємствах відповідної системи збору та обробки інформації.

Сучасні умови поставили нові проблеми та завдання в області постачання запасними частинами. Недостача експлуатаційної інформації привела до практичної неможливості використовувати моделі визначення потреби в запасних частинах, засновані на теорії відновлення та теорії експлуатаційної надійності. Недостача коштів зробила актуальними рішення таких проблем як оптимізація запасів запасних частин на складах підприємств, формування збалансованих бюджетів закупівлі в умовах обмеженого фінансування.

Комплексному рішення проблем поставок запасних частин для автотранспортних підприємств повинне сприяти активне застосування моделей, методів і принципів логістики, сама ідеологія якої має на увазі цілісний розгляд процесів постачання, складування й експлуатації.

Таким чином, для рішення проблем постачання СП запасними частинами для ТО та ремонту рухомого складу розроблена система керування поставками запасних частин. Алгоритм формування системи керування поставками запасних частин наведений на рис. 3.1 [16].

В основі пропонованої системи керування поставками запасних частин лежить інформаційно-аналітична система (або база даних), що містить всю повноту відомостей про експлуатаційну надійність деталей, вузлів і агрегатів, а також дані складського обліку (обсяги поставок, періоди часу між поставками, обсяги вимог, періоди часу між вимогами та ін.) і бухгалтерську інформацію (відомості про постачальників, номенклатура постачаємої продукції, ціни на запчастини та витрати на їх встановлення).

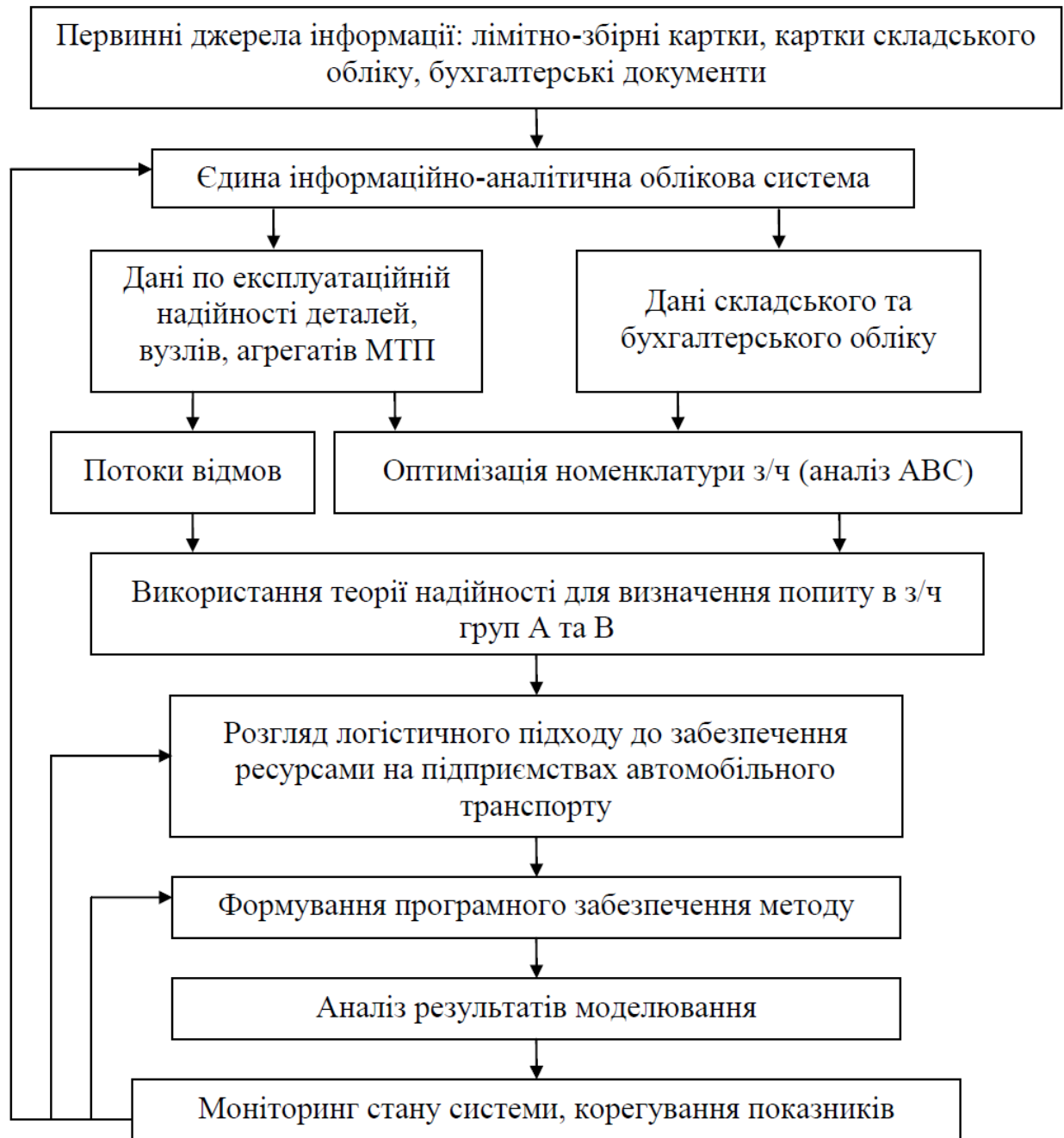


Рис. 3.1. Схема моделі керування запасними частинами

Аналіз динаміки та обсягів появи екстремальних продажів (витрати запасу) указує ті періоди часу, у які найбільш імовірна поява дефіциту. Очевидно, що в дані періоди варто збільшувати обсяг страхового запасу. Так само, варто врахувати і додаткові джерела інформації, такі як дані маркетингових досліджень та ін. У цьому і є суть комбінованих методів.

### 3.3. Розробка програмного забезпечення

На ПК виконуємо моделювання витрат запасних частин та обробку результатів експерименту. Для цього використовується пакет програм MathCAD, що дозволяє в процесі її набору та налагодження виконувати розрахунки значень показників  $i$ , при необхідності, визначити між окремими показниками залежності та представити їх у вигляді графіків.

При розробці моделі на основі метода АВС деякі величини мають випадковий характер. Тому числові характеристики цих випадкових величин будемо моделювати за методом статистичних випробувань (метод Монте - Карло).

Другий засіб був заснований на використанні додаткового обладнання на ПК – генератора випадкових величин, що дозволяє на кожному такті роботи ПК у фіксованій стандартній комірці пам'яті отримати нове випадкове число. Хоч цей засіб характеризується швидкою дією отримання випадкових величин, але потребує деякої переробки ПК для забезпечення зв'язку з генератором випадкових величин.

Моделювання по визначенню номенклатурних груп АВС проводиться згідно алгоритму (рис. 3.2).

У даній роботі застосовуємо метод Неймана – це один з найбільш універсальних засобів отримання псевдовипадкових величин з заданим законом розподілу. Суть його укладається в тому, щоб отримати випадкові величини не виходячи за межі деякого обмеженого інтервалу  $(a, b)$ .

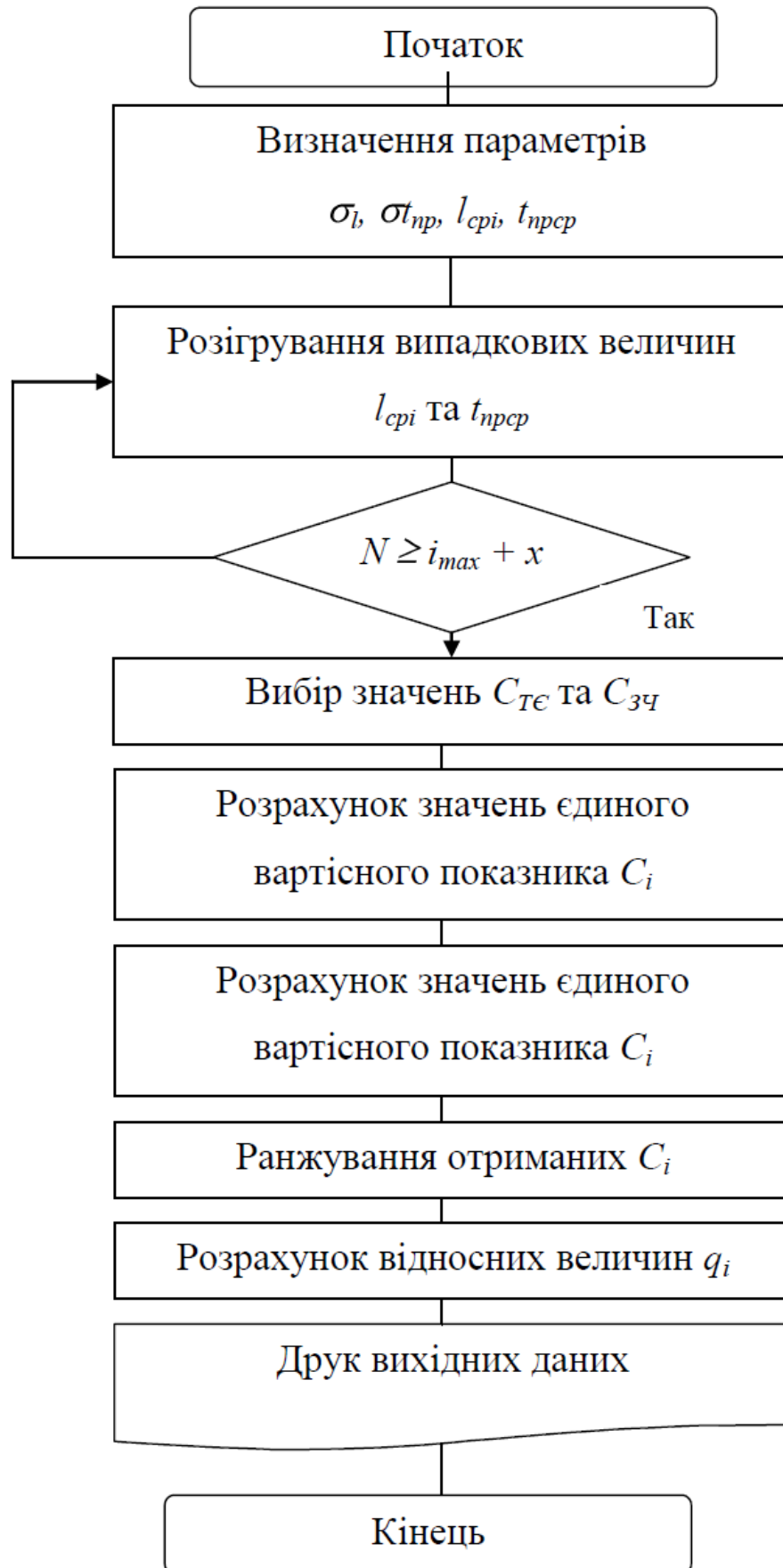


Рис. 3.2 - Блок-схема оптимізації запасу запасних частин

У даній роботі застосовуємо метод Неймана – це один з найбільш універсальних засобів отримання псевдовипадкових величин з заданим законом розподілу. Суть його укладається в тому, щоб отримати випадкові величини не виходячи за межі деякого обмеженого інтервалу (а, в).

В програмі MathCAD моделюємо за функцією:

$$x^{k+1} = x^k + \Delta x^k \quad (3.2)$$

де  $N$  – кількість раз програвання;

математичне очікування випадкових величин;

$\mu$  -

$s$  – середнє квадратичне відхилення.

### 3.4. Послідовність розрахунку норми витрат запасних частин

3.4.1. Алгоритм визначення норми витрати запасних частин з урахуванням середнього ресурсу деталей

Знаходження провідної функції потоку відмов деталей і річного пробігу автомобіля на єдиній інформаційній базі можливо, якщо останній показник обчислювати на основі моделювання ймовірності безвідмовної роботи (коефіцієнта випуску) рухомого складу з урахуванням надійності агрегатів, вузлів, деталей автомобіля. Дана методика прогнозування приводиться в роботі [17].

Використання методики прогнозування для малих підприємств, що мають невеликі партії одномарочних автомобілів, важке через малі обсяги інформації. Прогнозування необхідної кількості запасних частин на рівні малих підприємств може бути виконане також з використанням методу статистичного моделювання (методу Монте-Карло).

Потік відмов деталей істотно змінюється залежно від пробігу з початку експлуатації, особливо на пробігу, що відповідає першим трьом замінам. Необхідно робити моделювання пробігів автомобілів на початок розрахункового періоду з урахуванням числа років експлуатації.

Дані обстежень АТП показують, що тут може спостерігатися досить

велику розмаїтість у розподілах початкових пробігів, але при цьому можна виділити два особливих випадки: перший, коли спостерігається однакове число автомобілів всіх віків (рівномірний розподіл); і другий, коли вся група автомобілів одного року випуску. Відповідно аналогічна картина складається та по пробігах: або рівномірний розподіл, або пробіги зосереджені в досить

$$f_{sq}(x^{k+1}) = f(x^k) + (\nabla f(x^k))^T x^k + \frac{1}{2!} (x^k)^T \nabla^2 f(x^k) x^k.$$

За результатами розрахунків визначають термін служби досліджуваної деталі для загальної ймовірності відмови  $F(t, 0,5)$ .

Розрахунок необхідної кількості запасних частин виконується на основі змодельованих потоків відмов для  $N$  автомобілів, при цьому для кожного  $i$ -го автомобіля відомий початковий пробіг на початок планованого року (кварталу)

$$h^k + a^k + b^k.$$

$$a^k = \frac{\Delta x^k \cdot (\Delta x^k)^T}{(\Delta^k)^T \cdot \Delta g^k}, \quad \Delta x^k = x^k + x^{k+1},$$

$$b^k = -\frac{h^k \cdot (\Delta^k)^T \cdot \Delta g^k \cdot h^k}{\Delta x^k \cdot h^k \cdot (\Delta x^k)^T}, \quad \Delta g^k = \nabla f(x^{k+1}) - \nabla f(x^k)$$

де  $x$  - середнє значення терміну служби деталі, тис. км.

Підсумовування числа відмов (замін) деталей  $i$ , по всіх  $V$  машинах дозволяє визначити необхідну кількість запасних частин.

Середня норма витрати запасних частин на 100 машин і ресурсу деталей, що встановлюють у процесі ремонту, приймається рівною

Для малих вибірок (малих підприємств) важливо проводити оцінку стабільності результатів моделювання з використанням статистичних методів.

3.2.1. Методика розрахунку запасних частин для випадку раптових відмов деталей

У роботі автомобілів мають місце постійні й раптові відмови. Визначати потреба в запасних частинах необхідно з обліком обох видів відмов. Розглянемо випадок раптових відмов для деталей не підлягаючих ремонту для випадку, коли деталь, що раптово відмовила замінюється новою [22]. Процес відновлення працездатності автомобіля в цьому випадку полягає в послідовній заміні деталей, що відмовили, даного найменування [23]. При цьому на пробігу автомобіля  $L$  може мати місце один з наступних станів:

$$\Phi_B = Z_B/V_B \rightarrow \min$$

$$C_{\text{кон}} = f(E_{\text{кон}}, Z_{\text{кон}}, U_{\text{кон}}, V_{\text{кон}})$$

$C_0$  - не замінена жодна деталь даного найменування (випадок, коли ресурс деталі більше або дорівнює пробігу автомобіля);

$C_1$  - замінена одна деталь;

$C_m$  - замінено  $m$  деталей даного найменування.

Знайдемо ймовірності кожного із цих станів. Для спрощення висновків приймаємо допущення, що потік відновлення є ординарним, без післядії, з інтенсивністю  $\lambda$  урахуванням прийнятого допущення розглянемо події, що приводять процес відновлення до одного зі станів  $C_m$ .

Очевидно події, що полягають у тім, що на пробігу  $L$  не замінена одна деталь даного найменування, можуть відбутися двома спільними способами: на пробігу  $L$  не була замінена жодна деталь і не було замін на пробігу  $L$ . З того, що ці події є спільними, то по теоремі множення

Отримане рівняння показує залежність імовірності замін від кількості замін даної деталі на пробігу  $L$ .

### 3.5. Визначення оптимальної потреби запасних частин на машинно-технологічній методами логістики

Однією із стратегій забезпечення працездатності є її відновлення шляхом проведення ремонту, який в більшості випадків полягає в знятті агрегату або вузла з машини і заміні зношених деталей у ремонтних дільницях.

На величину запасу агрегатів впливає значна кількість факторів. Такий вид задач є прийняттям рішень в умовах невизначеності [22].

### 3.5.1 Прийняття рішень в умовах недоліку інформації

В реальній виробничій ситуації на автосервісному підприємстві відсутня повна інформація про зовнішні фактори, тобто про умови, у яких буде функціонувати виробництво (зона, цех, дільниця, бригада, виконавець).

При рішенні виробничих задач розглядають взаємодію двох неантагоністичних сторін:

«А» - організатори виробництва (активна сторона), тобто робітники виробничих систем. Активна сторона має обрати таку стратегію, щоб прийняти рішення для отримання максимального ефекту. Організатори виробництва

Величина оптимального запасу агрегатів визначається з застосуванням методів статистичних рішень на підставі даних про роботу реального виробництва з використанням поняття ведучої функції.

В умовах недоліку інформації визначаються величини елементів платіжної матриці.

$$[(P_{3m_1a} \approx P_{3m_2a}) + (P_{3m_1b} \approx P_{3m_2b})] \approx P_{3m} \approx (P_{3m_4a} \approx P_{3m_4b})$$

збиток от утримання одного незатребуваного агрегату;

$b_2$  - прибуток від задоволення потреби в одному агрегаті;

$b_3$  - збиток від відсутності одного агрегату.

Для прийняття рішень в умовах недоліку інформації існують критерії, які не враховують поведінку зовнішніх факторів («природи»):

- критерій Вальда;
- критерій Лапласа (недостатньої підстави);
- критерій Гурвиця;
- критерій Севіджа.

### 3.5.2 Прийняття рішень в умовах ризику

Одним з критеріїв прийняття рішень виробничими структурами є ризик, який полягає у визначенні величин елементів матриці ризику.

### 3.5.1 Прийняття рішень в умовах часткової визначеності

Частковою визначеністю називається випадок, в якому звісні імовірності появи стратегій зовнішнього середовища («природи»). При цьому визначають елементи матриці виграшів.

$$P_{zm_1} \approx P_{zm_2} \approx [(P_{zm_3} \approx P_{zm_4} \approx P_{zm_5}) + (P_{zm_6} \approx P_{zm_7})]$$

### Висновки за третім розділом

1. При розробці загальної методики розрахунку потоків відмов з урахуванням ремонтних впливів повинні бути враховані три моменти: по-перше, відсічення потоку відмов капітальними ремонтами, списанням або стратегією замін; по-друге, формування потоку після ремонтних впливів; по-третє, визначення показників залишкового ресурсу деталей.
2. Модель оптимізації запасу і номенклатури запасних частин повинна враховувати конкретні умови експлуатації транспортних засобів та економічні умови: матеріальні витрати на підтримку автомобілів у працездатному стані, ринкову вартість запасних частин та втрати прибутку підприємств, що пов'язані з простоєм автомобілів в ремонтах.
3. Відмінною рисою методу оптимізації запасу запасних частин є поєднання методу оцінки надійності автомобіля і методу прогнозування потреби в запасних частинах шляхом створення єдиної інформаційної бази.
4. У роботі автомобілів мають місце постійні й раптові відмови. Визначати потреба в запасних частинах необхідно з обліком обох видів відмов.

## 4. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПОСТАЧАННЯ СЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ ЗАПАСНИМИ ЧАСТИНАМИ

### 4.1. Розрахунок необхідної номенклатури запасних частин

Під час визначення номенклатури і об'ємів запасних частин для зберігання на складах використовують метод АВС. Згідно даному методу вся номенклатура деталей конкретного автомобіля (з точки зору попиту) поділяється на групи А, В, С:

I група А – деталі високого попиту,

II група В – деталі середнього попиту, III група С – деталі виняткового попиту.

Результати досліджень експлуатаційної надійності автомобілів показують, що існує обмежена кількість деталей, які частіше за інші виходять зі строю і тим самим визначають трудові і матеріальні витрати на підтримку автомобілів у працездатному стані

Між номенклатурами ДЛН, визначеними різними методами за даними експлуатації, і методом АВС, який використовується для керування постачанням і складськими запасами, спостерігається зв'язок. Єдиний вартісний критерій надає можливість визначити номенклатуру деталей групи А і надає їхню верхню вартісну оцінку; комплексний критерій обмежує загальну номенклатуру деталей груп А і В і також надає їхню вартісну оцінку. Всі інші деталі повинні увійти до групи С.

На першому етапі розрахунків вводиться єдиний вартісний показник, що відбиває всі види витрат, пов'язаних з і -ю запасною частиною.

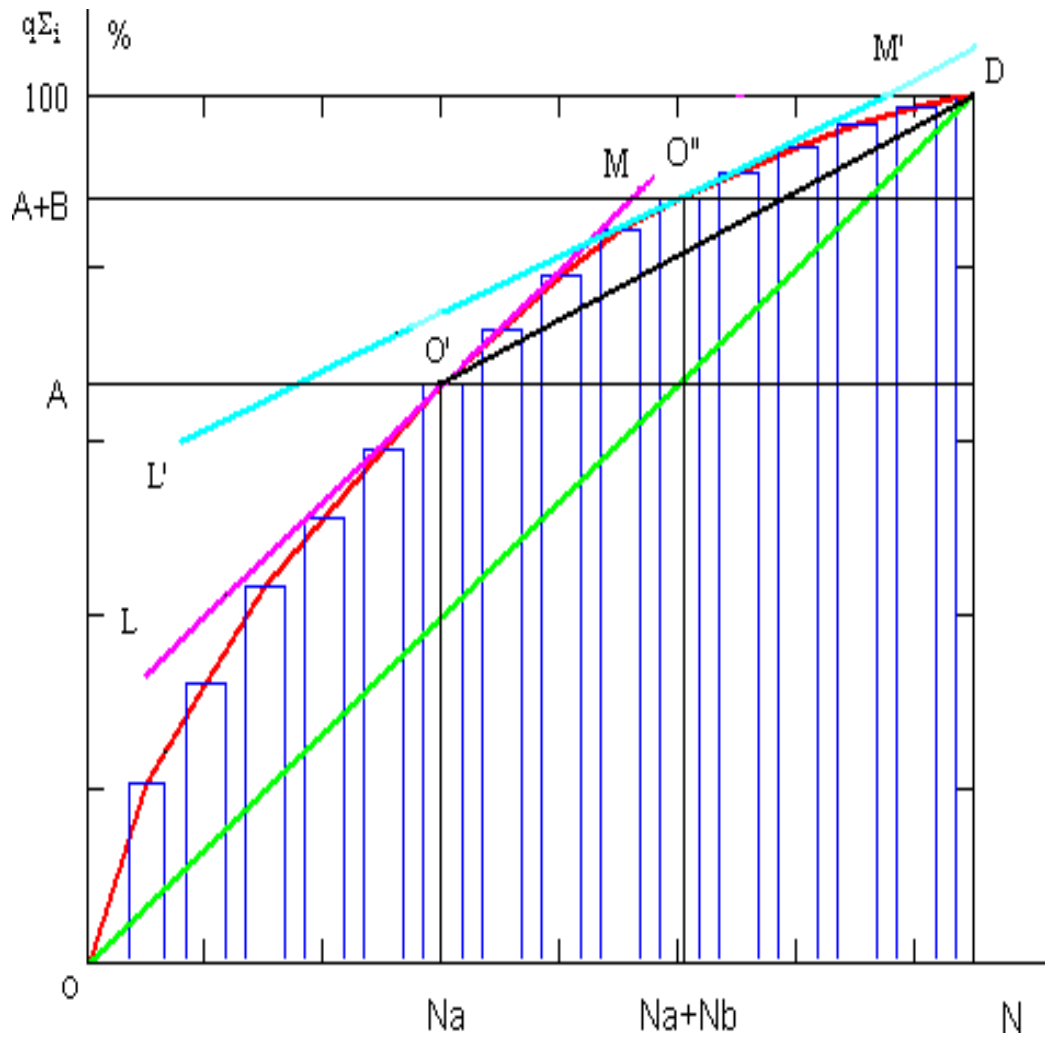
Даний показник розраховується для кожної деталі з використанням формули:

$$Z_{\Gamma} = Z_0 + Z_c$$

$$Z(z_1, z_2, \dots, z_n) \rightarrow \min(\max) \quad (5)$$

$$Q(q_1, q_2, \dots, q_m) \geq 0 \quad (6)$$

$$G(g_1, g_2, \dots, g_m) = 0 \quad (7)$$



Номенклатурні групи деталей

Рис. 4.1. Визначення номенклатури запасних частин груп А, В, С за аналітичною методикою

Аналіз форм одержаних кривих дозволяє зробити висновки:

1 - якщо крива  $OO'O''D$  не випукла, то неможливо відокремити жодну з груп деталей;

2 - якщо крива  $O'O''D$  випукла то неможливо відокремити групи В і С.

Вказана методика реалізована за допомогою обчислювальної техніки з використанням програмного продукту Mathcad Professional [23]. Ранжирування запасних частин виконувалось за стандартною програмою. Розроблена програма для побудови кумулятивної залежності. Визначення меж номенклатурних груп деталей (група А, група В та група С) виконується з

використанням відношень (4.10) та (4.11).

Для подальших розрахунків, з міркувань економічної доцільності утримання оптимальної кількості запасних частин, обираються лише деталі, що увійшли до групи А та В.

Розрахунок норми витрати запасних частин з урахуванням середнього ресурсу деталей та заданої ймовірності

Розглянемо автотранспортне підприємство, що має 300 "різновікових" тракторів John Deere. За результатами спостереження протягом року була отримана інформація про заміни відомих дисків зчеплення. Отримані дані занесені в таблицю 4.3.

Обробка результатів спостережень виробляється по методу обробки випробувань, відсічених ліворуч. Ймовірність відмов розраховується за формулою:

$$\int \frac{dy}{ky(y_{zp.} - y)} = \frac{1}{k} \int \frac{dy}{y(y_{zp.} - y)}$$

$$\frac{1}{y(y_{zp.} - y)} = \frac{A}{y} + \frac{B}{y(y_{zp.} - y)} = \frac{A(y_{zp.} - y) + By}{y(y_{zp.} - y)}$$

Таблиця 4.1

Результати обчислень

Середній вік автомобіля, роки	Річні пробіги автомобіля, тис. км	Кількість автомобілів в у групі, $V_i$	Кількість замін деталей, $m_i$	Ймовірність з дослідження, $P_i^0$	Ймовірність відмови, $P_i$	Загальна ймовірність відмови, $F_i$
1	2	3	4	5	6	7
1	0-60	30	1	0,033	0,033	0,033
2	60-120	27	1	0,037	0,036	0,069
3	120-180	25	3	0,120	0,118	0,187
4	180-240	40	5	0,125	0,116	0,303
5	240-300	40	7	0,175	0,158	0,461
6	360-420	45	8	0,178	0,144	0,605
7	420-480	35	7	0,200	0,149	0,754
8	480-540	30	7	0,200	0,123	0,877

9	540-600	28	5	0,179	0,077	0,954
Разом		300	43			

Розрахунок необхідної кількості запасних частин виконується на основі змодельованих потоків відмов для  $N$  автомобілів, при цьому для кожного  $i$ -го автомобіля відомий початковий пробіг на початок планованого року (кварталу).

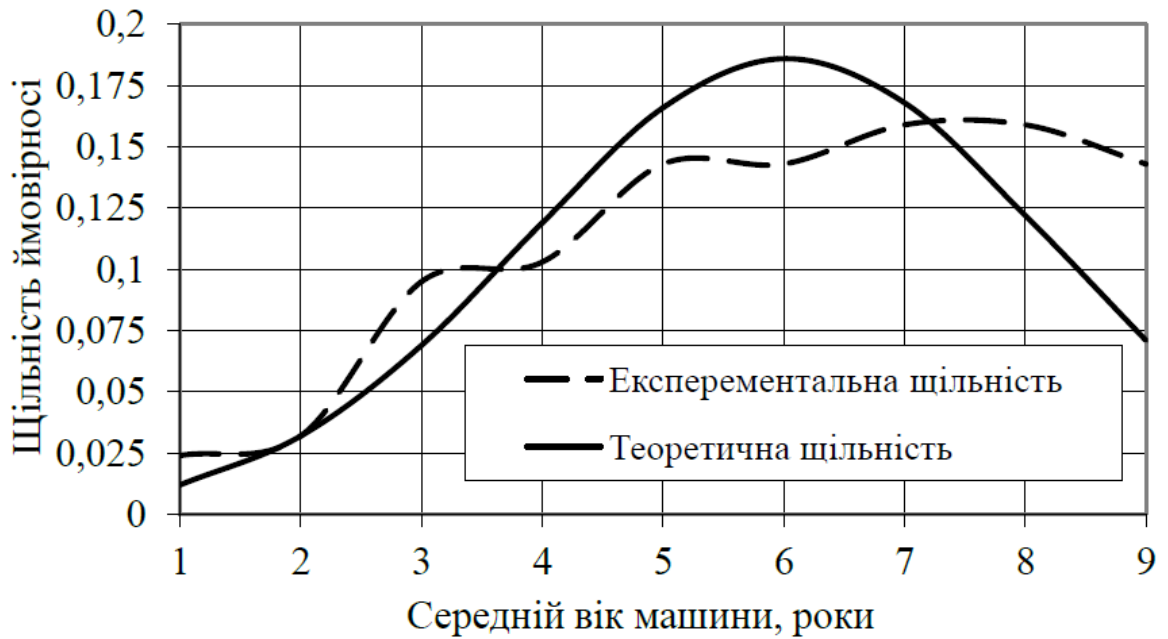


Рис. 4.2. Залежність щільностей ймовірності машини від напрацювання за віковими групами

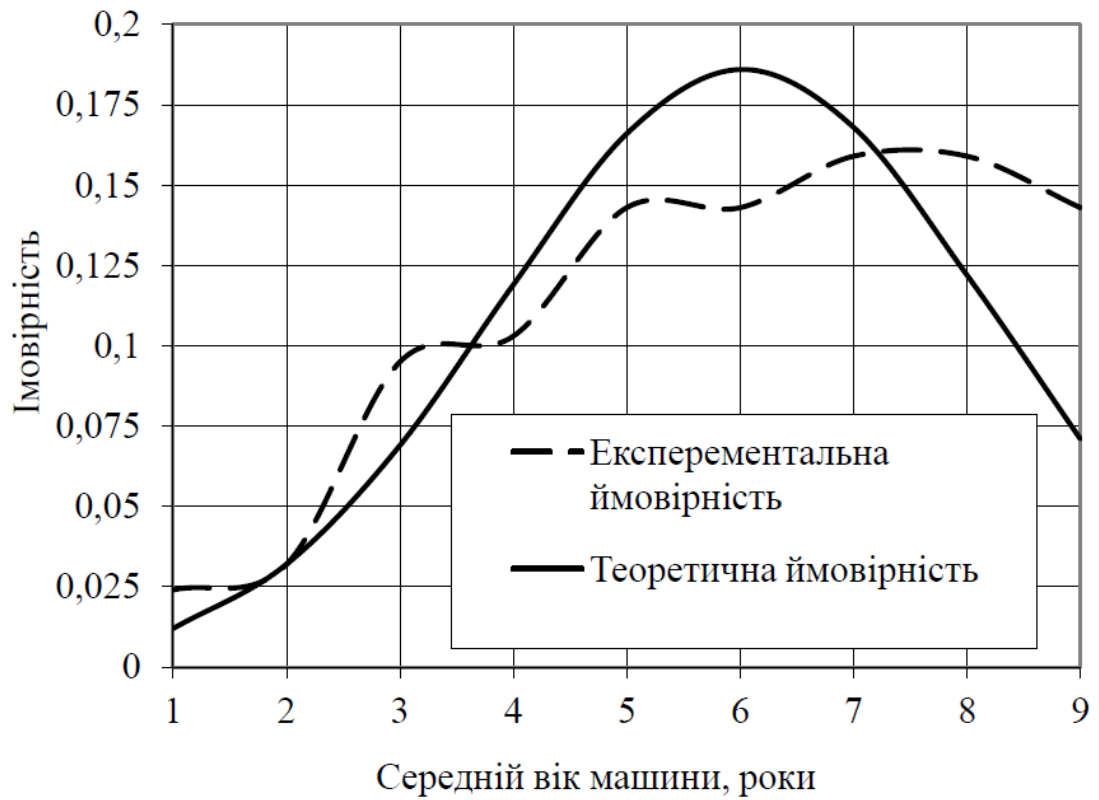


Рис. 4.3. Залежність ймовірностей відмови машини від напрацювання за віковими групами

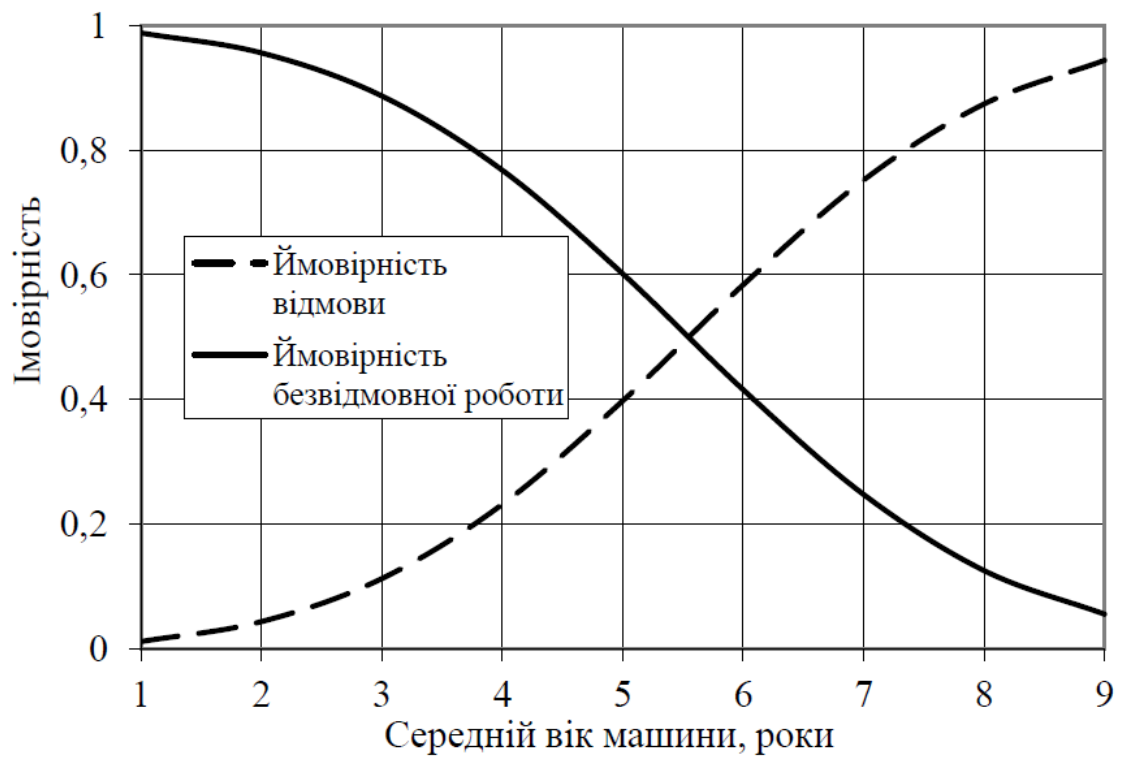


Рис. 4.4. Залежність імовірностей за віковими групами

Підсумовування числа відмов (замін) деталей  $i$ , по всіх  $N$  автомобілях дозволяє визначити необхідну кількість запасних частин.

Середня норма витрати запасних частин на 100 автомобілів і ресурсу деталей, що встановлюють у процесі ремонту, приймається рівною

$$\frac{y}{(y_{zp.} - y)} = C \exp(ky_{zp.}y)$$

$$y = \frac{y_{zp.} C \exp(ky_{zp.}g)}{C + \exp(ky_{zp.}g)}$$

Оперуючи середньою річною нормою витрати запасних частин на 100 машин  $H$ , розраховується середня витрата  $N$  на  $A$  машин протягом одного місяця

$$1 - C \exp(-ky_{гр.}g_n) = 0 \text{ or } \exp(ky_{zp.}g_n) = C$$

Таблиця 4.2

Імовірності виникнення потреби у заданій кількості запасних частин

Кількість запасних частин, $m$	0	1	2	3	4	5	6	7
Імовірність, $q_i$	0,090	0,211	0,261	0,211	0,131	0,060	0,025	0,010

Визначення необхідної кількості запасних з безпосередньо по формулі (4.8) пов'язане з більшим обсягом обчислень і тому для практичного використання незручно. Простіше вирішувати рівняння (3.15) графічним методом або за допомогою Microsoft Office Excel ПК. Для цього представимо величину  $m$  (кількість запасних частин) як функцію, що залежить від кількості автомобілів  $A$ , середньомісячної витрати запасних частин  $N$  та довірчої ймовірності.

$$Y = 700,64 - 32,45X_1 + 1,65X_{12} + 8,99X_2 + 0,22X_{22} - 12,85X_3 - 16X_4$$

### 4.3. Оптимізація потреби запасних частин методами логістики

Величина оптимальної потреби ЗЧ визначається с застосуванням методів статистичних рішень.

За залежностями, що наведені в Розділі 3 визначаємо оптимальний запас агрегатів для підтримання в робочому стані задану кількість рухомого складу. Для розрахунку приймаємо парк у 200, 600, 1000 та 1400 автомобілів.

Розглянемо випадок, коли рухомий склад дорівнює 600 автомобілям.

Елементи платіжної матриці наведено в табл. Д.1.

Величина ризику від випадкового сполучення стратегій наведено в табл. Д.1.

За величиною ризику будується залежність ризику від стану (рис. 4.5)

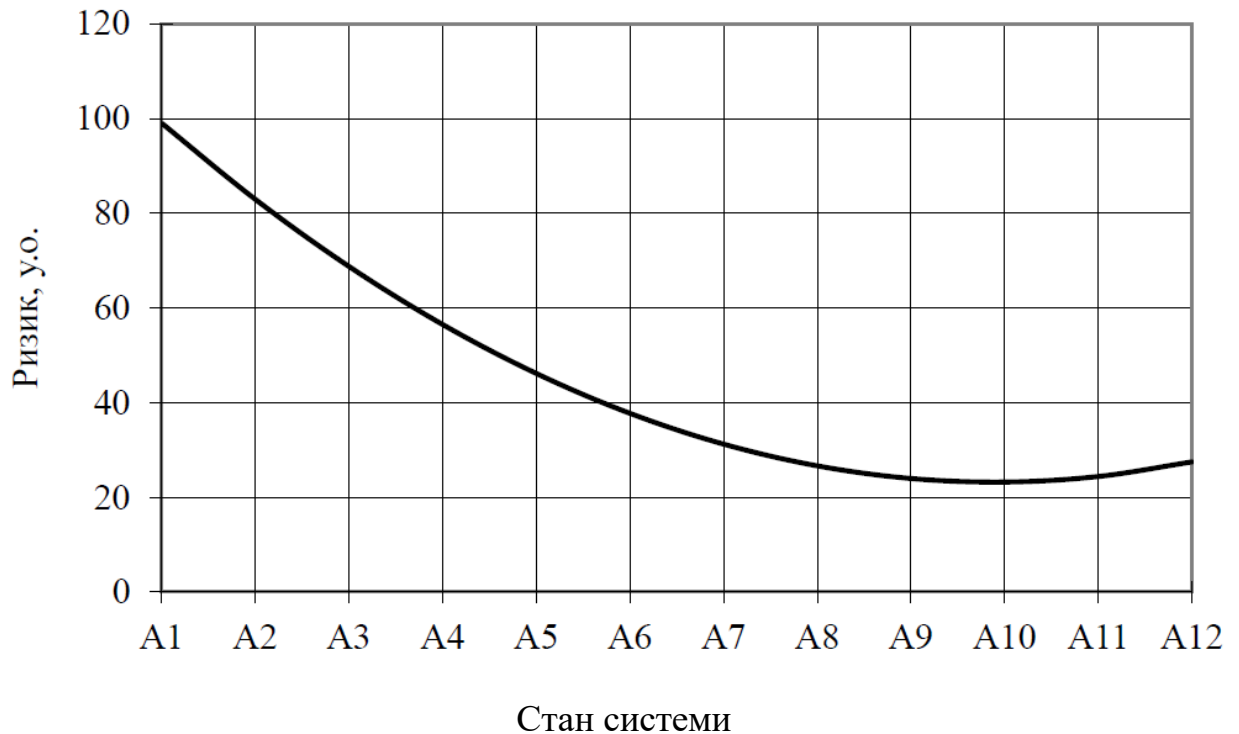


Рис. 4.5 - Залежність величини ризику від стану

Величина виграшів від випадкового сполучення стратегій наведено в табл. Д.3. За величиною ризику будується залежність виграшу від стану (рис. 4.6)

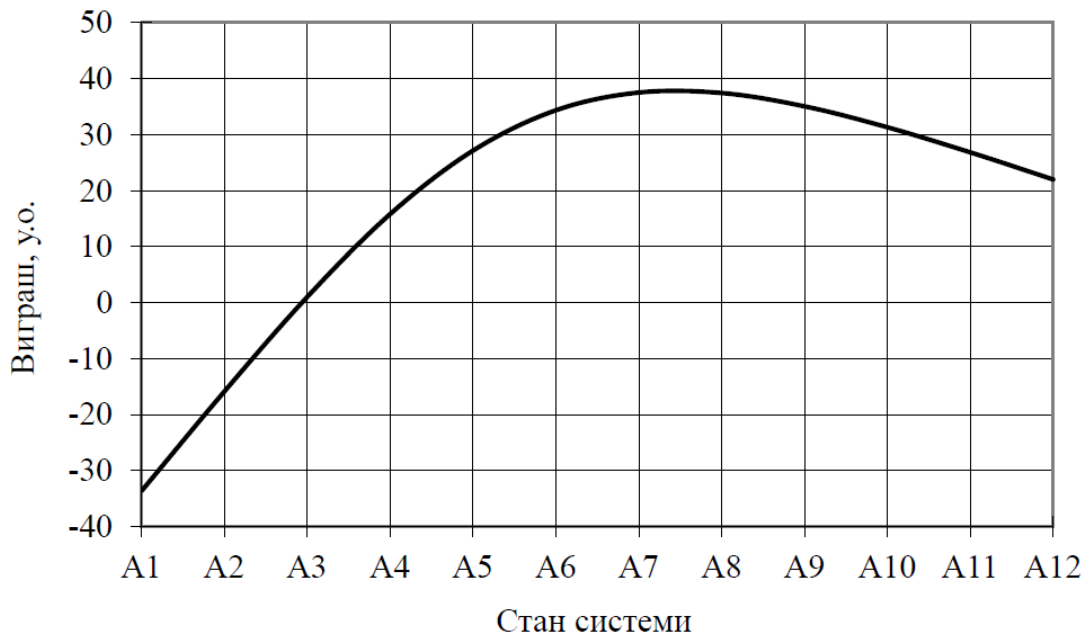


Рис. 4.6. Залежність величини виграшу від стану

Маючи дані величин ризику та виграшу від станів для 200, 600, 1000 та 1400 автомобілів проведемо їх аналіз і визначимо, чи є визначальною для автомобільного підприємства кількість рухомого складу для утримання розрахованого об'єму запасних частин в умові невизначеності.

Зведемо розраховані дані в табл. Д.4 та Д.5.

Маючи чисельні дані ризику та прибутку від заданої кількості автомобілів побудуємо графіки рис. 4.7, рис.4.8.

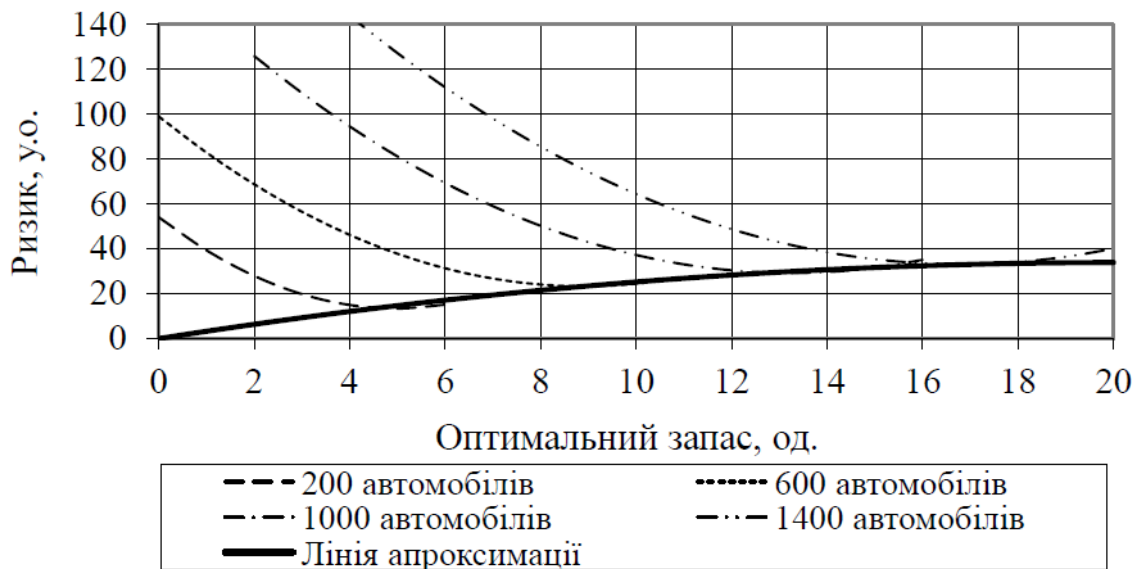


Рис. 4.7 - Залежності величин ризику від кількості автомобілів

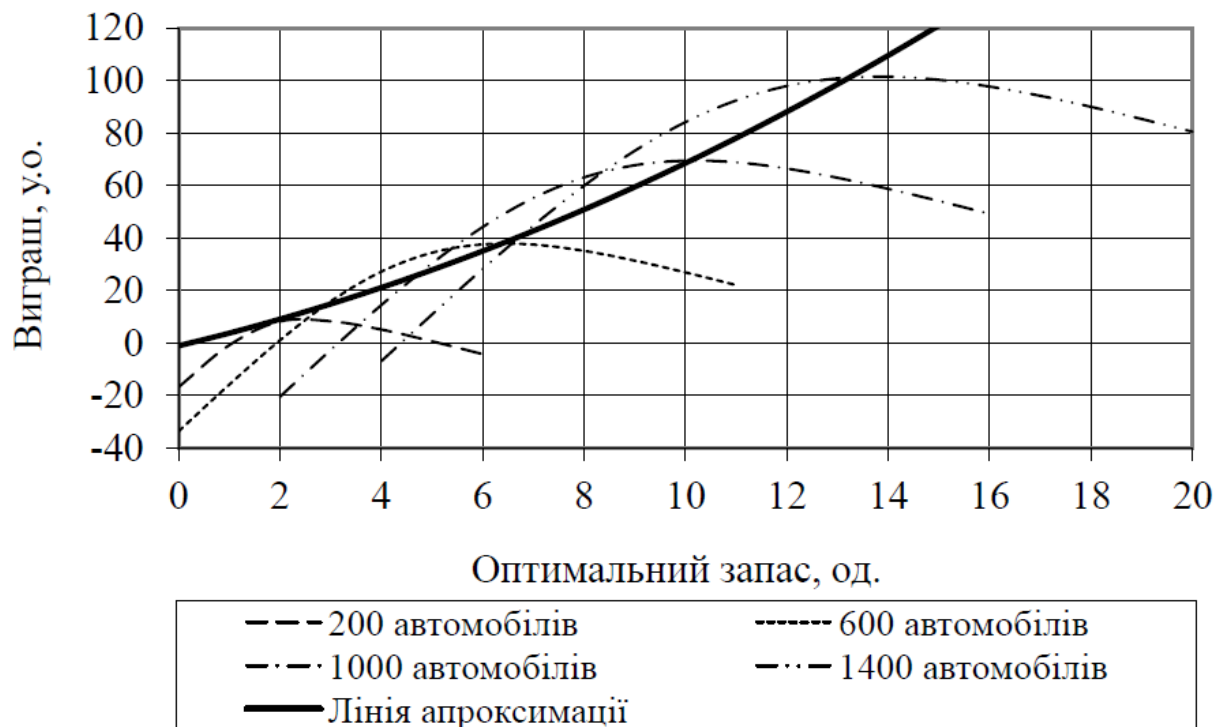


Рис. 4.8 - Залежності величин виграшу від кількості автомобілів  
Для оптимізації величини ризику від кількості автомобілів оберемо значення мінімального ризику кожного парку, та занесемо їх у таблицю 4.3.

Таблиця 4.3

#### Значення мінімальних ризиків

Кількість автомобілів	200	600	1000	1400
Оптимальний запас, од.	4,8 (4 – 6)*	9,0 (8 – 10)*	13,2 (12 – 14)*	17,0 (16 – 18)*
Мінімальний ризик, у. о.	13,5	24,0	29,5	33,0

\* - величини довірчих границь оптимального запасу.

Виходячи з виду розподілу цих значень на координатній площині, обираємо за апроксимуючу функцію трьохчлен другого ступеню:

#### Значення максимальних виграшів

Кількість автомобілів	200	600	1000	1400
Оптимальний запас, од.	2,2 (1 – 3)*	6,2 (5 – 8)*	10,2 (9 – 12)*	13,5 (12 – 15)*
Максимальні виграші, у. о.	8,0	38,0	70,0	104,0

\*- величини довірчих меж оптимального запасу.

За результатами проведених обчислень можна зробити наступні висновки:

З ростом кількості автомобілів величина ризику не є постійно зростаючою, вона дотично наближується до сталого значення. Це пов'язано з тим, що прибуток, отриманий від задоволення великої кількості потреб меншою мірою відчуває вплив збитків, які рівномірно розподіляються на весь об'єм запасних частин.

1. Збільшення кількості рухомого складу, що обслуговується автосервісним підприємством, підвищує виграш від утримання оптимальної кількості запасних частин. Це є результатом того, що прибутки підприємства на пряму залежать від кількості задоволених потреб.

#### Висновки за четвертим розділом

1. Відмінною рисою моделювання потоків відмов є те, що запропонована методика підходить для розрахунку потреби в запасних частинах для різних автосервісних підприємств, які характеризуються різноманітними показниками їх роботи.

2. Розроблена методика визначення обсягів запасних частин номенклатурних груп А, В, С, які характеризуються різними величинами попиту: I група А – деталі високого попиту, II група В – деталі середнього попиту, III група С – деталі виняткового попиту.

3. Розроблена методика визначення оптимальної кількості запасних частин, що дозволяє визначати найвигідніші стратегії в різних випадках: в умовах недоліку інформації; в умовах ризику; в умовах часткової визначеності.

4. З ростом кількості автомобілів величина ризику не є постійно зростаючою, вона дотично наближується до сталого значення. Це пов'язано з тим, що прибуток, отриманий від задоволення великої кількості потреб,

меншою мірою відчуває вплив збитків, які рівномірно розподіляються на весь об'єм запасних частин.

5. Збільшення кількості рухомого складу, що обслуговується автосервісним підприємством, підвищує виграш від утримання оптимальної кількості запасних частин. Це є результатом того, що прибутки підприємства на пряму залежать від кількості задоволених потреб.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1. Аналіз стану охорони праці на ТОВ «Паритет-СП»

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності [29].

Небезпечний (виробничий) чинник - виробничий чинник, вплив якого на працівника у певних умовах призводить до травм, гострого отруєння або іншого раптового різкого погіршення здоров'я або до смерті [30].

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» роботодавець відповідальний за забезпечення здорових, безпечних та належних умов праці на підприємстві [31]. Тому він організовує функціонування системи управління охороною праці (СУОП) [35].

Перед прийняттям на роботу всі робітники проходять медичний огляд та вступний інструктаж з питань охорони праці [32]. Кабінет з охорони праці на підприємстві відсутній. Вступний інструктаж проводиться в кабінеті головного інженера, в якому наявні плакати з охорони праці, але в недостатній кількості і деякі з них застарілі. Запис про проведення вступного інструктажу заноситься до журналу реєстрації вступних інструктажів з питань охорони праці з обов'язковим підписом особи яка інструктує і яку інструктують.

**1.1. Організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників від дії вказаних вами вище шкідливих та небезпечних факторів**

Для ослаблення впливу шкідливих і небезпечних чинників потрібно виконати ряд профілактичних заходів.

Відповідно до [33], електробезпеку повинна забезпечуватися конструкцією електроустановок, механічними засобами, засобами захисту, організаційними заходами.

До технічних засобів і заходів відноситься: захисне заземлення, занулення, вирівнювання потенціалів, мала напруга, електричний поділ мереж, захисні вимикачі, компенсація струмів замиканням на землю, огорожені устрої, блокування, знаки безпеки, засоби захисту і захисні пристосування [34].

Для забезпечення безпеки роботи на заточувальних верстатах, абразивний інструмент перед установкою старанно оглядають і відчують на тривкість і наявність тріщин. Верстати обладнують захисними екранами й огороженнями з кожухами, що у свою чергу не повинні перешкоджати швидкому демонтажу абразивного інструмента.

Застосовувані на ділянках інструменти повинні бути в справному стані і відбраковуватися не менше одного разу на місяць.

Ручки молотків, кувалд повинні бути виготовлені з твердих порід дерева і бути гладкими. Бойки повинні бути злегка опуклими, інструмент повинний бути надійно насаджений на ручки і розклепаний металевими клинами.

Ножівки, викрутки, напилки повинні бути з міцно натягнутими на хвостовики дерев'яних ручок із гладкою, рівною поверхнею, довжиною не менше 150 мм.

Гайкові ключі повинні бути точно підігнані по розмірах гайок, болтів. Не припускається наявність тріщин і вибоїн, непаралельних губок.

Під час накачування шин повітрям забороняється виправляти положення шини постукуванням, ударяти по замковому кільцю молотком. Накачувати треба в спеціально відведених для цього місцях із використанням захисних огорожень і пристосувань. При подачі повітря в шину безупинно контролювати тиск повітря.

Перед тим, як приступити до роботи, треба застебнути всі гудзики на робочому одязі, волосся заправити під головної убір, щоб виключити влучення частин одягу і волосся на обертові частини устаткування і деталей. Редуктора на стендах повинні бути закриті під час роботи захисними кожухами. Закріплювати деталі потрібно надійно. Обертової деталі по можливості

закрити захисними деталями.

Робоча поверхня повинна бути без кривизни. Поверхні повинні рівномірно прилягати друг до друга. Клини для кріплення бойків повинні надійно закріплюватися і регулярно підтягуватися. Зсув бойків у процесі роботи не повинно перевищувати 3 мм.

Роботи з кислотою повинні провадитися тільки в відведених місцях. Робітник, що працює з кислотою повинний бути одягнений у спеціальний одяг і мати захисні засоби (окуляри, рукавички, гумовий фартух). Місце роботи повинно мати витяжну вентиляцію. Після роботи руки повинні бути старанно вимиті.

Стіни приміщення повинні регулярно оброблятися 3 %-м розчином лугу для нейтралізації кислоти.

Одним із головних заходів щодо боротьби з пилом на підприємстві є організація технологічного процесу, що усуває утворення пилу, наприклад, застосування пилососів при складанні салонів автомобілів.

На ділянках із великим виділенням пилу необхідне систематичне складання пилуки зі стін, устаткування тощо.

Шкідливі гази видаляють шляхом устрої місцевих відсмоктувань від сурм, печей, ванних до суспільної вентиляції. Для захисту зварників від дії світлового випромінювання використовують індивідуальні засоби захисту.

Для боротьби із шумом використовують звукоізоляцію, раціоналізацію технологічних процесів, застосування глушників, заміна більш гучних робіт менше гучними, захисні кожухи, індивідуальні засоби захисту (беруши, навушники).

Шкідливий вплив нафтопродуктів можна значно знизити установкою на робочому місці витяжної вентиляції. Після виконання робіт потрібно старанно мити руки. При можливості потрібно використовувати ні етильовані бензини. Не припускати проливання нафтопродуктів на підлогу приміщення, виключити їхнє влучення на відкриті частини тіла й одяг. При влученні на відкриті частини тіла необхідно негайно вимити ці частини водою з миючим

засобом.

## 5.2. Правила безпечного виконання ковальсько-ресорних робіт

Перед початком робіт: надіти і старанно заправити спецодяг, приготувати інші спеціальні засоби індивідуального захисту [36];

- оглянути устаткування (молот, прес, ковадло, засоби механізації) із метою виявлення його несправностей, ужити заходів до усунення всіх замічених пошкоджень;

- при огляді устаткування з особливою увагою стежити за справністю механізмів керування, справністю трубопроводів високого тиску і їх кріплення, наявністю і справністю контрольних і сигнальних приладів, а також захисних пристроїв;

- перевірити наявність мастила механізмів устаткування в місцях інтенсивного тертя і при її відсутності змазати ці місця;

- переконатися в наявності і справності пристосувань, що запобігають самовідвертання гайок і болтів, що з'єднують частини устаткування;

- перевірити відсутність тріщин штока в місці з'єднання його з бабою молота, у болтів, у баби молота й в інших небезпечних місцях;

- повірити надійність кріплення бойків і правильність їх взаємного розташування;

- перевірити справність інструмента, необхідного для роботи, застосовувати справний інструмент і тільки по його прямому призначенню;

- повірити наявність чистої води в бачку для охолодження інструмента;

- підлога на робочому місці повинна бути чистою, рівною і сухою, варто своєчасно робити прибирання і не займати її заготівлями, відходами й іншими матеріалами;

- очистити від окалини, олії, води робочу поверхню бойків, протерти дрантям замаслений інструмент;

- перевірити стан місцевого і загального освітлення.

Під час роботи:

- працювати в справному і старанно підібраному по розмірі спецодягу і застосовувати індивідуальні засоби захисту;
- при роботі носити захисні окуляри з цілими скельцями;
- при нагріванні добіла поковок потрібно користуватися окулярами зі світлофільтрами, не дивитися на яскраве світло (полум'я) незахищеними очима;
- при наявності несправності устаткування в ході роботи зупинити його усунути його причину;
- не припускати на робоче місце осіб, що безпосередньо не беруть участь у роботі;
- бути уважним і не відриватися на сторонні справи або розмови і не відривати інших;
- дотримувати температурного інтервалу кування заготівель, установлений чинною технологічною або інструктивною картою, кування перепаленого або що остудилося нижче норми металу забороняється;
- пам'ятати, що перші удари при куванні, а також останні удари при рубці повинні бути слабкими;
- інструмент, що піддається удару, підігріти, не припускати перегріву інструмента під час роботи;
- перед куванням видалити окалину з поковки металевою щіткою або шкребком;
- оброблену поковку щільно затискати в кліщах із відповідною формою губок;
- не підкладати під заготівлю клинчастих і інших підкладок;
- ручки кліщів або іншого інструмента при роботі тримати збоку тулуби, не тримати пальці між ручками кліщів;
- не припускати рубку металу в холодному стані під молотком;
- не брати незахищеними руками інструменти колишні у використанні і не доторкатися до металу, не перевірявши попередньо його

температуру;

- заготівлі, відходи, поковки вкладати в тару на стелажі й у штабеля;
- не піднімати вручну вантаж понад припустиму норму, що для робочих чоловіків у віці старше 18 років складає 50 кг, а для жінок - 20 кг;
- стежити за справною роботою місцевої витяжної вентиляції;
- стежити за справною роботою засобів освітлення і достатньої освітленості на робочому місці;
- не припускати переохолодження тіла від прямування повітря (протягів, вентиляторів) для запобігання можливого захворювання;
- для усунення спраги пити підсолену газовану воду;
- додержуватися правила особистої гігієни на виробництві. Після роботи вимити руки теплою водою з миючим засобом або прийняти душ.

По закінченні роботи

- упорядкувати робочі місця, поклавши відходи і поковки у відведені для цього місця, очистити бойки, що прилягають дільниці устаткування і підлогу від окалини; очистити устаткування від забруднення і пилу, змазати його в призначених місцях спеціальними пристроями;
- протерти дрантям робочий інструмент і акуратно укласти його у відведені місця на стійкі, стелажі, у шафи; зняти, очистити й укласти у відведене місце спецодяг і інші засоби індивідуального захисту;
- вчасно здавати спецодяг і інші засоби індивідуального захисту в прання, чищення, ремонт.

Спецодяг, захисні засоби

Робітникам ковальсько - ресорної дільниці повинно мати наступні одяг і захисні засоби:

- ковалю і його підручному - костюм бавовняний з вогнезахисною пропиткою, черевики шкіряні з гладким верхом і металевою шкарпеткою, рукавиці брезентові, окуляри захисні;

- ресорнику - фартух брезентовий із нагрудником, рукавиці комбіновані, окуляри захисні.

Вимоги до приміщення

Висота помешкання ковальсько - ресорної дільниці повинна бути не менше 6 м. Внутрішня оздоба помешкань: підлога - брущатка; стіни та стеля - вапняне фарбування.

Висновок за п'ятим розділом

В даному розділі проведено аналіз стану охорони праці ТОВ СП «Паритет», виявлені недоліки в його організації та приведені рекомендації щодо поліпшення стану охорони праці. Також розглянуто вимоги безпеки при ковальсько-ресорних роботах.

## 6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

Основними формами створення та розвитку виробничо-технічної бази (ВТБ) сервісних підприємств (СП) розширення існуючого, реконструкція діючого підприємства, переозброєння виробництва, удосконалення технологічних процесів підприємства тощо. Зазначені форми створення та розвитку ВТБ, як потребують капітальних вкладень і мають розглядатись як інвестиційні проекти.

Інвестиції у реконструкцію підприємства, технічне переозброєння технічної бази, удосконалення технологічних процесів діяльності направлені на збільшення прибутку шляхом підвищення доходів або зменшення експлуатаційних витрат.

В основі розрахунків економічної ефективності реалізації проектних рішень лежать технологічні показники функціонування СП, перелік яких наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

### Основні показники функціонування СП

№	Найменування показників	Одиниця вимірювання	Умовне позначення	Чисельні значення
1	2	3	4	5
1	Кількість робочих постів	од.	<i>X<sub>p</sub></i>	15
2	Обсяг реалізації послуг з ТО і ПР автомобілів	н.год	<i>T<sub>то,пр</sub></i>	73481
3	Загальна трудомісткість допоміжних робіт	н.год	<i>T<sub>доп</sub></i>	7348
4	Кількість днів роботи АСП за рік	дні	<i>D<sub>рр</sub></i>	301
5	Тривалість зміни	год	<i>T<sub>зм</sub></i>	7,00
6	Кількість змін роботи на добу	од	<i>n<sub>зм</sub></i>	1
7	Технологічно необхідна кількість виробничих робітників	люд.	<i>P<sub>т</sub></i>	46
8	Загальна кількість штатних виробничих робітників	люд.	<i>P<sub>ш</sub></i>	49
9	Чисельність допоміжних робітників	люд.	<i>P<sub>доп</sub></i>	4
10	Чисельність ІТП	люд.	<i>P<sub>ітп</sub></i>	15

## 6.2. Забезпеченість СП основними засобами виробництва

Загальна вартість основних виробничих фондів (ОВФ) СП може включати в себе вартість наступного ряду груп основних виробничих фондів, перелік яких розглянемо нижче.

## 6.3. Визначення річних поточних витрат функціонування підприємства

$$F(x_1 \dots x_n) = \int_{-\infty}^{x_1} \dots \int_{-\infty}^{x_n} f(x_1, x_2 \dots x_n) dx_1 dx_2 \dots dx_n,$$

Витрати на ресурси, що використовуються у процесі експлуатації устаткування, виробничих та адміністративних приміщень

Електроенергія витрачається для живлення технологічного устаткування та на освітлення приміщень.

Результати розрахунків потреб в ресурсах та витрат на їх споживання

№	Найменування	Одиниця вимірювання	Річні потреби	Ціна, грн	Витрати на споживання грн	% від загальних витрат
1	Електроенергія узагалі	кВт/рік	201028		239224	10,51
	- силова	кВт/рік	136717	1,19	162693	7,15
	- освітлення виробничих приміщень	кВт/рік	64312	1,19	76531	3,36
2	Тепло на опалювання	Гкал/рік	2057	977,56	2010446	88,33
3	Вода узагалі	м <sup>3</sup>	2559		15294	0,67
	- технологічні потреби	м <sup>3</sup>	379	5,976	2266	0,10
	- побутові потреби	м <sup>3</sup>	2180	5,976	13028	0,57
4	Стоки узагалі	м <sup>3</sup>	2559		11179	0,49
	- виробничі	м <sup>3</sup>	379	4,368	1657	0,07
	- побутові	м <sup>3</sup>	2180	4,368	9522	0,42
5	Загальна сума витрат				2276143	100

Результати розрахунку виробничих і допоміжних робітників фонду заробітної платні

№	Найменування показників	Одиниця вимірювання	Одиниця вимірювання
1	2	3	4
Виробничі робітники			
1	Тарифна ставка виробничого робітника	грн.	33,40
2	Заробітна платня робітників за тарифною ставкою	грн.	5477224
3	Премія	грн.	1917028
4	Основний фонд заробітної платні виробнич. робітників	грн.	7394253
5	Додаткова заробітна платня виробничих робітників	грн.	887310
6	Загальний фонд заробітної платні виробнич. робітників	грн.	8281563
Допоміжні робітники			

7	Тарифна ставка допоміжного робітника	грн.	20,90
8	Заробітна платня робітників за тарифною ставкою	грн.	307149
9	Премія	грн.	107502
10	Основний фонд заробітної платні робітників	грн.	414651
11	Додаткова заробітна платня допоміжних робітників	грн.	49758
12	Загальний фонд заробітної платні допоміж. робітників	грн.	464410

## Сумарні експлуатаційні витрати

№	Статі витрат	Умовне позначення	Сума витрат	
			Базовий варіант грн	Проект. варіант грн
1	Загальний фонд заробітної платні працівників	<i>ФОП</i>	12140053	11059849
2	Єдиний внесок на загал. держ. соц. страхування	<i>ВР єв</i>	4681204	4681204
3	Амортизація	<i>А</i>	1267278	1281726
	Будівлі, споруди, їх структурні	<i>С сп</i>	911040	919488
	Устаткування, інструмент та інвентар	<i>С у</i>	298000	304000
	Інші основні фонди	<i>С ін</i>	58238	58238
4	Цехові витр	<i>В ц</i>	2591977	2594896
5	Податки і збори	<i>П</i>	136618	136741
6	Інші витрати	<i>В ін</i>	1892909	1892909
	Разом	$\Sigma$ В екс	23977318	22929052

## Основні техніко-економічні показники сервісного підприємства

№	Найменування показників	Одиниця вимірювання	Умовні позначення	Числові величини	
				Базовий варіант	Проект варіант
	2	3	4	5	6
1	Кількість робочих постів	пост.	<i>Х р</i>	15	15
2	Обсяг реалізації сервісних послуг	норм.год	<i>Т то,пр</i>	73481	73481
3	Необхідна кількість виробничих робітників	люди	<i>Р вр</i>	46	40
4	Загальна чисельність працівників підприємства	люди	<i>Р пр</i>	77	59
5	Вартість основних виробничих фондів	грн	<i>В овф</i>	18113160	18233760
	Земельні ділянки	грн	<i>С зд</i>	5737500	5737500
	Будівлі, споруди, їх структурні	грн	<i>С сп</i>	11388000	11493600
	Устаткування, інструмент та інвентар	грн	<i>С у</i>	745000	760000
	Інші основні фонди	грн	<i>С ін</i>	242660	242660
6	Сумарні експлуатаційні втрати	грн	$\Sigma$ В екс	23977318	22929052
	Загальний фонд заробітної платні працівників	грн	<i>ФОП</i>	12140053	11059849
	Єдиний внесок на загал. держ. соц. страхуванн	грн	<i>ВР єв</i>	4681204	4681204
	Амортизаційні витрати	грн	<i>А</i>	1267278	1281726
	Цехові витрати	грн	<i>В ц</i>	2591977	2594896
	Податки і збори	грн	<i>П</i>	136618	136741
	Інші витрати	грн	<i>В ін</i>	1892909	1892909
7	Доходи від надання сервісних послуг	грн	<i>Д сп</i>	31014855	31014855
8	Чистий дохід підприємства	грн	<i>Ч д</i>	7037537	8085803
9	Річний економічний ефект	грн	<i>Е в</i>		1048266

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано фактори, що впливають на споживання запасних частин, існуючі принципи побудови систем управління запасами, методи моделювання попиту та часу поповнення запасів, сучасні умови розвитку ринку запасних частин.

2. У всіх моделях автомобілів є досить обмежена номенклатура деталей, вузлів, складальних одиниць, потреба в яких при усуненні відмов виникає найбільше часто, це так звані деталі, що лімітують надійність (ДЛН).

3. Розроблена методика формування номенклатури і розрахунку запасів запасних частин, що ґрунтується на логістичних методах, які координуються з середнім ресурсом та випадком раптових відмов деталей.

4. Модель оптимізації запасу і номенклатури запасних частин повинна враховувати конкретні умови експлуатації транспортних засобів та економічні умови: матеріальні витрати на підтримку автомобілів у працездатному стані, ринкову вартість запасних частин та втрати прибутку підприємств, що пов'язані з простоем автомобілів в ремонтах.

5. Розроблена методика визначення оптимального запасу агрегатів дозволяє визначати найвигідніші стратегії в різних випадках: в умовах недоліку інформації; в умовах ризику; в умовах часткової визначеності. Наведені методи можуть використовуватися на підприємствах автомобільного транспорту, де відсутня повна інформація про зовнішні фактори.

6. Розроблена методика визначення обсягів запасних частин номенклатурних груп А, В, С, які характеризуються різними величинами попиту: I група А – деталі високого попиту, II група В – деталі середнього попиту, III група С – деталі виняткового попиту.

7. З міркувань економічної доцільності утримання оптимальної кількості запасних частин, автосервісні підприємства повинні тримати в запасі лише деталі груп А та В.

8. З ростом кількості автомобілів величина ризику не є постійно

зростаючою, вона дотично наближується до сталого значення. Це пов'язано з тим, що прибуток, отриманий від задоволення великої кількості потреб, меншою мірою відчуває вплив збитків, які рівномірно розподіляються на весь об'єм запасних частин.

9. Збільшення кількості рухомого складу, що обслуговується автосервісним підприємством, підвищує вигоду від утримання оптимальної кількості запасних частин. Це є результатом того, що прибутки підприємства на пряму залежать від кількості задоволених потреб.

10. Отримані результати магістерської роботи дозволяють сформулювати перспективні напрямки дослідження: необхідність винаходу нових напрямків зменшення збитків від утримання запасних частин, розробка визначення ресурсу запасних частин за рахунок діагностування автомобілів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Іванов П. П. Сучасні методи обробітку ґрунту: теорія та практика. Київ: АгроПрес, 2020.
2. Петрова О. О. Інновації в сільському господарстві: перспективи та виклики. Харків: Земля, 2019.
3. Сидоренко І. В. Технології поверхневого обробітку ґрунту: наукові основи та практичні аспекти. Львів: Аграрна наука, 2021.
4. Карпенко М. М. Екологічні аспекти обробітку ґрунту. - Одеса: ЕкоАгро, 2018.
5. Гарькавий А.Д., Холодюк О.В., Григоришен В.М. Експлуатація машин та обладнання в рослинництві. Методичні вказівки по виконанню лабораторних робіт з дисципліни "Експлуатація машин та обладнання в рослинництві". Модуль IV. Вінниця: Вінницький ДАУ, 2019. 60 с.
6. Оляднічук Р.В., Мелентьєв О.Б. Експлуатація машин і обладнання. Умань: Уманський національний університет садівництва (УНУС), 2020. 118 с.
7. Шабрацький В.І. Експлуатація і обслуговування механізмів і машин. Рубіжне: ІХТ СНУ ім. Володимира Даля, 2017. 243 с.
8. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук: 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380 с.
9. Борак К. В. Наукові основи досягнення ефекту самозагострювання робочих органів ґрунтообробних машин. Сільськогосподарські машини. 2020. № 1. С. 18 – 40.
10. Довбуш Т, А., Хомик Н.І., Довбуш А.Д. Методи проектування сільськогосподарських машин. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с. 43
11. Мазнев Г.Є. Проектування технологій та розрахунок витрат на вирощування сільськогосподарських культур. Харків: «Майдан», 2019. 257 с.
12. Цизь І.Є. Конструкція, розрахунок і виробництво

сільськогосподарських машин. Луцьк: Луцький НТУ, 2015. 66 с.

13. Кобець А.С., Кобець О.М., Пугач А.М. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин. Дніпропетровськ: Дніпровський державний аграрно-економічний університет; Свідлер А.Л., 2016. 164 с.

14. Goyal M.R., Verma D.K. Engineering Interventions in Agricultural Processing. Apple Academic Press, 2018. 377 p.

15. Kutz M. Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering. 3rd Edition. Academic Press, 2019. 779

16. Аулін В.В., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Мартиненко О.Д. Теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Харків. 2015. Вип. 158. С. 252-262

17. Хомик Н.І. Основи агрономії. Курс лекцій /Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Олексюк В.П. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. – 300 с.

18. Vyba, V. V., & Makhicheva, P. V. (2017). Material and technical support of agricultural enterprises of Ukraine. *Ekonomika i region*, 5(66), PoltNTU

19. Гевко Р.Б. Машини сільськогосподарського виробництва. /Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. - Тернопіль, 2015.- 228с.

20. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня «магістр» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 Галузеве машинобудування з орієнтацією на спеціалізацію «Машини сільськогосподарського виробництва» / Н.І. Хомик, М.Я. Сташків, В.П. Олексюк. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. – 164 с.

21. *Ekonomika APK*. (2023). Scientific and production journal. National Research Centre "Institute of Agrarian Economics" LLC, *Scientific Journals*, 30(4).

22. Серєда Л.П., Труханська О.О., Швець Л.В. Розробка і дослідження ґрунтообробної машини для технології strip-till з активними фрезерними робочими органами. Всеукраїнський науково-технічний журнал “Вібрації в техніці та технологіях”. Вінниця, ВНАУ, 2019. №4(95) С.14-24.

23. Серета Л.П. Технологія strip-till в рослинництві. Перспективність впровадження в Україні. Матеріали ХХ Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки», присвяченої 119-й річниці з дня народження академіка П.М. Василенка, 17-19 жовтня 2019р. м. Миколаїв., 2019. С.70-71.

24. Гуцол О.П. Обґрунтування параметрів і режимів руху ґрунтообробних машин з дисковими робочими органами: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / О.П. Гуцол. Мелітополь, 2015. 24 с.

25. Серета Л.П., Швець Л.В., Швець О.І. Розробка культиватора для нових технологій обробітку ґрунту. Всеукраїнський науково–технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК». Вінниця, 2020. №3(110). С.117-125с

26. Адамчук В.В. Булгаков В.М., Іванишин В.В. Про розробку і створення в Україні сільськогосподарських машин сучасного рівня // Зб. наук. Праць Вінницького націон. аграрного університету. Серія: Технічні науки. 2015. Вип. 11. Т. 2 (66). С. 8–14.

27. Гевко Р.Б. Викопувально-очисні пристрої бурякозбиральних машин, конструювання та розрахунок. / Тернопіль, 2017. 118 с.

28. Фомічов А.М., Архипенко Ф.М. Сорти і техніка. Хлібороб України.2016. № 4. С. 24.

29. Lupenko, Y. O., Zakharchuk, O. V., Vyshnevetska, O. V., et al. (2015). Material and technical support of agriculture of Ukraine: Manual. Kyiv: NSC IAE.

30. Довжик М.Я. До питання механізації збирання кормових буряків. Вісник сільськогосподарської науки. 2022. № 8. С. 49–50.

31. Техніко-технологічні транспортні процеси у виробництві продукції рослинництва: навчальний посібник / В.Г. Опалко, Р.В. Шатров та ін.. – К.: ТОВ «ТРОПЕА» 2023 – 960 с.

32. Gerlach K. Technik der Futterrubenernte: Die Arbeitskette geschlossen halten // Lohnunternehmen Landforstwirtschaft. 2015. Uol. 40. № 10. S. 540–541.

33. K. Herrmanu, J.P. Schuh. Rodevorgang im Schwingender Polderschar //

Landtechnik. 4/95. S. 202–203.

34. Opalko, V. G., Shatrov, R. V., Marchenko, V. V., & others. (2022). Technological and transport processes in agricultural production: Textbook. Kyiv: Trophea LLC.

35. Шевченко А.О. Погода, клімат, прогноз і урожай // Вісник аграрної науки. 2021. № 9. С. 48–52.

36. Baliuk S. A., Nosko B. S., Zaryshniak A. S., Lisovyi M. V. (2015). Agrochemical service in the system of factors for preserving and improving soil fertility. Kharkiv: TOV Smuhasta typohrafiia [in Ukrainian].

37. Technical support of agricultural enterprises in Ukraine. (2019). *Ekonomika APK*, 2, 48.

38. Vinichenko, I. I., & Soroka, Y. O. (2015). Efficiency of the use of resource potential of agricultural enterprises. *Investments: Practice and Experience*, 22, 34-37.

39. Velychko V. A. (2020). Ecology of soil fertility. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].

40. Pichura V. I. (2016). Geomodelling of water-erosion processes in the Dnipro River basin. *Ahroekolohichniy zhurnal* 4, 66-73 [in Ukrainian].

41. Balabukh V. O. (2018) Variability of rains and downpours in Ukraine. *Naukovi pratsi UkrNDHMI*, 257, 61- 72 [in Ukrainian].

42. Bulyhin S. Yu. (2015) Land quality as a basis for land use control. *Ahroekolohichniy zhurnal* 1, 26-46 [in Ukrainian]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].

43. Kaminskyi V., Kolomiiets L., Bulgakov V., Olt J. (2021) An investigation into the state of agricultural lands under water erosion conditions. *Agronomy Research*. 19, 2, 458 – 471. doi: 10.15159/AR.21.029

44. Rucins A., Kaminskyi V., Kolomiiets L., Bulgakov V., Jyri Olt, Kaminska V., Shevchenko I., Ihnatiev Y. (2024). Research into soil resource management technologies in context of aggravating exogenic processes. *Journal of Ecological Engineering (JEE)*, 25(6), 128–143. <https://doi.org/10.12911/22998993/186950>

45. Mulyar, O. D., Bendera, I. M., Mykhailovych, Y. M., & others. (2016). Engineering ecology: An educational and methodological complex. Kamianets-Podilskyi: FOP Sysin O.V.
46. Shuang Wu, Chao Zhang, Changxu Lv, Zhurong Xing. (2018) Study on Soil erosion Dynamic monitoring Based on “3S” technology. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 208 (2018) 012088. doi:10.1088/1755-1315/208/1/012088
47. Wang, X.; Zhao, Z.; Han, X.; Liu, J.; Kitch, J.; Liu, Y.; Yang, H. (2022) Evaluating the Evolution of Soil Erosion under Catchment Farmland Abandonment Using Lakeshore Sediment. Sustainability 14, 12241. <https://doi.org/10.3390/su141912241>
48. Jothimani, M., Getahun, E., Abebe, A., Gunalan, J., Shano, L., Oyda, Y. (2024). Application of Geospatial Technologies and AHP Technique in the Identification of Soil Erosion-Prone Zones in the Rift Valley, Southern Ethiopia. In: Choudhury, T., Koley, B., Nath, A., Um, JS., Patidar, A.K. (eds) Geo-Environmental Hazards using AI-enabled Geospatial Techniques and Earth Observation Systems. Advances in Geographic Information Science. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-53763-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-53763-9_4)
49. Udayagee Kumarasinghe. (2021) A review on new technologies in soil erosion management. Journal of research technology and engineering, Vol 2(1), <https://jrte.org/wp-content/uploads/2021/01/A-review-on-newtechnologies-in-soil-erosion-management.pdf>.
50. Dahanayake A.C., Webb J.A., Greet J., Brookes J.D. (2024) How do plants reduce erosion? An Eco Evidence assessment. Plant Ecology, 225. 593–604. <https://doi.org/10.1007/s11258-024-01414-9>
51. Dutta, D., Das, S., Kundu, A., Taj, A. (2015). Soil erosion risk assessment in Sanjal watershed, Jharkhand (India) using geo-informatics, RUSLE model and TRMM data. Modeling Earth Syst. Environ, 1, Retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40808-015-0034-1>.
52. Terranova, O., Antronico, L., Coscarelli, R., Iaquina, P. (2019). Soil

erosion risk scenarios in the Mediterranean environment using RUSLE and GIS: An application model for Calabria (southern Italy). *Geomorphology*, 112, 228–245.

53. Auerswald, K. (2018). Water erosion. In: *The Encyclopaedia of Soil Science*, W. Chesworth (Ed.). Springer-Verlag, pp. 817–822. [Google Scholar]

54. Aiello, A., Adamo, M. and Canora, F. (2015). Remote Sensing and GIS to Assess Soil Erosion with RUSLE3D and USPED at River Basin Scale in Southern Italy. *Catena*, 131, 174-158. [Google Scholar]