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

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Підвищення експлуатаційної надійності пневмопідвіски автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»»

Виконала: студентка 2-го курсу, групи 1АТ-21м
спеціальності 274 – Автомобільний транспорт
_____ Пономарьова Г.В.

Керівник: к.т.н., ст.н. викладач каф. АТМ
_____ Митко М.В.
«12» 12 2022 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. ТАМ
_____ Лозінський Д.О.
«13» 12 2022 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри АТМ
_____ к.т.н., доц. Цимбал С.В.
15 12 2022 р.

Вінниця ВНТУ – 2022 року

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувача кафедри АТМ
к.т.н., доцент Цимбал С.В.
____
« 14 » ____09____ 2022 р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Пономарьовій Ганні Вікторівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: Підвищення експлуатаційної надійності пневмопідвіски автобусів комунального підприємства "Вінницька транспортна компанія" ,
керівник роботи Митко Микола Васильович, к.т.н., старш. викладач ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «14» вересня 2022 року № 203.

2. Строк подання студентом роботи: 07.12.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації автотранспортних засобів (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів – виробників автомобільної техніки); охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; розробка методики оцінки впливу сезонних умов на надійність пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу для вирішення задач по визначенню необхідної кількості у запасних частинах, результати виробничої та науково-дослідницької практик, райони експлуатації автомобілів; об'єкт дослідження – процес формування потоку відмов у пневмопідвісці автобусів середнього та великого класу із врахуванням їх сезонної варіації, щодо природно-кліматичних факторів.

4. Зміст текстової частини:
1 Аналіз діяльності підприємства та фактори, які забезпечують надійність пневмопідвіски.
2 Теоретичні дослідження.
3 Експериментальні дослідження надійності пневмопідвіски автобусів та їх впровадження.
4 Практичне використання результатів досліджень.
5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових кресл

1-2 Тема, мета та завдання дослідження.

3 Рухомий склад автобусів автобусного парку КП «Вінницька транспортна комп

4-5 Фактори, які впливають та забезпечують надійність пневмопідвіски при з запасних частин автобусів та зміна закономірності їх надійності.

6-9 Слайди, які характеризують актуальність роботи, теоретичні полож характеристику об'єкта досліджень.

10-11 Експериментальні дослідження надійності пневмопідвіски автобусів впровадження.

12-13 Практичне використання результатів досліджень.

14 Розрахунок економічної ефективності відновлення роботоздатності пневмопід при використанні найкращого варіанту планово – запобіжних ремонтів.

15 Висновки.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання пр
Розв'язання основної задачі	Митко М.В., к.т.н., ст. викладач кафедри АТМ		
Економічна частина	Бурєнніков Ю.Ю., к.е.н., доцент кафедри АТМ		
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Дембіцька С.В., професор кафедри БЖДПБ		

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студентка (підпис) Пономарьова Г.В.

Керівник роботи (підпис) Митко М.В.

АНОТАЦІЯ

УДК 656.13.017

Пономарьова Г.В. Підвищення експлуатаційної надійності пневмопідвіски автобусів комунального підприємства "Вінницька транспортна компанія". Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – автомобільний транспорт, освітня програма - автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2022. 109 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 44 назв; рис.: 54; табл. 22.

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблено питання щодо доцільності розробка методики оцінки впливу сезонних умов на надійність пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу для вирішення задач по визначенню необхідної кількості у запасних частинах. Вона дозволяє покращити експлуатаційної надійності пневмопідвіски автобусів комунального підприємства "Вінницька транспортна компанія". У загальній частині роботи проаналізовано методику визначення необхідної кількості запасних частин пневмопідвіски, а також вплив сезонних змін природно-кліматичних умов на надійність пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу. Розроблено математичну модель та алгоритм методики визначення потребу у розрахованій кількість пневмобалонів із врахуванням сезонної варіації інтенсивності та умов експлуатації, використання якого дозволить зменшити простої автобусів під час очікування ремонту, що знижує втрати прибутку.

Графічна частина складається з 15 плакатів із результатами моделювання.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні; технічні рішення щодо безпечного виконання роботи на робочому місці, а також із гігієни праці та виробничої санітарії; рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

Ключові слова: Автобуси, запасні частини, сезонні зміни, надійність пневмопідвіски, природньо-кліматичні умови.

ABSTRACT

Ponomarova H.V. Increasing the operational reliability of the pneumatic suspension of buses of the utility company "Vinnytsia Transport Company". Master's qualification work in the specialty 274 - road transport, educational program - road transport. Vinnitsa: VNTU, 2022. – 109 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 44 titles; fig.: 54; tabl. 22.

In the master's qualification thesis, the issue of the feasibility of developing a methodology for assessing the impact of seasonal conditions on the reliability of the air suspension of medium- and large-class buses was developed to solve the problems of determining the required amount of spare parts. It makes it possible to improve the operational reliability of the pneumatic suspension of buses of the utility company "Vinnytsia Transport Company". In the general part of the work, the method of determining the required number of spare parts of the air suspension, as well as the influence of seasonal changes in natural and climatic conditions on the reliability of the air suspension of medium - and large-class buses is analyzed. A mathematical model and algorithm of the methodology for determining the need for the calculated number of pneumatic cylinders, taking into account the seasonal variation of intensity and operating conditions, have been developed, the use of which will reduce the downtime of buses while waiting for repairs, which reduces profit losses.

The graphic part consists of 15 posters with simulation results.

The section of labor protection deals with such issues as the causes, effects on the human body and the rationing of harmful and dangerous production factors in the production premises; technical solutions for the safe performance of work in the workplace, as well as occupational health and industrial sanitation; recommendations for improving working conditions, as well as fire safety standards.

Keywords: Air suspension reliability, buses, spare parts, seasonal changes, natural and climatic conditions.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ТА ФАКТОРИ, ЯКІ ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ НАДІЙНІСТЬ ПНЕВМОПІДВІСКИ	8
1.1 Загальна характеристика та аналіз функціонуючого комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»	8
1.2 Основні тенденції розвитку технічної експлуатації автомобільного транспорту	18
1.3 Фактори, які впливають та забезпечують надійність пневмопідвіски при витраті запасних частин автобусів	24
1.4 Зміна закономірності надійності автомобілів при умові їх експлуатації	30
1.5 Методи, які використовуються при доставці запасних частин для автомобілів	32
1.6 Постановка завдання дослідження	38
Висновки до розділу 1	39
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	40
2.1 Загальна методика досліджень	40
2.2 Методика визначення необхідної кількості запасних частин пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу	42
2.3 Схема концептуальної моделі формування необхідної кількості запасних частин	43
2.4 Локалізація системи	45
2.5 Вплив сезонних змін природно-кліматичних умов на надійність пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу	47
2.6 Математичні моделі впливу кліматичних факторів на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу	49
2.7 Розробка досліджуваної системи імітаційної моделі	51

Висновки до розділу 2	55
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПНЕВМОПІДВІСКИ АВТОБУСІВ ТА ЇХ ВПРОВАДЖЕННЯ	56
3.1 Мета та завдання експериментальних досліджень	56
3.2 Методика проведення експериментальних дослідження	56
3.3 Результати експериментальних досліджень	59
Висновки до розділу 3	73
РОЗДІЛ 4 ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	74
4.1 Аналіз налагодженої системи постачання запасними частинами в комунальному підприємстві «Вінницька транспортна компанія»	74
4.2 Визначення оптимального рівня запасу пневмобалонів на складі..	83
4.3 Методика визначення необхідної кількості пневмобалонів автобусів	91
Висновки до розділу 4	93
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	94
5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	95
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	97
5.3 Пожежна безпека	102
Висновки до розділу 5	103
ВИСНОВКИ	104
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	105
ДОДАТОК А	109
ДОДАТОК Б	124

ВСТУП

Актуальність темн. На сьогоднішній день наймобільнішим транспортом є автомобільний транспорт, який займає роль ефективного і універсального засобу комунікації, що посідає чинне місце у транспортному комплексі України. На його долю припало до 80-85% усіх вантажних перевезень і біля 80% пасажирських перевезень. В автомобільному транспорті на сьогодні зайнято близько 8% працездатного населення та витрачається в певній мірі до 65% палив нафтового походження, а також задіяні значні капітальні вкладення у виробничо-технічну базу та рухомий склад автомобільного транспорту.

Сьогодні виникла гостра потреба у економії всіх ресурсів, так як в Україні йде повномасштабна війна між Росією, яка напала на Україну. Це створило гостру дефіцитну кризу палива та ресурсів запасних частин до автомобільного транспорту. Велика частина перевезень автомобілями потребує зниження собівартості, так як енергетичні ресурси, такі як бензин та дизельне пальне сьогодні виросли в ціні. Вартість палива сьогодні зросла майже в двічі, тому і є потреба в своєчасному збереженні роботоздатності транспортних засобів. На даний час, окрім автомобілів та спеціальних транспортних засобів, які безпосередньо приймають участь у виробничих процесах по перевезенню, завантаженню та вивантаженню вантажів, та їх доставки, важливу роль, також відіграють пасажирські транспортні засоби (автобуси), які виконують перевезення пасажирів, перевозять персонал до місця роботи, а також сьогодні перевозять і військових до різних місць їх дислокації. Сьогодні потрібно відмітити, що дуже багато застосовується цивільних автобусів, для вирішення логістичних задач по перевезенню військових до їх різних місць дислокації.

Кліматичні умови для Вінницького регіону в зимовий період знижують надійність автомобілів, які викликані низькими температурами навколишнього середовища, що сягають згідно даних кліматичних і гідрологічних умов, Вінницької області в межах від – 15 °С до + 19 °С, а також різкою зміною температури (різке потепління або охолодження). Для цього і враховуються різні

умови експлуатації елементів підвіски при їх механічній взаємодії на різні несправності пневмобалонів та зміні температурних режимів в умовах експлуатації.

За таких низьких температур металеві та полімерні матеріали [18, 27], які застосовані або використовуються в будові конструкцій автобусів, стають крихкими та зростає кількість раптових відмов. Практика показує, що кількість відмов у зимовий та осінній час, порівняно з літнім, зростає в 5-6 разів [22, 27]. Крім того, холодна зима, де може спричиняти випадання опадів та накопиченню снігу, що також є впливом на швидкий вихід з ладу надійності пневмопідвіски у автобусах. Підвищений сніговий покрив разом із низькою температурою посилюють негативний вплив на вузли та агрегати транспортних засобів, особливо це стосується деталей пневматичної підвіски. Дослідження показують, що сезонні зниження температури повітря призводить до значного підвищення кількості відмов та простоїв автомобілів та автобусів із такої причини.

В даний період, потреба в запасних частинах для відновлення працездатності пневмопідвіски є досить гострою, тому що сьогодні є великі проблеми із доставкою запасних частин, і це не завжди враховується системою управління запасами на складі, що діє в автотранспортних підприємствах. Сьогодні колосальна затримка по логістичні доставці запасних частин, де термін дії сягає від 1 тижня до 2 місяців. Тому визначення оптимального рівня запасів елементів підвіски у різні періоди року із врахуванням особливостей у експлуатації різних автобусів та їх сезонної варіації температури пори року навколишнього середовища, а також інтенсивність опадів є завданням, яке затребуване даною практикою та потребує в свою чергу, залучення науки, для вирішення даного питання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дані дослідження за темою магістерської роботи належать до основних напрямів наукових досліджень кафедри "Автомобілі та транспортний менеджмент" Вінницького національного технічного університету.

Мета і завдання дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розробка методики оцінки впливу сезонних умов на надійність пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу для вирішення задач по визначенню необхідної кількості у запасних частинах.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

- провести огляд та аналіз виконаних досліджень з метою обґрунтування наукової новизни досліджуваної теми;

- обґрунтувати чинники, які значно впливають надійність елементів пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу;

- встановити закономірності впливу обраних чинників на показники надійності пневмопідвіски;

- розробити математичну модель для знайдених закономірностей;

- розробити імітаційну модель формування потреби в елементах пневмопідвіски під час експлуатації автобусів у змінних природно-кліматичних умовах Вінницької області;

- розробити методику оцінки впливу сезонних умов на надійність пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу та оцінити економічний ефект від практичного використання отриманих результатів дослідження.

Об'єкт дослідження – процес формування потоку відмов у пневмопідвісці автобусів середнього та великого класу із врахуванням їх сезонної варіації, щодо природно-кліматичних факторів.

Предмет дослідження – це методика оцінки впливу сезонних умов на надійність пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу.

Методи дослідження. У процесі дослідження застосовувались: основні положення із теорії наукових експериментальних гіпотез та теоретичні методи дослідження. Це - системний аналіз, методи апріорного ранжування, пасивний натурний та активний імітаційний експерименти, кореляційно-регресійний аналіз, імітаційне моделювання, комп'ютерне програмування. А також спостереження при зборі статистичних даних підприємств Вінницької області та оптимізація планування, організації та управління перевезеннями пасажирів і

вантажів, технічного обслуговування, ремонту та сервісу автомобілів, із використання програмно-цільових та логістичних принципів по експлуатаційній надійності автомобілів, агрегатів та систем.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Визначено фактори, які впливають на надійність пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу, їх закономірності впливу на інтенсивність потоку відмов пневмобалонів;
2. Розроблено математичну модель впливу сезонних факторів на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу;
3. Розроблено імітаційну модель формування потреби в елементах пневмопідвіски при експлуатації автобусів у змінних природно-кліматичних умовах;
4. Розроблено методику визначення потреби у кількості запасних частин, на основі імітаційної моделі та виявлених закономірностей формування потреби в запасних частинах протягом року.

Практична значимість отриманих результатів.

Використання основних результатів магістерської кваліфікаційної роботи:

– дозволяє застосувати алгоритм математичної моделі та методику визначення потребу у розрахованій кількість пневмобалонів із врахуванням сезонної варіації інтенсивності та умов експлуатації, використання якого дозволить зменшити простої автобусів під час очікування ремонту, що знижує втрати прибутку.

– змоделювати процес визначення кількість пневмобалонів, як потреба запасних частин на рік у комунальному підприємстві "Вінницька транспортна компанія" міста Вінниці.

Достовірність теоретичних положень магістерської роботи засвідчує коректність використання математичних методів та пропозиції постановки задач наукового дослідження, порівняння отриманих результатів з відомими та пунктуальне визначення аналітичних співвідношень, збіжність результатів моделювання, експериментальних даних та рекомендації, які неведені щодо

підвищення експлуатаційної надійності пневмопідвіски автобусів комунального підприємства "Вінницька транспортна компанія".

Апробація результатів роботи. Результати роботи доповідались та обговорювались на XIII міжнародній науково-практична конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» на конференції підрозділів Державний університет «Житомирська політехніка» (2022), м. Житомир, 24-26 жовтня 2022 року.

Публікації. Деякі положення та результати досліджень опубліковані в матеріалах конференції [26].

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ТА ФАКТОРИ, ЯКІ ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ НАДІЙНІСТЬ ПНЕВМОПІДВІСКИ

1.1 Загальна характеристика та аналіз функціонуючого комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

1.1.1 Історія та характеристика комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

Сьогоденні суспільно – економічні умови в Україні стрімко змінили підходи до розвитку в світі та різних сферах новітніх технологій. На даний час війна в Україні змінила підґрунтя та розвиток нашої держави, а також відбулося переосмислення цінностей та темпів розвитку народного господарства держави. Вінниччина на сьогодні займає велике провідне місце в виконанні функцій допомоги у перемозі війни над ворогом, а особливу увагу сьогодні прикуто до автомобільного транспорту, який є провідним у виконанні своїх функцій. Тобто, це ефективне та своєчасне виконання планів по перевезенню пасажирів та вантажів, а також змішані перевезення. Все це і є великою відповідальністю для рішення технічної справності стану сучасного транспортного засобу.

Тому перед комунальним підприємством «Вінницька транспортна компанія», сьогодні стоїть не легкий шлях, для організації та виконання своїх функцій, які покладені на нього в цілому.

Саме комунальне підприємство "Вінницька транспортна компанія" було засновано згідно історичних даних, ще в 1913 році, що і є початком заснування транспортної мережі у місті Вінниця та створенням соціально-обслуговуючого підприємства для містян по їх перевезенню. Згідно історії сайту міста Вінниця, це було «Вінницьке міське електропідприємство», керівником якого був Гофштейн Борис Степанович. Початком даного підприємства є Вінницьке трамвайне управління, де з 7 вересня 1913 року, вулицями міста розпочали курсувати перші

сім двохосьові вагони «MAN» німецького виробництва. Що були придбані на Нюрнберзькому заводі та були розраховані дані вагони на 18 сидячих і 14 стоячих місць для пасажирів.

Наступним видом транспорту – це був автобус, історія якого розпочалася трішки пізніше в місті Вінниці, у 20-х, роках минулого століття. Як відомо із історичних джерел, місто Вінниця розпочало активно розбудовуватися, а можливості для розбудови нових гілок трамвайної колії не знайшли. Тому було прийняте рішення для закупівлі автобусів та відкриття пасажирських маршрутів. У 30-х роках XX сторіччя було організовано більш регулярний автобусний рух та створено автобусний парк, який загалом розпочав перевезення містян досить жваво різними напрямами, що стали пасажирськими маршрутами. Транспортні засоби в свою чергу підпорядковуються трамвайному депо, які вже мало місто Вінниця, і на його базі створюється "Трамвайно-автобусне господарство".

Трохи пізніше відбулась певна реорганізація "Трамвайно-автобусного господарство", і було прийняте рішення, що із «Управління міського трамвая», утворити та змінити назву управління на «Трамвайний трест», і це стало в 1936 році. А із автобусного парку було створено Вінницький автобусно-таксомоторний парк «Віноблавтотресту». Тому, що автобуси почали курсувати не лише по місту, а й розпочався міжміський рух по Вінницькій області. Першими міжміськими маршрутами по області у ті роки були, це: Вінниця – Немирів, Вінниця – Літин, Вінниця – Липовець. Також почалося будівництво великого автогаража на 8-10 автобусів в районі вулиці Київської, яке до певного періоду знаходилося біля центрального автовокзалу.

Починаючи із 60-х років на міських та приміських маршрутах почали з`являтися автобуси львівського автобусного заводу ЛАЗ – 695Е (Львів). Ці автобуси були більше пристосовані для приміського режиму роботи, але як у багатьох містах, в тому числі, так і у місті Вінниця, вони працювали як міські.

Історія Вінницького автобуса у роки планової економіки різних його часів зазнала багатьох факторів, та реструктуризацій, що і призвело до відновлення муніципального автобусного парку в 2010 році. У 2013 році в районі Сабарів

відкривається нове автобусне депо, базою якого стає комунальне підприємство «Вінницьке трамвайно-тролейбусне управління», яке згодом перейменоване у комунальне підприємство «Вінницьку транспортну компанію», скороченою назвою КП «ВТК».

Так, як місто Вінниця розбудовувалося, а трамвайний та автобусний транспорт не справлявся із вирішення задач по перевезенню пасажирів по місті Вінниця, то багатьом стало зрозумілим, що потрібно будівництво тролейбусних ліній. Тому на базі управління «Трамвайний трест» було висловлено думку про розширення підприємства та з'явилися плани для утворення тролейбусної лінії, так як в місті запрацювали ряд стратегічно важливих підприємств – це ламповий завод, ГПЗ, та інші заводи міста, де працювали тисячі людей. Вони потребували додаткових пасажирських перевезень, для доставки їх на роботу з роботи, або в інших соціально-обслуговуючих цілях.

Ініціаторами було за основу взято проект будівництва тролейбусного руху, тому, що в деяких містах держави вже існували тролейбуси, таких як місто Житомир. Особливу допомогу в створенні тролейбусної мережі надали міста Львів, Чернівці, Одеса та інші міста. Після будівництва та відкриття тролейбусної лінії руху, дане підприємство було реорганізовану у Вінницьке трамвайно-тролейбусне управління. Згодом Вінницьке трамвайно-тролейбусне управління було передано в комунальне підприємство "Вінницька транспортна компанія", яке на сьогодні є одним із кращих провідних підприємств міського транспорту та електротранспорту України.

1.1.2 Аналіз функціонуючого рухомого складу та маршрутів транспортних засобів КП «Вінницька транспортна компанія»

Як було попередньо сказано для створення КП "Вінницька транспортна компанія" першочергово було застосовано базу комунального підприємства «Вінницьке трамвайно-тролейбусне управління». Яке згодом було і перейменовано у комунальне підприємство «Вінницьку транспортну компанію».

На сьогодні комунальне підприємство "Вінницька транспортна компанія" у місті Вінниця виконує основну роль перевізника муніципального транспорту, який надає послуги по міських перевезеннях у місті. Це є його основною діяльністю напрямку по перевезенню пасажирів на маршрутах місті Вінниця та його приміських маршрутах.

Саме підприємство відповідно до даних реєстру було створено рішенням Вінницької міської ради від 28.10.1993 року та зареєстроване. Адреса юридичної особи організації комунального підприємства "Вінницька транспортна компанія" розташовується за адресою: Україна, 21036, Вінницька обл., місто Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, буд. 29. Також підприємство КП "Вінницька транспортна компанія" має свій статут підприємства та є господарюючим суб'єктом, де власником цього підприємства є об'єднана Вінницька територіальна громада, а дії особи виконує Вінницька міська рада. Також відомо, що із статуту комунального підприємства, його основною діяльністю виду КП "Вінницька транспортна компанія" – це надання послуг із перевезення містян – пасажирів, до якого належить наземний транспорт міського та приміського сполучення (автобуси та маршрутні таксі), а також електротранспорт, до якого відносять тролейбуси та трамваї.

Повною назвою підприємства є – комунальне підприємство "Вінницька транспортна компанія", де сьогодні керівником компанії є генеральний директор КП «ВТК» – це: Луценко Михайло Петрович. Розмір статутного капіталу, як відомо із реєстру, що є відкритими даними аналітичної онлайн – системи «YouControl» для підприємств України становить – 360 561 437.00 грн. частка якого складає – 100.00 %.

Комунальне підприємство "Вінницька транспортна компанія" – це мережа громадського транспорту, яка об'єднує в собі підприємства трьох різновидів транспорту таких, як: 1) трамвай, 2) тролейбус, а також 3) автобус та маршрутне таксі. Кожен із даних видів різновиду транспорту, утворюють свої окремі відокремлені підрозділи та мають своїх управлінців (керівників або начальників) по даних підрозділам. Тобто трамвайному депо підпорядковуються – трамваї, які

мають свого начальника, тролейбусному депо належать – тролейбуси, які мають свого ж начальника. А муніципальному автобусному паркові в розпорядження належить – автобусний парк, про який описано вище, та який знаходиться на базі нового автобусного депо у КП «ВТК» на районі Сабарів, де також є призначеним начальник автобусного парку.

Темою магістерської кваліфікаційної роботи: «Підвищення експлуатаційної надійності пневмопідвіски автобусів комунального підприємства "Вінницька транспортна компанія"», є враховування різних умови експлуатації елементів підвіски при їх механічній взаємодії на різні несправності пневмобалонів та зміні температурних режимів в умовах експлуатації автобусів середнього та великого класу. Тому для розгляду автобусів середнього та великого класу будемо апелювати до автобусного парку (депо), який є в структурі КП «Вінницька транспортна компанія». Метою роботи є розробка методики оцінки впливу сезонних умов на надійність пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу для вирішення задач по визначенню необхідної кількості у запасних частинах.

Автобусний парк КП «Вінницька транспортна компанія», який має ще назву «Муніципальний автобусний парк» знаходиться за адресою: м. Вінниця, вул. Сабарівське шосе, 19. Згідно із сайту компанії, у місті Вінниця, нараховується 30 маршрутів по міських та приміських маршрутах, для перевезення пасажирів.

Потрібно відмітити, що від створення автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія», кожного року підприємство поступово, змінювало та оновлювало рухомий склад та його матеріально технічну базу. Підприємством у 2015 році було проведено будівельно – ремонтні роботи приміщення виробничо-технічної бази та ті, які відносяться до неї. Закуплено більш сучасніше обладнання для технічного та поточного обслуговування автобусів, а також шиномонтажне ремонтне обладнання. Загальний вигляд обладнання, яке використовується в приміщенні виробничо-технічної бази підприємства автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія», а саме підіймачі, що використовуються для робіт по ТО та ПР зображено на рисунку 1.1 та шиномонтажне ремонтне

обладнання на рисунку 1.2. А також рухомий склад, що виконує перевезення пасажирів, зображено на рисунках 1.3 – 1.7.

Рисунок 1.1 – Підйомник для автобусів, що виконують робіти по ТО та ПР

Рисунок 1.2 – Шиномонтажний стенд для ремонту коліс автобусів

Рисунок 1.3 – Рухомий склад автобусів великого класу марки Богдан А701 автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія»

Рисунок 1.4 – Рухомий склад автобусів великого класу марки ЛАЗ – А183 автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія»

Рисунок 1.5 – Рухомий склад автобусів середнього класу марки Богдан А092 автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія»

Рисунок 1.6 – Рухомий склад автобусів середнього класу марки Богдан «Ataman» А093.12 автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія»

Станом на сьогодні рухомий склад «Муніципального автобусного парку» у КП «ВТК» міста Вінниці складається із 80 великих автобусів марки «ЛАЗ – А183», «Богдан А701», «Otocar Kent C CNG» та 12 автобусів середньої місткості Богдан «Ataman» А093.12, а також 1 електробус. У вересні місяці 2021 року у Вінниці, а саме 8 вересня презентовані 10 нових турецьких автобусів «Otocar Kent C CNG», що зображено на рисунку 1.7. Автобуси за технічною характеристикою мають позначення, де остання абревіатура означає, що транспортні засоби працюють на компресованому (стислому) природньому газі. В автобусах передбачено 29 сидячих, 59 стоячих місць, місце для пасажира в інвалідному

візку. Салони оснащені системою кондиціонування, яка взимку може працювати на обігрів.

Рисунок 1.7 – Рухомий склад автобусів великого класу марки «Otocar Kent C CNG» автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія»

Автобуси курсують на 20-ти автобусних маршрутах у місті Вінниця та працюють переважно у районах приватної забудови для підвезення пасажирів до електротранспорту та центру міста. На підприємстві нараховує 14 автобусних маршрутів (49 автобусів на рейсах) в звичайному режимі руху та 31 автобусних маршрути в режимі маршрутного таксі (252 маршрутних таксі на рейсах – це перевізники, які уклали додаткові договори із КП "Вінницька транспортна компанія").

На території «Муніципального автобусного парку» КП «ВТК» розташовані: адміністративно-господарський корпус, відкрита площадка для зберігання автобусів, контрольно-пропускний пункт (КПП). На КПП – пункт, де виконується передрейсовий контроль технічного огляду автобусів та стану здоров'я водія.

«Муніципальний автобусний парк» має досконалу матеріально виробничо-технічну базу, що складається із зони технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР) автобусів в кількості 8-ти постів з ТО та ПР. Зона ТО і ПР об'єднує навколо себе дільницю для виконання певних робіт з ТО і ПР у вузлів та агрегатів. Обладнано зону щоденного обслуговування з автоматизованою мийкою, агрегатною дільницею, слюсарно-механічною, зварювально-

жерстяницькою та шиномонтажно-вулканізаційною дільниці. Ще на підприємстві знаходиться спеціалізовано малярна дільниця та ін.

Для надання послуг пасажирських перевезень автотранспортне підприємство, має відповідний рухомий склад та надає тільки сучасно комфортабельний транспорт Євро-класу із професійними досвідченими водіями. Завдяки тому, що компанія має в наявності різновиди автобусів різної місткості, підприємство може забезпечити логістику міста для будь-якого запиту на додаткові групові транспортні обслуговування пасажирів. Автобуси різних класів (для міського) за їх призначенням та види сучасних марок автобусів повинні забезпечувати, відповідно вказану конструктивну місткість перевезення кількості пасажирів із необхідним їм комфортом та безпекою перевезення під час руху на маршрутах міста.

Основними завданнями «Муніципальний автобусний парк» КП "ВТК" є:

– організація та здійснення пасажирських перевезень, які повинні відповідати автобусним маршрутам місті Вінниці, що підписані згідно договорів із «Prozorro» та укладені між перевізниками;

– своєчасне технічне обслуговування та поточний ремонт автобусів, їх зберігання, а також тих, які їм належать і іншим юридичним та фізичним особам;

– матеріально – технічна доставка та постачання запасними частинами, їх агрегатами та експлуатаційними матеріалами, які відносяться до автобусного парку (ДЕПО).

– планування діяльності комунального підприємства та його обліком, а також керуванням діяльністю виробничо – господарських частин.

– дотримуватися виплат по заробітній платі працівникам та організацій їхньої праці в підприємстві.

Для проведення технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР) автобусів середнього та великого класу на АТП у виробничих підрозділах, які охоплюють загальний спектр комплексних робіт у технічному обслуговуванню та ремонті рухомого складу:

- зони технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР)

розміщуються у виробничих корпусах, які обладнані тупиковими та проїзними постами із оглядовими канавами та підіймачами для автобусів.

1.2 Основні тенденції розвитку технічної експлуатації автомобільного транспорту

Однією із характерних рис науково-технічної революції є інтенсивний розвиток великої кількості засобів комунікації суспільства, до нього відноситься автомобільний транспорт. За останніх 20-25 років автомобільний парк у глобалізованому світі збільшився у 4-4,5 рази [2], що досягнув цифри у 300 млн. транспортних засобів різних моделей. До кінця XX століття автомобільний парк перевищив 380...420 млн. транспортних засобів.

Експлуатація автомобільного парку пов'язана із вирішенням великої низки складних науково-технічних, організаційних та фінансово-економічних проблем [2].

Із одного боку, це забезпечення більш надійних та безпечних функцій транспортної системи, яка сьогодні вимагає збільшення витрат на створення нових, більш сучасних, надійних та безпечних автомобілів, створення необхідної виробничої бази та підвищення кваліфікацій персоналу, створена державна програма, яка розбудовує будівництво доріг «Велике будівництво», та удосконалює засоби по їх обслуговуванню, тощо.

Як випливає із таблиці 1.1, [18] витрати, які пов'язані з створенням виробничої бази, їх технічним обслуговуванням та ремонтом, є значними, навіть при цих затратах, через відмови у деяких вузлах та агрегатах автомобілі змушені всерівно простоювати для робіт у технічному обслуговуванні та ремонті [11, 12, 17, 18].

З іншого боку – це вимога скорочення значних транспортних витрат, які є зокрема витратами за технічну експлуатацію автомобілів, і є передумовою для розвитку транспортної системи [12].

Автомобільна та суміжна галузі промисловості забезпечують кількісне

зростання та зміну якісного складу автомобільного парку, опираючись на вимоги споживачів. До цієї галузі віднесено, також дорожньо-будівельну і органи регулювання, які забезпечують сприянню покращенню умов руху.

Таблиця 1.1 – Середні затрати та капітальні вкладення для технічного обслуговування автомобілів та їх ремонту, при середньостатистичних пробігах

Тип автомобіля	Середньорічні затрати на ТО і ПР, %		Капітальні затрати на виробничу-технічну базу на 1 автомобіль
	всього	в том числі запасні запчастини	
Легкові автомобілі, індивідуального користування	0,14 – 0,17	0,06 – 0,08	0,41 – 0,43
Автомобілі – таксі	0,55 – 0,62	0,25 – 0,30	3,8 – 4,4
Вантажні	0,77 – 0,85	0,20 – 0,35	3,0 – 3,2
Автобуси	1,25 – 1,45	0,6 – 0,75	6,6 – 7,7

Наявність відповідної програми дозволяє поставити міжгалузеві, галузеві та загальнодержавні завдання у планованому періоді, який зображено на рис. 1.8, [11, 12, 17, 18, 32] конкретизувати їх у вигляді відповідних планів та ресурсів, які виділяються. Істотний вплив на методи реалізації по плану галуззі надає політика у галузі по заробітній платі, цін та їх тарифів, що у сьогоднішніх реаліях відіграють важливу роль.

У цих умовах може здійснюватися керування експлуатаційною надійністю і визначення місця служби технічної експлуатації [17, 18, 32], та їх матеріальних ресурсів.

Узагальнення досвіду [11, 12, 13] показує, що є стійкий зв'язок між коефіцієнтом випуску $\alpha_в$ та технічною готовності $\alpha_т$, які для транспорту загального користування характерні таким чином [12]:

По вантажним автомобілям – $\alpha_в = 0,77\alpha_т$;

автобусам – $\alpha_в = 0,93\alpha_т$;

автомобіля-таксі – $\alpha_в = 0,92\alpha_т$.

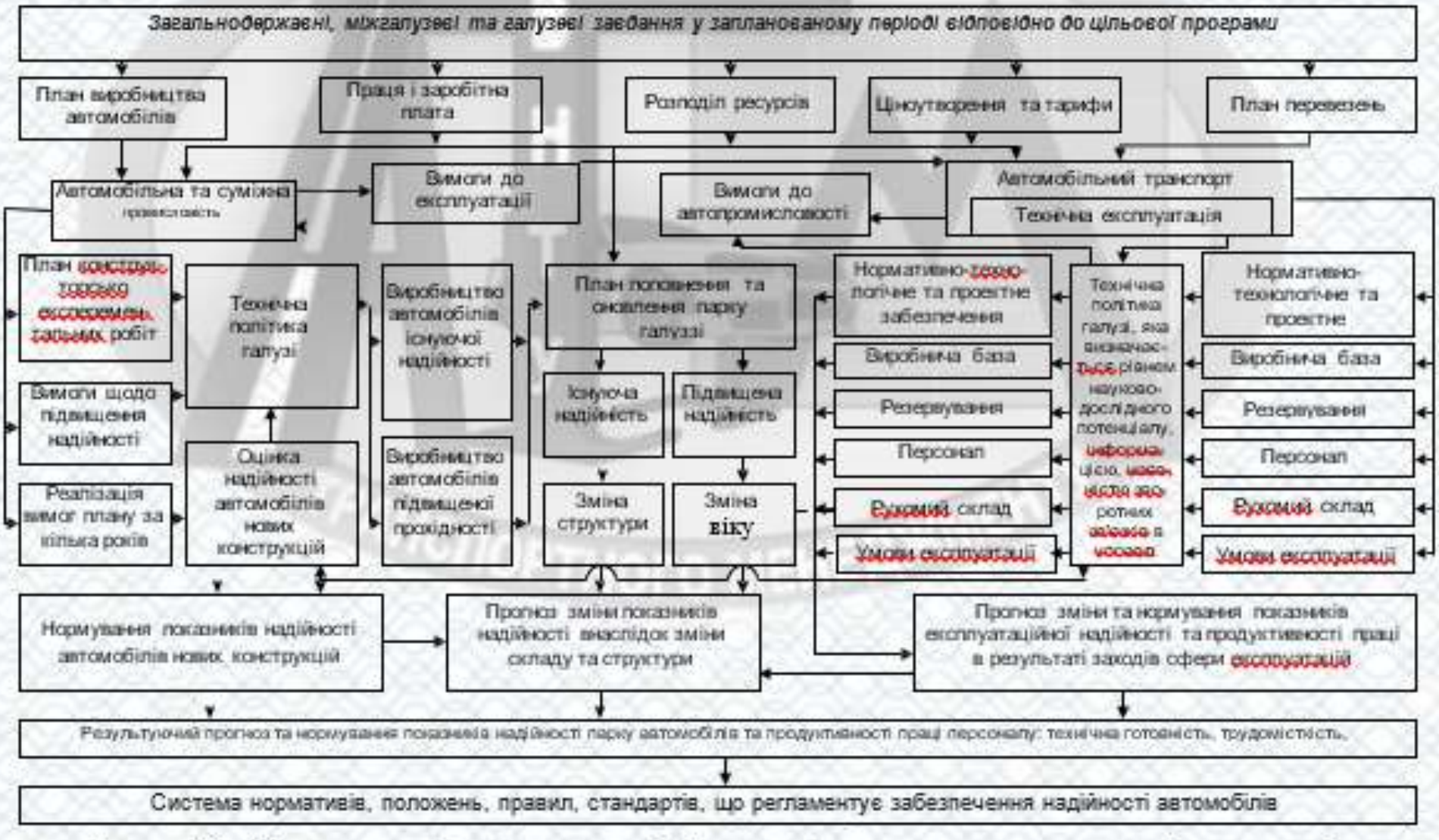


Рисунок 1.8 – Схема взаємодії суміжних галузей під час вирішення загальнодержавних, міжгалузевих і галузевих завдань у запланованому періоді

Дослідження із експлуатаційної надійності автобусів великого класу у своїх роботах розглядав Кузнєцов Є.С. на прикладі питань автобусів класу сімейства Ikarus.

Метод встановлення раціональних нормативів за режимами профілактики, були розроблені ДП "ДержавтотрансНДІпроект", прийняті для виконання роботи, складається вони у виділенні характерно подібних сукупних деталей, вузлів, з'єднань, які впливають головним чином на надійність автобусів та проведення за ними експлуатаційних спостережень, що мають на меті – це визначити для кожної сукупності раціональні нормативи по режиму їх профілактики.

Дані, які отримані під час пробігу підконтрольної групи автобусів із початком експлуатації до 100 тис. км, та ін. наведено в таблиці 1.2 [18].

По автобусах Ikarus 260 – це найбільша кількість відмов (17,9 %), що припадає на двигун та його системи (охолодження, паливну та випуску відпрацьованих газів), на гальмівну систему припадає – 12,8 %, на шини та електрообладнання – 12,6 %, на підвіску – 11,7%.

По автобусах Ikarus – 255 найбільша кількість відмов це – 17,6% – припадає на електроустаткування, на підвіску припадає – 15,8%, на двигун та його системи – 15,6%, шини – 15,2%, на гальмівну систему – 10,4%.

По автобусах Ikarus – 250 найбільша кількість відмов припадає на підвіску – 23,1%, на двигун припадає 16,7%, на електрообладнання та шини – 11,5%, на гальмівну систему – близько 8%. На основі цих даних побудовано для даної модифікації автобусів діаграму Парето (рис. 1.9).

Розподіл відмов по решті агрегатів та систем автобусів приблизно однаковий.

У двох випадках з автобусами Ikarus – 255, 250 найбільша кількість відмов пов'язана з підвіскою. Злам підкореного листа №1 та листа корінної ресори; знос подушки додаткової ресори та амортизатора; тріщина кронштейна додаткової ресори [10, 22].

Важливо відзначити, що пневмопідвіска, а саме пневмобалон, відноситься до переліку деталей, що лімітують [10, 22]. Існує три способи визначити перелік

деталей, що відносяться до надійності, що лімітує. Прикладом одного із способу визначення переліку критичних деталей за надійністю, є АВС аналіз.

Таблиця 1.2 – Розподіл відмов, напрацювання на відмову та середній потік відмов автобусів IKARUS

Агрегати	Автобус Ikarus – 260 на пробігу з початку експлуатації до 100 тис. км			Автобус Ikarus – 255 на пробігу з початку експлуатації до 100 тис. км			Автобус Ikarus – 250 на пробігу з початку експлуатації до 150 тис. км		
	Відсоток розподілу відмов	Середній потік відмов, де відмови / 1000 км	Середнє напрацювання на відмову, тис. км	Відсоток розподілу відмов	Середній потік відмов, де відмови / 1000 км	Середнє напрацювання на відмову, тис. км	Відсоток розподілу відмов	Середній потік відмов, де відмови / 1000 км	Середнє напрацювання на відмову, тис. км
Двигун	17,98	0,30	3,1	15,62	0,22	1,5	16,71	0,24	3,9
Коробка передач	1,70	0,03	34,8	3,12	0,04	22,9	3,34	0,050	20,5
Передній міст	5,63	0,10	10,5	3,39	0,05	21,1	5,19	0,08	13,2
Зчеплення	3,12	0,05	18,9	3,91	0,05	18,3	3,71	0,05	18,5
Рульове керування	5,77	0,10	10,2	4,69	0,06	15,3	7,42	0,11	9,2
Карданна передача	1,63	0,03	36,2	1,30	0,02	55,0	2,23	0,03	30,8
Задній міст	4,29	0,07	13,8	5,22	0,07	13,7	3,15	0,04	21,7
Підвіска	11,74	0,20	5,0	15,88	0,22	4,5	23,19	0,34	2,9
Гальмова система	12,83	0,22	4,6	10,42	0,15	6,9	7,79	0,12	8,8
Електрооблад-нання	12,63	0,21	4,6	17,58	0,25	4,1	11,13	0,17	6,1
Кузов	10,5	0,17	5,9	3,64	0,05	19,6	4,64	0,06	14,8
Шини	12,63	0,22	4,7	15,23	0,2	4,7	11,50	0,17	5,9
Всього	**100,0**	**1,70**	**0,6**	**100,0**	**1,40**	**0,7**	**100,0**	**1,46**	**0,7**

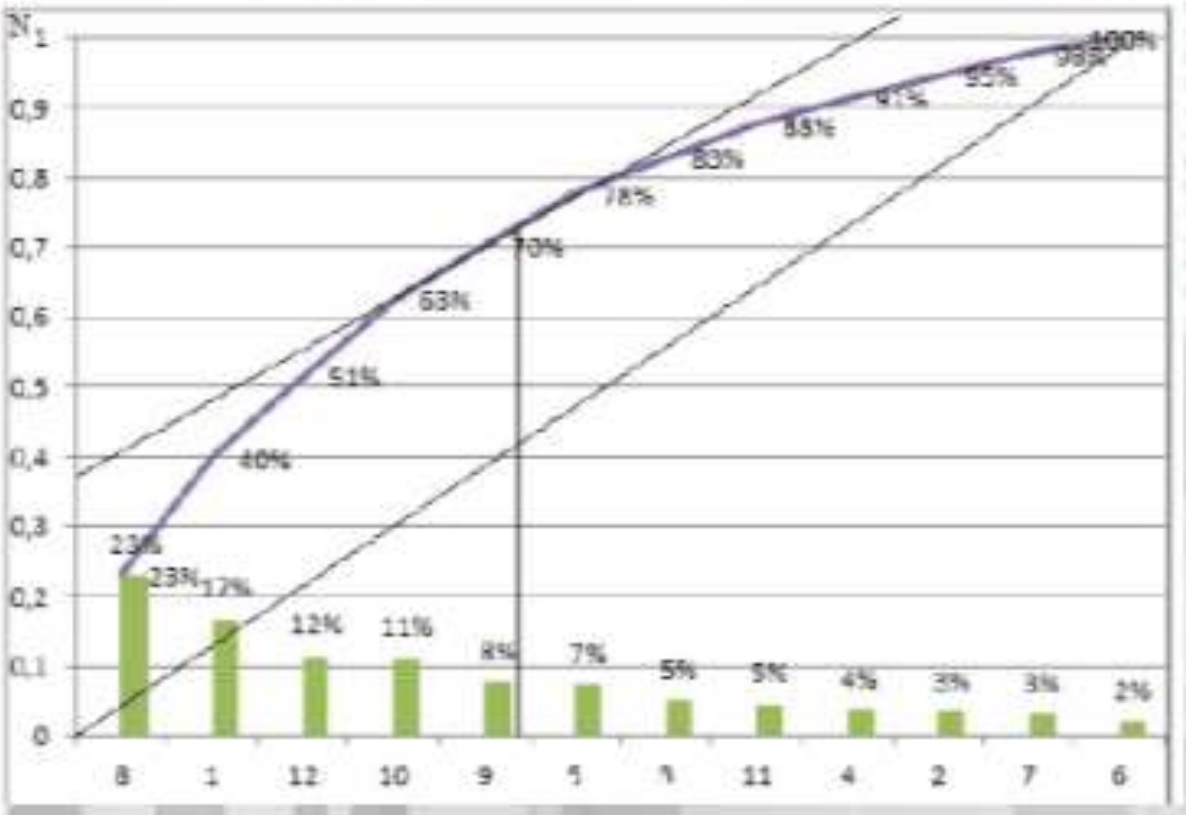


Рисунок 1.9 – Діаграма Парето розподілення відмов для автобусів Ікарус – 250:

1 – підвіска задня; 2 – зчеплення; 3 – електрообладнання; 4 – кузов автобуса; 5 – шини; 6 – рульове керування; 7 – коробка передач; 8 – двигун; 9 – гальмова система; 10 – шини; 11 – карданна передача; 12 – передня підвіска

Графічний метод є наочним та дозволяє отримати достатню для практичних цілей точність. Для цього необхідно скласти спад ряду відмов деталей пневмопідвіски. Отриманий ряд представимо у вигляді графіка (рис. 1.10), де на осі ординат вказано значення числа відмов по кожній із деталей, а на осі абсцис – значення найменувань деталей **N**. Через отримані точки проводимо плавну криву. На побудованій кривій знаходимо точку перегину, в якій спостерігається помітне зниження числа відмов, і з неї опускаємо перпендикуляр на вісь абсцис. Точка перетину із віссю визначає число найменувань деталей, які слід віднести до надійності, що їх лімітує. В даному випадку є 5 систем, які опинилися в даному переліку критичних за надійністю – це двигун, передня та задня підвіска, шини та

гальмова система, вони і складають 70% деталей, які є критичними за надійністю [10, 22].

Найважливішими елементами автомобілів та автобусів є механізми підвіски. Особливо надійність підвіски актуальна для автобусів великого класу, оскільки від її стану істотно залежить комфорт та безпека пасажирів [27, 28, 29].

1.3 Фактори, які впливають та забезпечують надійність пневмопідвіски при витраті запасних частин автобусів

Надійність пневмопідвіски залежить від великої кількості факторів. Які, у свою чергу, можна розділити на кліматичні, дорожні, режим роботи і. т. д. Кліматичним факторам відноситься температура (високі та низькі її значення), частка днів з опадами, вологість, сонячна радіація, тумани, пилові бурі (рис. 1.12).

Зміни властивостей матеріалів залежить від наявності перелічених чинників, але й від інтенсивності і тривалості їх прояви. Слід зазначити, що кліматичні фактори інтенсифікують відмови, які виникають внаслідок дії сил тертя, втомних явищ у металі, випадкових перевантажень та інших проявів зношування деталей. На рис. 1.10 показано, як впливають кліматичні фактори на автомобіль (транспортний засіб).

Кузнєцовим Є.С., запропоновано класифікацію факторів, які впливають на витрату запасних частин (рис. 1.11). Більшість авторів беруть за основу цю класифікацію, додаючи нові дослідження. Сукупність факторів, які визначають потреби в запасних частинах, зазвичай поділяють на чотири групи: конструктивні, експлуатаційні, технологічні та організаційні [17, 18, 32].

У дослідженнях Луйк І.А., виділяє три основні типи факторів, що впливають на технічний стан автомобіля. Перший – конструктивні чинники визначаються формами, розмірами деталей, жорсткістю конструкції тощо.

Технологічні чинники залежать від якості матеріалів, що використовуються для виготовлення деталей, застосування відповідної термічної обробки їх та складальних робіт. На технічний стан автомобіля більшою мірою впливають

перелічені вище фактори [20, 21].

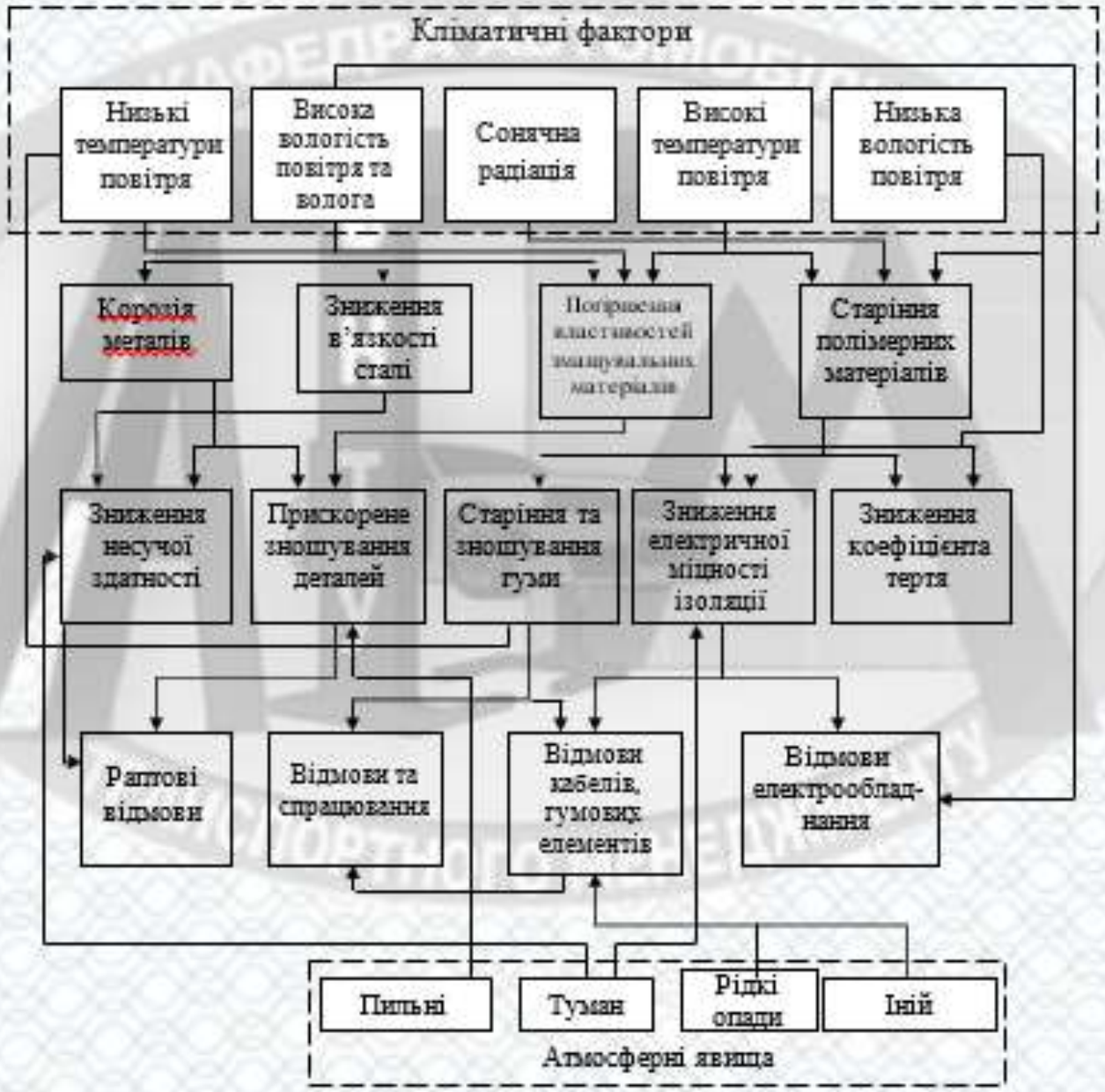


Рисунок 1.10 – Схема комплексного впливу основних кліматичних факторів та атмосферних явищ на надійність об'єктів

Говорущенко М.Я., запропонував розділити запасні частини на чотири види. Перший вид – деталі, від яких залежить безпека руху (у процесі експлуатації автомобілів вони періодично змінюються, незалежно від їхнього стану). Другий вид – деталі, термін служби яких дорівнює пробігу автомобілів до капітального ремонту (у процесі експлуатації не змінюються). Третій вид – деталі, що мають

обмежений термін служби та заміна яких передбачена у процесі експлуатації автомобілів. Четвертий вид – деталі, заміна яких супроводжує заміну деталей перших трьох груп (прокладки, ущільнення, кріпильні деталі тощо).

Рисунок 1.11 – Класифікація факторів, які впливають на розхід автомобільних запчастин

На автотранспортних підприємствах основна увага має приділятися постачанню запасних частин першої, третьої та четвертої групи. Термін служби агрегатів та окремих деталей значною мірою залежить від умов експлуатації автомобілів. Тому в кожному автомобільному підприємстві слід вести статистичний аналіз термінів служби окремих вузлів та деталей та на основі цього здійснювати планування та постачання запчастин [7, 8, 9].

Максимов В.А., спираючись на методику, раніше запропоновану Кузнєцовим Є.С., запропонував декомпозицію умов експлуатації, що визначають витрату запасних частин (рис. 1.12) [22].

Рисунок 1.12 – Декомпозиція умов експлуатації, що визначають витрату запасних частин

Як метод виявлення найбільш значущих чинників, що використовуються при апріорному ранжуванні.

На початковому етапі дослідження готується анкета. В анкету включено 5 факторів, які впливають на надійність автобуса. В експерименті брали участь 7 експертів – це фахівців із транспорту автобусного парку комунального підприємства "Вінницька транспортна компанія"».

Були розглянуті такі фактори:

- Кваліфікація водія;
- Дорожні умови;
- Інтенсивність експлуатації;
- Природньо-кліматичні умови;
- Вік автобуса (втрата працездатності).

Матриця рангів, отримана із анкет, та наведена у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Експертний аналіз факторів, які впливають на надійність автобуса

№ Експер-тів	X1– Кваліфікація водія	X2 – Дорожні умови	X3 – Технічний стан (втрата работоздатності)	X4 – Природно-кліматичні умови	X5 – Вік автомобіля
1	5	3	4	1	2
2	4	2	3	1	5
3	5	4	3	1	2
4	5	2	1	2	3
5	5	2	4	1	2
6	5	3	2	1	4
7	5	4	2	1	3
Σ	34	20	19	8	21
Δi	-13,6	0,4	1,4	12,4	-0,6
$(\Delta i)^2$	184,96	0,16	1,96	153,76	0,36

Коефіцієнт конкордації Кендалла – це кілька від 0 до 1, що характеризує ступінь узгодженості думок експертів (у вигляді рангів) за сукупністю їх критеріїв.

$$W = \frac{12 \times D}{k^2 (n^3 - n)}, \tag{1.1}$$

$$D = \sum_{i=1}^{n} r_{ij}^2 - \frac{\left[\sum_{i=1}^{n} r_{ij}\right]^2}{n}, \tag{1.2}$$

n — число показників;

k — число експертів;

r_{ij} — ранг **i** – ого показника, який визначений **j** – им експертом;

D_i — сума рангів **i** – ого показника по всім експертам;

W — коефіцієнт конкордації Кендалла.

Оцінка по узгодженню думок експертів проводилася за коефіцієнтом конкордації Кендалла:

$$W = \frac{12 \times 341}{5^2 (7^3 - 7)} = 0{,}62.$$

Незалежно від того, що отримані значення коефіцієнта конкордації Кендалла значно відрізняються від нуля, то ще перевіримо його за критерієм Пірсона:

$$x^2 = \frac{12 \times 341}{5 \times 7 \times (7+1)} = 18{,}73.$$

Гіпотеза про наявність узгоджених думок експертів, що може бути прийнята, якщо при заданому числі ступінь свободи табличного значення x^2, меньше розрахункового при 5 % погрішності.

При врахуванні 5% рівня погрішності, числа степенів свободи $f = 6$ табличного значення критерія $x^2 = 12{,}6$. Відповідно, і думка експертів є узгодженою та врахованою. По даних побудована діаграма рангів для розглянутих факторів (рис. 1.13).

Рисунок 1.13 – Діаграма апріорного ранжування факторів, що враховують думку експертів

За проведеним дослідним експериментом встановлено, що таким чином, за результатами найбільше на надійність пневмопідвіски автобусів впливають природно-кліматичні умови, а далі у порядку зменшення, вік автомобіля та дорожні умови.

1.4 Зміна закономірності надійності автомобілів при умові їх експлуатації

Надійність автомобілів значно залежить від умов експлуатації. На відміну від конструктивної та виробничої надійності, яка досягнута в процесі його конструювання та виготовлення дослідного зразка автомобіля, для практичного використання автомобіля виключно велике значення має його експлуатаційна надійність, яка отримана шляхом статистичної обробки матеріалів масової експлуатації автомобілів у конкретних умовах.

Умови експлуатації автомобілів – це сукупність дорожніх та кліматичних умов, режиму використання автомобілів, а також умови для завантаження та вивантаження вантажів та ін.

При експлуатації автомобіля у важких дорожніх умовах збільшується навантаження, що діє на деталі автомобіля, які призводять до прискореного зношування, втоми металу, порушення стабільності кріплень та регулювань, а в ряді випадків, поломки деталей, як силової передачі та ходової частини [7, 8, 9, 10].

Дослідженнями, які проведені в ДП "ДержавтотрансНДІпроект", було встановлено, що при роботі автомобіля на грунтових дорогах, середня періодичність між поточними ремонтами заднього мосту становить 1,7 – 5,8 тис. км, а при роботі на автомобільній дорозі з асфальтобетонним покриттям 7,5 – 11,5 тис. км, при роботі автомобіля на грунтових дорогах шпильки кріплення фланця півосі змінювалися після пробігу 5,7 – 17,5 тис. км, відповідно при роботі на дорогах з асфальтобетонним покриттям – після 33,5 тис. км [17, 18, 19, 32].

Аналогічні дані отримані і щодо поточного ремонту підвіски автомобіля. Середня періодичність між ремонтами підвісок автомобіля під час роботи на грунтовій дорозі 2,6 – 3,8 тис. км, на дорозі з асфальтобетонним покриттям 7-10 тис. км тобто у 2,6 – 2,7 рази більше [10, 18, 19, 20, 21, 22, 32].

Зміна дорожніх умов викликає не тільки зміну навантажувальних та швидкісних режимів роботи механізмів та агрегатів автомобілів, а також значною

мірою змінюється і характер дії навантажень – амплітуда та їх частота. Особливо несприятливо вібрація позначається на терміні служби та надійності радіатора, деталей електрообладнання, кузовів легкових автомобілів та автобусів, що несуть, довговічності деталей ресорної підвіски.

Великий вплив на надійність роботи автомобіля надають кліматичні та сезонні умови. Такі чинники, як зміна температури навколишнього повітря (зокрема її зниження), погіршення стану дорожнього покриття чи поломку деталей автотранспортного засобу.

Дослідженнями Захарова М.С. та Ракітіна О.М. встановлено вплив сезонних змін умов та інтенсивності експлуатації на потік відмов автомобілів. На прикладі (рис. 1.14) зображено потік відмов автомобільного двигуна КамАЗ – 740.

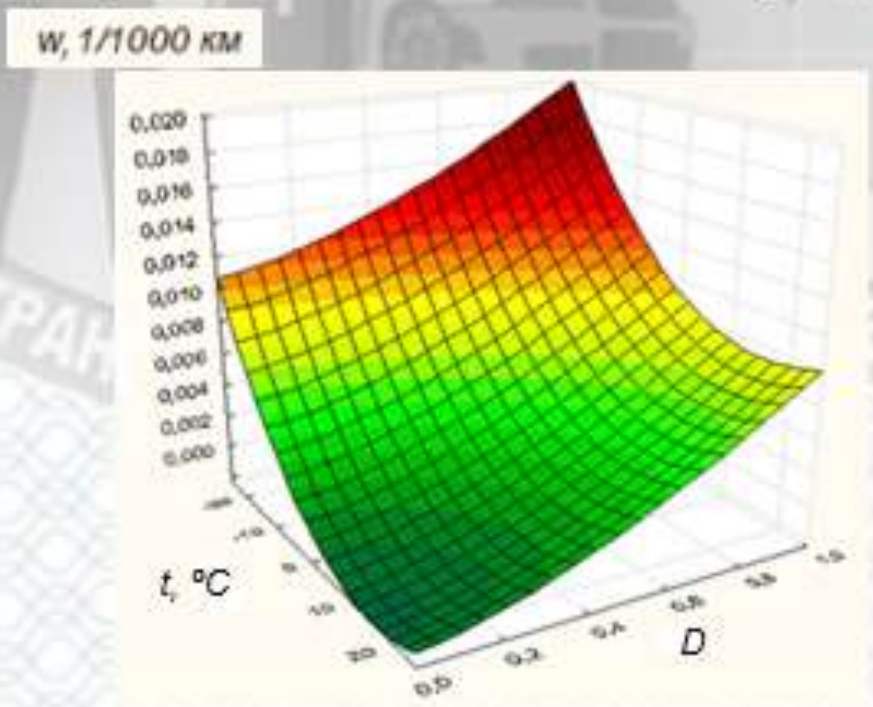


Рисунок 1.14 – Вплив температури повітря та опадів на параметр потоку відмов двигунів КамАЗ – 740

Кожен із факторів експлуатації автомобілів змінюється за часом. Особливо це характерно для кліматичних умов, у яких спостерігається циклічність, що виявляється у зміні сезонів року. Так, Захаров М.С., у своїх дослідженнях розглядає закономірності зміни умов експлуатації за часом. До найважливіших

факторів кліматичних умов експлуатації автомобілів відносяться температура навколишнього повітря та вологість.

У таблиці 1.4 наведено порівняльну характеристику середньомісячних температур для міст Києва та Вінниці, яка взята із середньомісячної температури «Кліматограми», за 2021 рік.

Таблиця 1.4 – Порівняльна таблиця середньомісячних температур міст Києва та Вінниці у відповідності до «Кліматограми», за 2021 рік.

Місто	Місяць	Температура °С	Місто	Місяць	Температура °С
1	2	3	4	5	6
Київ	Січень	-2,5	Вінниця	Січень	-4,8
	Лютий	-4,5		Лютий	-4,9
	Березень	2,7		Березень	1,2
	Квітень	8,0		Квітень	5,0
	Травень	14,4		Травень	10,1
	Червень	21,3		Червень	14,1
	Липень	24,6		Липень	20,8
	Серпень	21,1		Серпень	21,1
	Вересень	13,5		Вересень	11,5
	Жовтень	8,4		Жовтень	6,4
	Листопад	4,8		Листопад	-1,2
	Грудень	-2,6		Грудень	-2,8

1.5 Методи, які використовуються при доставці запасних частин для автомобілів

Вивчення вітчизняного та зарубіжного досвіду організації МТЗ (матеріально-технічного забезпечення) [8, 11, 12, 18] показало, що вирішується це складне завдання шляхом застосування складського способу просування

продукції виробничо-технічного призначення від виробників до споживачів, що полягає в централізації різних за номенклатурою та обсягом запасів на складах різних рівнів. На складах наступного рівня номенклатура, що зберігається, ширша, а запаси по кожному найменуванню більше і. т. д., і, нарешті, вся номенклатура запасних частин і найбільші запаси по кожному найменуванню деталей зберігаються на центральному складі, наприклад, заводу-виробника даного автомобіля [32].

Спосіб визначення номенклатури та обсягів запасних частин, які слід зберігати на кожному складі, та процесі підтримки цих запасів на потрібному рівні прийнято називати управління запасами. Процес управління запасами на складах різного рівня здійснюється різними методами. В основному, найбільш поширений поділ усієї номенклатури запасних частин для кожної моделі автомобіля за частотою попиту на групи, наприклад, А, В та С.

Перша група (деталі високого попиту) включає близько 10% від загальної номенклатури запасних частин (100-150 найменувань). Ними задовольняється близько 85% замовлень споживачів, а ціна становить близько 70% вартості всієї найменувань. Саме ці деталі найчастіше виходять із ладу, і заміною їх на АТП усувають більшу частину несправностей [10, 22].

Друга група (деталі середнього попиту) включає 15% загальної номенклатури, але ними задовольняється лише 10% попиту запасні частини, а вартість вбирається у 20% [10, 22].

Третя група (деталі рідкісного попиту) включає 75% загальної номенклатури (600-700 найменувань). Ними всього задовольняється лише 5% попиту запасних частин, а вартість вбирається у 10% [10, 22].

Визначення нечисленних за номенклатурою, але важливих за витратою та вартістю деталей (група А), а також матеріалів та деталей, які слід віднести до груп В та С, проводиться за допомогою графіка, наведеного на рис. 1.15.

Економіко-математичні методи засновані на визначенні таких оптимальних розмірів та періодичності замовлень, за яких вартість отримання та зберігання однієї деталі є мінімальною. Вхідними даними визначення розміру і

періодичності замовлення служать: річна потреба V деталях у вартісному вираженні; витрати S, пов'язані з оформленням та отриманням замовлення, витрати C за змістом одиниці запасу.

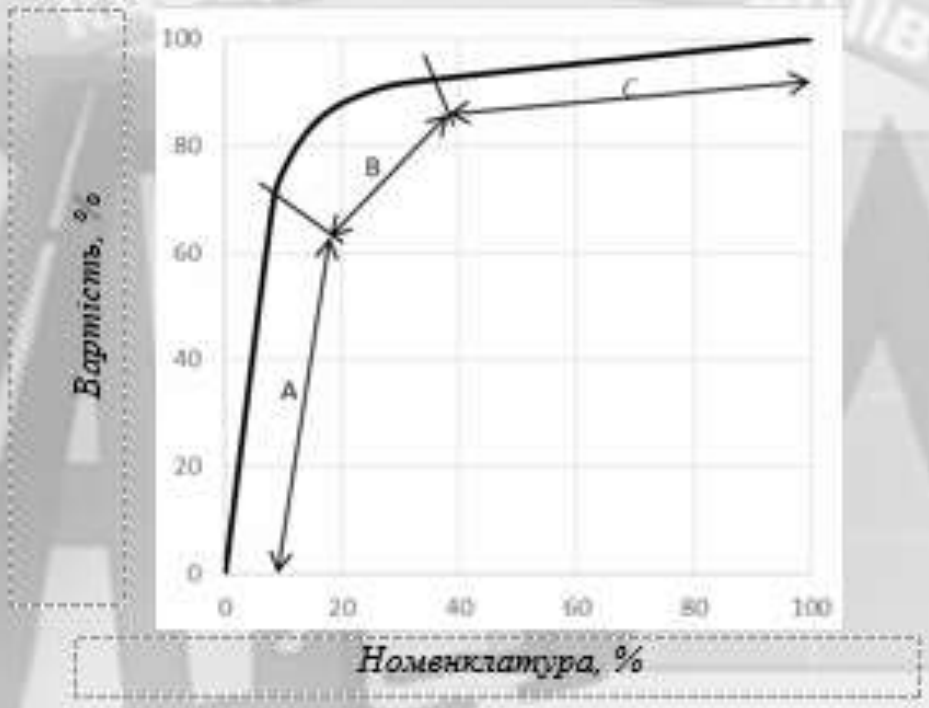


Рисунок 1.15 – Графік для аналізу взаємозв'язку номенклатури та вартості деталей та матеріалів

Якщо одночасно замовити всю готову потребу в деталях, вартість оформлення та доставка замовлення будуть на одиницю замовлення мінімальні, а витрати, пов'язані зі зберіганням, максимальні. Наприклад, при річній потребі у 300 деталей та одноразовому їх замовленні протягом року, запас змінюватиметься від максимального (рис. 1.16), рівного 300, до мінімального, рівного (за вирахуванням страхового запасу) нулю. При цьому витрати зберігання будуть визначатися середнім рівнем запасу, що дорівнює 150 деталей [10, 22].

Якщо обсяг замовлення скоротити вдесятеро (до 30 деталей), то витрати зберігання будуть визначатися новим середнім розміром - 15 деталей, тобто. скоротяться, а витрати, пов'язані з оформленням та доставкою замовлення, збільшиться (замість одного – 10 замовлень) [10, 22].

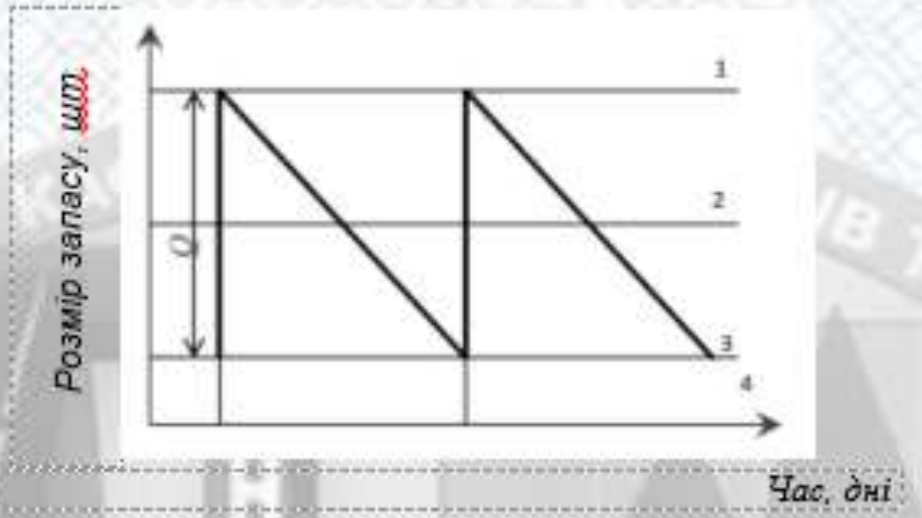


Рисунок 1.16 – Регулювання рівня запасів:
1 – максимальний рівень запасу; 2 – середній рівень запасу; 3 – мінімальний рівень (резервний); 4 – нульовий рівень запасу.

Для планування необхідного обсягу виробництва запасних частин основою має бути покладено показник норми витрати автомобільних запасних частин, який може об'єктивно регулювати процеси виробництва та споживання запасних частин. Існують різні методи визначення витрати запасних частин (рис. 1.17) [10, 22].

Рисунок 1.17 – Методи визначення потреби у запасних частинах

Для максимально ефективного використання методів визначення витрати запасних частин необхідно, як вихідні дані використовувати чисельні значення, отримати, які є можливим в оперативному порядку та поточних умовах експлуатації автомобілів. Результати аналізу методики визначення кількості запасних частин зведено до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Результати аналізу методик визначення запасних частин

№	Автор	Метод	Переваги	Недоліки
1	Луйк І.А.	Нормативний	Застосування методики, якщо автопарк складає понад 100 автомобілів.	Не враховує впливу сезонних факторів.
2	Кузнецов Є.С.	Нормативний	Методика на 100 автомобілів в рік.	Не враховує впливу сезонних факторів.
3	Говорущенко М.Я.	Експертний, стохастичний	Методика для підприємств із більшою кількістю автомобілів.	Не враховує впливу сезонних факторів.
4	Крамаренко Г.В.	Експертний	Враховує вплив дорожніх умов на розхід запасних частин.	Не враховує впливу сезонних факторів.
5	Остапюк О.Я.	Агрегатний	Вузька спеціалізація дослідження.	Не враховує впливу сезонних факторів.
6	Бичков В.П.	Нормативний	Проста у разрахунках	Не враховує впливу сезонних факторів.
7	Безуглий Б.Д.	Експертний	Враховує сезонні зміни по ПММ	Не враховує впливу сезонних факторів.
8	Шейнін О.М.	Експертний	Точність у розрахунках	Не враховує впливу сезонних факторів.

Стратегія розвитку управління запасами в управлінні транспорту КП «Вінницької транспортної компанії», здійснюється за допомогою системи постачання із фіксованим інтервалом часу між поставками. Ця стратегія розвитку

є доцільною, і її оптимізація не є актуальною для дослідження та не входить до рамок дослідження. Завданням управління запасами зводиться до вибору обсягів замовлення та резервів запасних частин.

Надалі розглянемо систему контролю запасів в управлінні технологічного транспорту та управлінні механізованих робіт КП «Вінницької транспортної компанії». Тут можна виділити кілька рівнів, що мають різні обсяги та специфіку зберігання:

1 рівень – центральний склад господарюючого суб'єкта;

2 рівень – склад структурних підрозділів;

3 рівень – виробничий склад структурних підрозділів.

У системі формування замовлень на постачання запасних частин у кожному складі міститься інформація про наявність запасів в інших складах. Ця інформація знаходиться в єдиному центрі ухвалення рішень, де надалі, потім видаються замовлення постачальникам.

Між різними постачальниками підприємств та комунальним підприємством «Вінницька транспортна компанія» встановлено прямий зв'язок. Цей спосіб постачання в управління технологічного транспорту (УТТ) називають – транзитним постачанням. Наявність прямого зв'язку прискорює реакцію виробників на нові вимоги до якості та асортименту матеріальних ресурсів, забезпечує ритмічні постачання, зменшує кількість бракованих виробів. У системі транзитних поставок істотною вадою є неможливість частих замовлень. Тут важливо враховувати таке поняття як «транзитна норма відвантаження» – це обсяг партії, постачання якого вважається економічно доцільним. Найчастіше для перевезень використовують танкери, вагони, платформи, контейнери.

З даних, наведених вище, можна дійти невтішного висновку у тому, що оновлення матеріальних запасів, і, зокрема, запасних частин, відбувається лише 4 десь у рік. У питанні підтримки певної кількості запасів дуже важливо визначити їх потрібний рівень: надмірний обсяг запасів призводить до невиправданих витрат на їх утримання, а також «заморожує» кошти підприємства; недостатній обсяг запасних частин призводить до низької технічної готовності рухомого складу, що

безпосередньо впливає на основне виробництво.

Розглядаючи систему управління запасами КП «Вінницька транспортна компанія», важливо враховувати також наведений нижче перелік статей витрат з управління технологічного транспорту або управління механізованих робіт:

- Вартість зберігання запасів;
- Вартість складського приміщення;
- Експлуатаційні витрати;
- Транспортні витрати всередині підприємства;
- Збитки від зниження споживчих якостей;
- Вартість постачання;
- Матеріальні збитки від дефіциту запасних частин.

1.6 Постановка завдання дослідження

Метою роботи є розробка методики оцінки впливу сезонних умов на надійність пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу для вирішення задач по визначенню необхідної кількості у запасних запчастинах комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» міста Вінниця Вінницької області.

Для реалізації зазначеної мети необхідно вирішити наступні завдання та слід зазначити, що механізм формування відмов під вплив факторів таких видів недостатньо досліджений.

Що дозволило сформулювати такі завдання для дослідження:

1. Здійснити огляд та аналіз виконаних досліджень з метою обґрунтування наукової новизни досліджуваної теми.

2. Обґрунтувати чинники, що значно впливають надійність елементів пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу;

3. Встановити закономірності впливу обраних чинників показники надійності пневмопідвіски;

4. Розробити математичну модель знайдених закономірностей;

5. Розробити імітаційну модель формування потреби в елементах пневмопідвіски під час експлуатації автобусів у змінних природно-кліматичних умовах;

6. Розробити методику оцінки впливу сезонних умов на надійність пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу та оцінити економічний ефект від практичного використання отриманих результатів.

Висновки до розділу 1

За результатами аналізу необхідно зробити такі висновки.

На інтенсивність потоку відмов автомобілів впливає багато факторів. Вплив деяких з них вивчений у дослідженнях Кузнєцова Є.С., Луйка І.А., Авдонькіна Ф.М., Захарова Н.С., Говорущенко М.Я., Лукінського В.С., Крамаренка Г.В., Лудченка О.А., Верьовкіна Н.І., Максимова В.А. та ін.

Слід зазначити, що сезонних умов вивчено недостатньо повно.

Як показують представлені вище і наші власні дослідження [26] одними із найважливіших сезонних факторів, (значно змінюються в різні періоди року), які впливають на надійність автомобіля та його систем, є температура повітря та інші природно-кліматичні фактори.

А також, відомо, що раніше було становлено закономірності впливу цих факторів на надійність автомобілів. Це вплив сезонних умов на надійність автобусів великого класу та окремих його елементів підвіски, що відображено у дослідженнях проф. Кузнєцова Є.С. Тому, багато дослідників зазначають, що протягом календарного року кількість відмов змінюється циклічно, а це дозволяє зробити припущення про наявність факторів сезонності.

РОЗДІЛ 2
ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Загальна методика досліджень

Грунтуючись на висновках та завданнях, які описані наприкінці першого розділу, а також поставлена мета, сформульовано об'єкт, предмет, гіпотезу та загальну методику дослідження.

Об'єктом дослідження є процес формування потоку відмов пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу із врахуванням сезонної варіації природно-кліматичних факторів.

Предметом дослідження – методика оцінки впливу сезонних умов на надійність пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу.

Для вирішення поставлених завдань частково використовувалися результати аналізу раніше проведених досліджень щодо аналогічної проблематики.

В основу теоретичних досліджень (рис. 2.1), вкладено системний підхід, де на першому етапі безпосередньо необхідно скласти схему для досліджуваної системи, встановити її вхід та вихід. Далі систему структурувати, а вигляд структури визначити елементами, які до неї входять. Далі об'єднати взаємозв'язки, які перебувають між цими елементами схеми.

Одним із найважливіших етапів дослідження за наведеною схемою є огляд факторів, що суттєво впливають на інтенсивність відмови у пневмопідвісках автобусів середнього та великого класів. На підставі досліджень, які були проведені раніше, безпосередньо було складено перелік сезонних факторів. Де необхідною умовою є схильність такого відбору до сезонної варіації. Для цього оцінювалися кореляційні зв'язки між ними і відбиралися незалежні фактори.

Для створення необхідної моделі, яка визначає як сезонні природно-кліматичні чинники, що впливають на потік відмов пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу, було використано емпіричний підхід. А за основу

висунуто гіпотезу про вид моделі, після цього визначено чисельні значення її параметрів. Потім проводився експеримент, за результатами якого робився висновок адекватності запропонованої моделі.

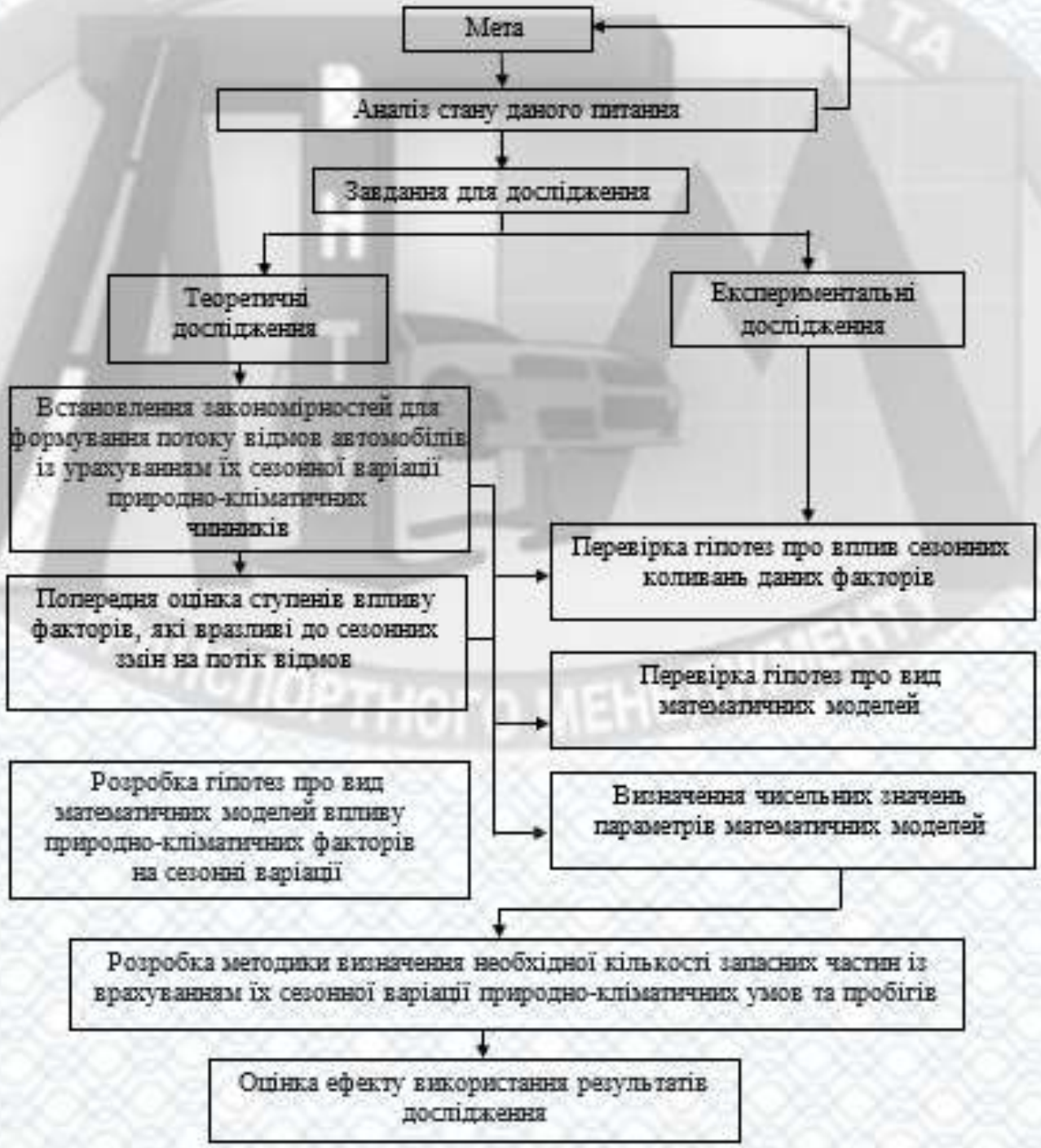


Рисунок 2.1 – Укрупнена схема дослідження

На основі отриманих таким чином моделей і розроблялася методика для розрахунку необхідної кількості запасних частин.

2.2 Методика визначення необхідної кількості запасних частин пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу

Для встановлення закономірностей формування потоку відмов пропонується використовувати системний підхід.

В якості етапів дослідження можна виділити такі:

- Визначення критерію ефективності функціонування досліджуваної системи;
- Структурування системи (виділення окремих елементів);
- Дослідження закономірностей та залежностей між елементами;
- Моделювання системи;
- Визначення шляхів практичного використання результатів [13].

Цільова функція набуде вигляду:

$$З_{\Sigma} \rightarrow min \qquad (2.1)$$

При розгляді компонентів, що становлять $З_{\Sigma}$, можна відзначити залежність доданків від формування потоку відмов. Головне в цільовій функції це витрати на поточний ремонт автобусів. Важливо врахувати, що частина витрат пов'язана із транспортуванням, зберіганням, підтриманням рівня запасів запасних частин у частині поточної діяльності та страхових випадків. Одне із найважливіших моментів, які враховані під час управління запасами у створенні – це обсяг оборотних засобів, розміщених у структурі запасів.

$$З_{заг} = З_{втрат} + З_{виробн.} + З_{збер.} + З_{приобр.} \rightarrow min. \qquad (2.2)$$

де $З_{витрат.}$ – витрати прибутку через простої рухомого складу від дефіциту запасних частин.

$З_{виробн.}$ – витрати, які пов'язані із простоєм основного виробництва через відсутність бригади робітників та через невихід автотранспорта на лінію.

$З_{зберіг.}$ – витрати, пов'язані із зберіганням запасних частин на складі.

$З_{приоб.}$ – витрати, що пов'язані із придбанням запасних частин.

У зв'язку з цим, можна визначити критерій мінімуму сумарних витрат у наступному вигляді (рис. 2.2).

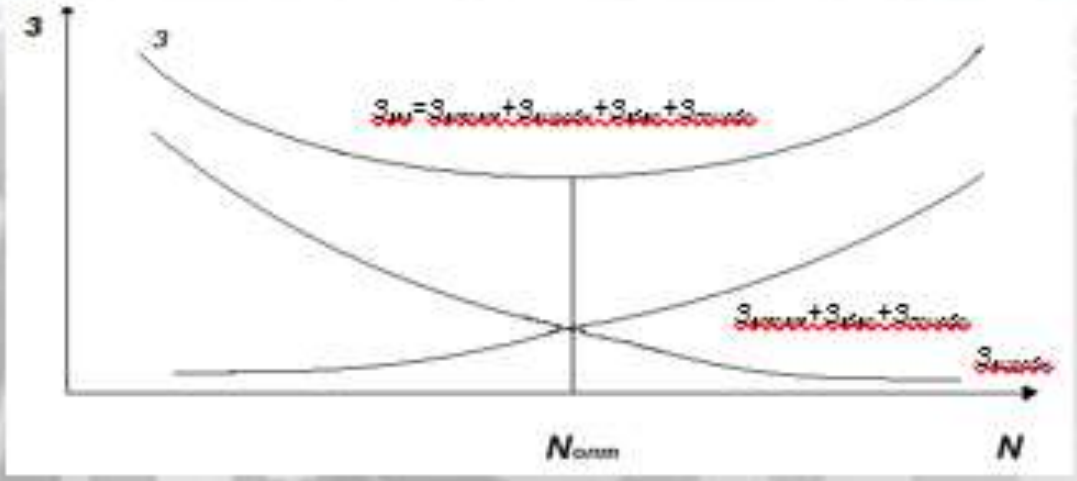


Рисунок 2.2 – Визначення потрібної кількості запасних частин за критерієм мінімальних сумарних витрат

На підприємстві важливо зберегти баланс між низькою собівартістю використання автомобільного транспорту та підтриманням належного рівня запасів, який би визначав безперебійність роботи транспортних засобів.

У такому варіанті критерій успішності функціонування системи, що досліджується, вимірюється в рамках забезпечення надійності автотранспортних засобів. У зв'язку із цим можна забезпечити безперебійну роботу рухомого складу та основного виробництва підприємства.

2.3 Схема концептуальної моделі формування необхідної кількості запасних частин

У більшості раніше виконаних із близьких тематик досліджень є аналізована система, що представляється у формі, як «чорного ящика» та розглядається, як зв'язок між входом і виходом. Але, на думку Захарова М. С., до недоліків такого підходу відноситься вузька сфера використання, тобто неможливість поширення певних значень параметрів моделей за межі тих умов,

для яких вони визначені. Для усунення цього недоліку необхідно встановити ще й закономірності взаємодії елементів досліджуваної системи. На рис 2.3. представлено схему концептуальної моделі, що дозволяє врахувати ці закономірності.

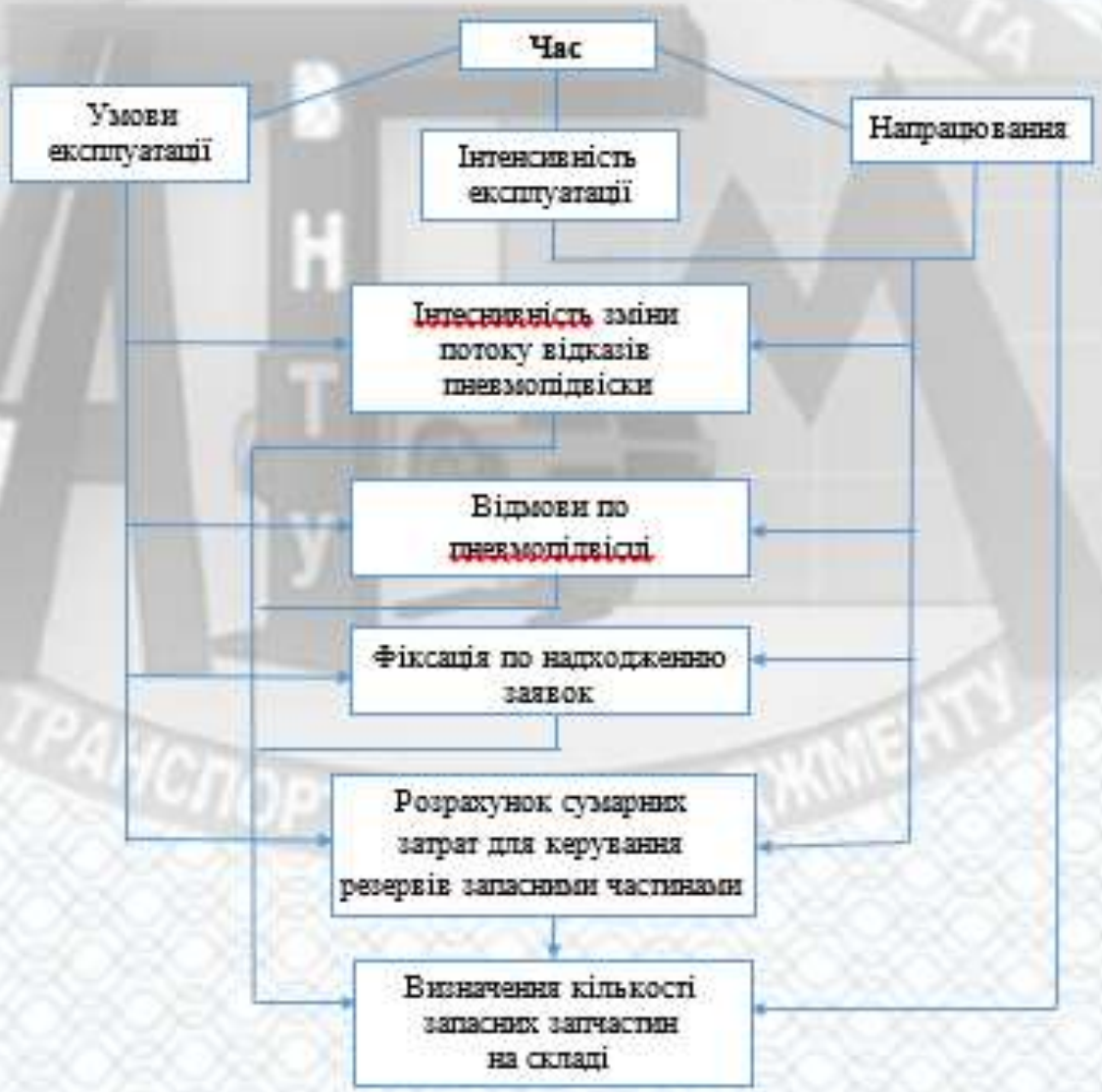


Рисунок 2.3 – Схема концептуальної моделі визначення кількості запасних частин

Частина закономірностей (зміна за часом інтенсивності та за умов експлуатації) відносяться до рядів динаміки. Значення вихідних параметрів формують трендові, періодичні та випадкові компоненти.

Потрібна кількість у запасних частинах в даному випадку залежить від інтенсивності відмов λ і напрацювання всього автотранспорту за аналізований

період:

$$N_{опт.} = f\,(\lambda,\ L_{алгоз.}) \qquad (2.3)$$

У наступних пунктах магістерської роботи даного розділу висуваються гіпотези про вид математичних моделей, а в розділі 3 проведена експериментальна перевірка цих гіпотез.

2.4. Локалізація системи

Локалізація системи зводиться до відбору значних чинників, як визначна зміна виходу системи, що розглядається.

Перший із факторів – температура повітря – змінюється за часом (T) і, виходячи з цього, формує три компоненти (середньорічні, середньомісячні та щоденні коливання). При цьому важливо враховувати амплітуду середньомісячних значень температури повітря порівняно із середньорічними значеннями (у цьому випадку можна вказати на сезонну складову). Однак, слід зазначити, що щоденні коливання температури формують середньомісячні значення і відповідно випадкову складову, яка розглянута формулою (2.4).

$$t_{повіт.} = f(T) \qquad (2.4)$$

Другим фактором впливу на надійність елементів пневмопідвіски є опади. Інтенсивність опадів ($h_{опад.}$) значною мірою залежить від вологості, а вологість, у свою чергу, залежить від температури повітря та від календарного часу:

$$h_{опад.} = f\,(T,\ t_{повіт.}). \qquad (2.5)$$

Третім фактором є інтенсивність експлуатації, яка у випадку змінюється за часом. Під інтенсивністю експлуатації перш за все розуміють пробіг автобуса за певний проміжок часу, прикладом цього є добовий пробіг. Характеризується він середньорічним, середньомісячним, середньодобовим значеннями.

$$l = f\,(T). \qquad (2.6)$$

Для автобусів середнього та великого класу, призначених для перевезення пасажирів до основного місця їх призначення за фіксованими маршрутами, є характерна відносна сталість інтенсивності і вона не піддається сезонним змінам.

Від інтенсивності експлуатації залежить пробіг із початку експлуатації (напрацювання), який із часом змінюється під час виконання автобусом транспортної роботи і визначається за формулою:

$$L = f(T). \tag{2.7}$$

Перелічені такі фактори і формують інтенсивність відмов. Якщо інтервал часу між подіями (відмовами) розподілено за експонентним законом, то кількість подій у заданому інтервалі розподілено за законом Пуассона [12]. Інтенсивність відмов залежить від умов експлуатації «*X*» та пробігу із початку його експлуатації:

$$\lambda = f(X, L). \tag{2.8}$$

Крім перелічених факторів, необхідно ще врахувати рівень організації системи управління запасами О, він впливає на час простою в системі $t_{пз}$ (простої в зв'язку із відсутністю запасних частин) і можна це виразити так:

$$t_{пз} = f(O, T, \lambda, N_{зч}). \tag{2.9}$$

Після визначення факторів занесемо їх в таблицю (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Початковий перелік факторів

Найменування факторів	Найменування показників факторів	Буквене позначення
1	**2**	**3**
Температура повітря	Середня місячна температура, °С	t
Вологість (в зимовий період часу)	Кількість днів із опадами за місяць, один.	N
	Доля днів із опадами за місяць,	D
	Середня кількість опадів за добу, мм	h

2.5. Вплив сезонних змін природно-кліматичних умов на надійність пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу

Як було вище зазначено, потреба у запасних частинах для пневмопідвіски автобусів залежить від інтенсивності відмов і загального пробігу автобусів за період, що розглядається. Для моделювання даного процесу формування потоку відмов необхідно встановити вплив сезонних умов інтенсивністю їх відмов. У цьому важливо розуміти фізичну сутність процесів, як визначальних інтенсивних відмов.

У попередньому розділі розглянуто сезонні чинники, що впливають на інтенсивність відмов. А в таблиці 2.2 показано вплив природно-кліматичних факторів на фізичні властивості пневмопідвіски.

Таблиця 2.2 – Вплив сезонних змін природно-кліматичних факторів на властивості пневмопідвіски

Найменування факторів	Найменування показників факторів	Вплив факторів
Температура повітря	Середня місячна температура, °С	Втрата еластичності, міцності
Опади	Кількість днів із опадами за місяць, один.	Стадія деформації, розрив (спрацювання)
	Інтенсивність опадів	Стадія деформації, розрив (спрацювання)

На рисунку 2.4 зображено 3 – D модель пневмобалона автобуса, а також показано місце утворення льоду в напрямній пневмобалону та рукавному елементі для автобусів великого класу марки «ЛАЗ – А183», «БОГДАН А701» ,

Даний пневмобалон складається із 2 – х шарів тканинного корду, поліамідних ниток, які дозволяють забезпечувати гнучкість балона, герметичного шару еластомеру, сталевого дроту, який обмотує корд, та синтетичного каучуку. Поліамідні нитки, у свою чергу, поділяються на еластомери та термопласти. Еластоміри – це полімери з високо еластичними властивостями. Термопласти –

це один із видів полімерів, який характеризується при охолодженні низьких температур в склоподібний стан.

Рисунок 2.4 – Схема зображення 3-D моделі пневмобалону автобусів марки «ЛАЗ – А183», «БОГДАН А701»

На підприємстві автобусного парку КП «Вінницької транспортної компанії», на всіх автобусах встановлені пневмобалони, які виготовляються на основі термопластів. Тому розглянемо тільки автобуси середнього і великого класу, так як на них встановлені пневмобалони на основі термопластів, і становлять вони майже 100 % автобусного парку. Вони мають нижчу, температуру склоподібного стану, порівняно із натуральним каучуком, а це в свою чергу при низькій температурі навколишнього середовища позначається на гнучкості тканини (поліамідних ниток), що призводить до затвердіння матеріалу та спрацюванню пневмобалонів.

Тому в зимовий період на таку пневмопідвіску впливає низька температура повітря та опади (сніг). За низької температури повітря руйнується полімерний матеріал – це термопласт.

Постійний рух автобусів середнього та великого класу часто відбувається по засніжених дорогам, що також призводить до налипання снігу біля арок коліс (рис. 2.5). При відносно тривалому пробігу автобуса від одного пункту до іншого відбувається обледеніння пневмобалона та захисного кожуха, який розташований біля колеса. А потім це призводить до протирання та розриву корду і відмови пневмобалона у підвісці автобуса.

У літній період часу зазвичай відбувається зрив затискного кільця та гумового рукавного елемента. Сам гумово-кордовий рукавний елемент складається із гумової оболонки та внутрішньо-металевої основи. Через зрив затискного кільця відбувається попадання води на металеву основу (сталевий дріт, який обмотує металеву основу в гумовому елементі пневмобалона). І до наступного сезону в пневмобалоні відбувається відмова, або спрацювання металевої основи із появою мікротріщин, які виникають у пневмобалоні.

Рисунок 2.5 – Вигляди зображень автобусів засніженими дорогами та налипання снігу біля арок коліс

2.6. Математичні моделі впливу кліматичних факторів на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу

Під час розробки математичних моделей впливу кліматичних чинників інтенсивність відмов пневмопідвіски використовувався емпіричний підхід. Спочатку на основі аналізу асимптоти залежностей висуваються гіпотези про в

моделей, потім на їх основі експерименту ці гіпотези перевіряються, і визначаються чисельні значення параметрів, що входять до них.

Проведений аналіз показав, що серед природно-кліматичних факторів найбільший вплив на надійність пневмопідвіски впливає – це температура повітря t і частка днів із опадами D. Для розробки гіпотез про вид математичних моделей впливу на інтенсивність відмови пневмобалонів підвіски розглянемо фізичні процеси, що визначають їх надійність.

Відповідно, при зміні температури повітря, змінюється еластичність та міцність на розрив матеріалів у пневмобалонах. За низьких температур матеріали втрачають свою еластичність, їх деформація починає призводити до появи тріщини. А за певної кількості таких, нерівномірних циклів навантажень відбувається розрив пневмобалона. При підвищенні температури матеріал стає більш еластичним, але і при високих температурах, його міцність теж знижується. І це також сприяє підвищенню руйнування гумових елементів під час роботи підвіски.

Враховуючи викладене, можна припустити, що залежність інтенсивності відмов пневмобалонів від температури навколишнього повітря близька до параболи із мінімумом в районі 10...20 °С. Тому для її опису можна застосувати квадратичну функцію поліном 2-го ступеня:

$$\lambda = a_0 + a_1 t + a_2 t^2, \qquad (2.10)$$

де $a_0 \dots a_2$ – параметри моделі (емпіричних коефіцієнтів).

Вплив частки днів із опадами на інтенсивність відмов неоднозначний. При температурі повітря нижче 0 °С збільшується D, і призводить до утворення сталого зледеніння елементів підвіски та механічного впливу на пневмобалон, який підвищує ймовірність відмови. У разі позитивних температур збільшення D може, навпаки, позитивно проводити умови роботи пневмобалона за допомогою його охолодження дощової водою. Тому припустимо, що аналізована закономірність описується статечною моделлю такого виду:

$$\lambda = b_1 D^{b_2}, \qquad (2.11)$$

де b_1, b_2 – параметри моделі (емпіричних коефіцієнтів).

Для розробки багатофакторних моделей вихідні однофакторних моделей перемножуються. Після цього коефіцієнти даної моделі позначаються новими силами. І виходить тепер багатофакторна модель зі змішаними ефектами:

$$\lambda = A_0 + A_1 t + A_2 t^2 + A_3 D^{A_4} + A_4 D^{A_5} + A_5 D^{A_6}, \qquad (2.12)$$

де A_0 ... A_6 – параметри моделі (емпіричні коефіцієнти);

Далі потрібно виявити, на скільки необхідно використовувати змішані ефекти. Для цього потрібно порівняти модель головних ефектів із моделлю зі змішаними ефектами після проведеного модельного експерименту.

$$\lambda = A_0 + A_1 t + A_2 t^2 + A_3 D^{A_4}, \qquad (2.13)$$

де A_0 ... A_4 – параметри моделі (емпіричні коефіцієнти);

t – середня місячна температура, °С;

D – частка днів із опадами за місяць.

2.7 Розробка досліджуваної системи імітаційної моделі

Розробкою імітаційної моделі, при вивченні даної системи, розглядається ефективність автомобільного транспорту, яка залежить від умов його експлуатації, що змінюються згідно сезону пори року під час роботи автобусів [2, 8]. Найбільший ступінь температури повітря, залежить від кількості опадів, а також дорожніх умов експлуатації [2].

При суттєвих змінах сезонних природно-кліматичних умов, відомчі методи планування для технічного обслуговування (ТО) та ремонту (Р) можуть не

дозволяти забезпечити заданий рівень працездатності у ряді випадків, таких як: нормативи дотримання ресурсу елементів транспортних засобів, витрати запасних частин можуть не відповідати довговічності, що реалізується, і фактичним витратам; нормативи періодичності ТО можуть не задовільняти коефіцієнта заданої технічної готовності; нормативні параметри виробничо-технічної бази можуть не відповідати потребам у виробничих площах, постах ТО та ремонту [2, 11, 12].

Це пояснюється тим, що теоретичні основи систем, які застосовуються при ТО та ремонті, їхня методика, може не до кінця враховувати зміни, які виникають внаслідок різних природньо-кліматичних умов [8]. Таким чином, нормування витрат запасних частин виконується на транспортному засобі (автобусі) на рівні напрацювання, а якщо оцінювати по підприємству (АТП) – по часу. Перераховані недоліки можуть впливати на точність при розрахунках, де сила впливу може залежати від варіації природньо-кліматичних умов, які розтягнуться в часі [8, 10].

В зв'язку з цим і проводяться дослідження, які дозволять розробити сукупність теоретичних положень, а також адекватно інтерпретувати та змоделювати процеси зміни якості транспортних засобів та їх груп із урахуванням сезонної варіації умов та інтенсивності експлуатації, а також розробити практичні методи підвищення ефективності використання рухомого складу.

Частиною попередньо вказаних досліджень є вивчення надійності елементів підвіски автобуса в умовах Вінницької області, яка відповідним чином впливає на технічну характеристику надійності автобуса, від якої залежить комфорт та безпека пасажирів під час експлуатації ТЗ [8]. В будові автобуса, конструктивно застосовується пневмосистема, яка основана на пневмобалонах, а в зимовий період, для пневмобалонів, відповідно, може виникати більша кількість відмов, порівняно із літнім періодом часу. А це в свою чергу, може призвести до додаткової потреби в запасних частинах.

Тому для зменшення простоїв автобуса на відсутність запасних частин та усуненні залишкових запасів, необхідно зрозуміти закономірності формування виходу із ладу пневмопідвісок автобусів великого та середнього класу, а також

врахувати вплив сезонних варіацій під час експлуатації, що дозволяє удосконалити на цій основі методику визначення в потребах запасних частин до автобусів.

На першому етапі досліджень було встановлено повний перелік факторів, які можуть впливати на надійність систем підвіски. Потім проведено попередній відбір, на основі результатів, які раніше були виконані у вигляді досліджень та запропонована гіпотеза, про перелік визначних факторів. Кінцевим результатом є впровадження рекомендованих результатів, на основі даного експерименту, які запропоновані для подальшого використання в КП «Вінницька транспортна компанія» для автобусів великого та середнього класу.

Розроблена структура досліджуваної системи та впроваджено загальну схему імітаційної моделі системи керування запасними частинами, на основі базових моделей формування якості на транспортних засобах, які були описаних у роботах Захарова М.С.

При розробці гіпотез про вид математичних моделей взаємодії елементів системи на першому етапі проведено аналіз змістовної сутності досліджуваної залежності. Потім висунуто гіпотези про вид однофакторних моделей. Перевірка їхньої адекватності виконана на основі експериментальних досліджень, розглянуті (див. розділ 3). На основі розроблена багатофакторна регресійна модель.

Оскільки умови експлуатації автобусів змінюються у часі випадковим чином, то визначення кількості відмов у різні періоди року необхідно використовувати імітаційну модель.

Алгоритм імітаційної моделі зображено на рисунку 2.6.

Спочатку задається кількість річних циклів для моделювання $N_{цик}$, потім поточні номера року, місяця та дні, які отримують відповідні значення чисел. Потім відбувається генерування значень температури повітря та ймовірність зміни опадів, а також пробіг автобусів.

Слідуючим етапом генерується інтенсивність відмов пневмобалонів, а отримані значення перемножуються на інтенсивність експлуатації та кількість

автобусів для розрахунку кількості можливих відмов.

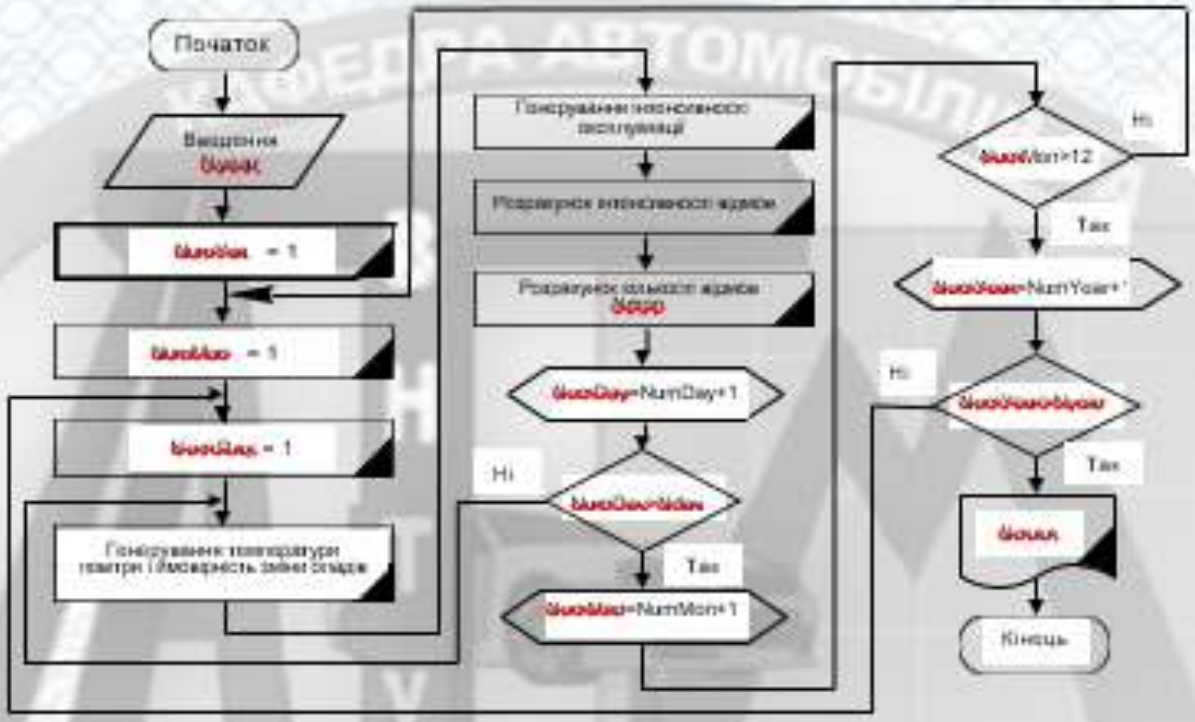


Рисунок 2.6 – Алгоритм імітаційної моделі впливу сезонних змін температури навколишнього середовища та інтенсивності опадів на кількість відмов пневмопідвіски автобусів

Номер дня збільшується на одиницю, і перевіряється умова закінчення місяця. Якщо номер дня не перевищує кількості днів в місяць, то повторюється денний цикл розрахунку кількості відмов, інакше номер місяця збільшується на одиницю і перевіряється умова закінчення року. Якщо номер місяця перевищую 12, то повторюється цикл розрахунку кількості відмов, інакше кажучи, що номер року збільшується на одиницю, і перевіряється умова закінчення моделювання. Якщо не досягнуто умови закінчення моделювання, то розрахунки продовжуються за попереднім заданим циклом, або в іншому випадку виводяться на друк результати моделювання, і розрахунки закінчуються.

Випадкові компоненти температури повітря, опадів та інтенсивності експлуатації автобусів формують випадковість компонентів по кількості відмов. А отримані дані, згідно моделі розподіляють на кількість відмов та дозволяють

оцінити не тільки середню потребу в заміні пневмобалонів по місяцям року, але і знайти рішення про запас пневмобалонів на період, який дає можливість ймовірності запасу запасних частин, щоб виключити простій автобуса.

Висновки до розділу 2

При дослідженні фізичних процесів, які відбуваються в будові пневмобалонів, що виготовлені із різних матеріалів, потрібно сказати, що на них впливає ряд різних навколишніх факторів. Між ними встановлена взаємодія фізичного стану матеріалу пневмобалона та рівень його надійності. Визначено фактори, які найбільш суттєво впливають на надійність пружних елементів підвіски.

Розроблено гіпотези про вид математичних моделей впливу природно-кліматичних факторів на інтенсивність відмов пневмопідвіски.

Розроблено імітаційну модель впливу сезонних змін температури навколишнього середовища та інтенсивності опадів на кількість відмов пневмопідвіски автобусів.

РОЗДІЛ 3
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПНЕВМОПІДВІСКИ АВТОБУСІВ ТА ЇХ ВПРОВАДЖЕННЯ

3.1 Мета та завдання експериментальних досліджень

У процесі експерименту послідовно було вирішено такі завдання.

1. Визначення важливих факторів, які вибрані за результатами експертних оцінок.

2. Перевірка гіпотези про вид математичних моделей сезонних змін температури навколишнього середовища та інтенсивності опадів і визначено чисельність значень їх параметрів.

3. Перевірка гіпотези про вид математичної моделі впливу температури навколишнього середовища та інтенсивності опадів на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобусів середнього та великого класів.

4. Визначення чисельних значень параметрів математичної моделі впливу температури навколишнього середовища та інтенсивності опадів; інтенсивність відмов пневмопідвіски автобусів середнього та великого класів.

3.2 Методика проведення експериментальних досліджень

3.2.1 Загальна методика експериментальних досліджень

У магістерській кваліфікаційній роботі експеримент проводиться у три етапи.

Перший етап – збір статистичних даних щодо температури повітря та добової інтенсивності опадів.

Другий етап – збір даних щодо кількості відмов пневмопідвіски автобусів в експлуатації.

Третій етап – обробка результатів експерименту та його аналіз.

В експерименті взяли участь 6 марок автобусів середнього та великого класів. За кожною моделлю автобуса було зібрано необхідний обсяг інформації: пробіг автобуса на момент відмови, кількість відмов, час проходження ТО, час простою автобуса внаслідок відсутності запасних частин та кількість деталей, придбаних для заміни.

Таблиця 3.1 – Автобуси середнього та великого класу з пневмопідвіскою, що експлуатуються у КП «Вінницька транспортна компанія»

№	Марка	Кількість
1	«БОГДАН А701»	30
2	«БОГДАН А70132»	25
3	«Otocar Kent C CNG»	10
4	Богдан «Ataman» А093.12	8
5	Богдан А092	4
6	«ЛАЗ – А183»,	8

3.2.2. Планування експерименту

Планування експерименту передбачає складання матриці експерименту, і потім визначення обсягу вибірки у кожної точці матриці даного плану.

У роботі на вирішення завдань із експериментальних досліджень використано пасивний експеримент – це збір статистичних даних.

Раніше в МКР висунуто припущення, що розподіл напрацювань на відмову пневмопідвіски підпорядковується закону Вейбулла.

У подібних випадках, коли попередній аналіз показував, що розподіл істотно відрізняється від нормального, відносна помилка розраховується із використанням імовірного калькулятора, наприклад програми «REGRESS 2.5» [12] після вибору відповідного закону розподілу.

У таблиці 3.2 представлено частину матриці плану експерименту. Обсяги вибірки в кожній точці плану визначаються виходячи із довірчої помилки 0,10 і

вірогідності довірчої 0,90 за методикою Захарова М.С.

Таблиця 3.2 – Матриця плану експерименту по інтенсивності відмов пневмопідвіски

Номер місяця	Календарний час, міс.	Інтенсивність відмов, 1/1000 км
1	Січень	λ_1
2	Лютий	λ_2
…	…	…
12	Грудень	λ_{12}

Аналіз статистичних даних щодо відмов пневмопідвіски на комунальному підприємстві підтвердив, що найбільш значущими факторами, які впливають на надійність пневмобалонів, є температура повітря, частка днів із опадами та інтенсивність при експлуатації. Збір даних про фактичну температуру та добову інтенсивність опадів проводився на базі статистичних даних архіву погоди міста Вінниці у відповідності до «Кліматограми» за останні чотири роки. Результати зведено до таблиці (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Статистичні спостереження по температурі та інтенсивності опадів міста Вінниці у відповідності до «Кліматограми» за останні чотири роки

Номер месяца	Дата – температура °С	Дата – осадки, мм
1	01.01.18 - -4 02.01.18- -6 03.01.18 - -3 …	01.01.18 – 6,4 02.01.18 – 3,2 03.01.18 – 2,4 …
2	01.02.19 - -6 02.02.19- -7 03.02.19 - -5 …	01.02.19 – 5,6 02.02.19 – 8,3 03.02.19 – 7,9 …
…	…	…
12	01.12.21 - -4 02.12.21 - -3 03.12.21 - -6 …	01.12.21 – 2,1 02.12.21 – 1,9 03.12.21 – 1,5 …

3.2.3 Методика збору даних про інтенсивність експлуатації та відмови автобусів

Дані щодо інтенсивності експлуатації отримані за звітними даними транспортного комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія», міста Вінниця за період чотирьох років.

Джерела інформації: дорожні листи автобусів, картки обліку роботи автобусів, бази даних комунального підприємств, акти прийому на ремонт та заміни деталей. Усі зводилися до таблиць (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Зведені дані про пробіги автобусів та їх відмов

Дата	Марка	Номер автобуса	Відмова	Пробіг із початку експлуатації	Пробіг за місяць
21.08.2008	Богдан А092	12	1	101 786	1081
…	…	…	…	…	…

Отримана вихідна інформація була впорядкована та систематизована. А в результаті кожного місяця було визначено середню інтенсивність відмов за формулою:

$$\lambda = \frac{N}{L_{заг}}, \qquad (3.1)$$

де N – кількість відмов пневмопідвіски протягом місяця;

$L_{заг.}$ – загальний пробіг усіх автобусів цієї марки.

3.3 Результати експериментальних досліджень

3.3.1. Закономірність розподілу напрацювань на відмову пневмопідвіски автобуса великого класу

Результати експериментів для автобусів «БОГДАН А701» представлені на рис. 3.1 – 3.3. Обробка результатів виконана за відомими методиками. А отримані дані згруповані за марками та моделями автобусів, а також за видами їх відмов.

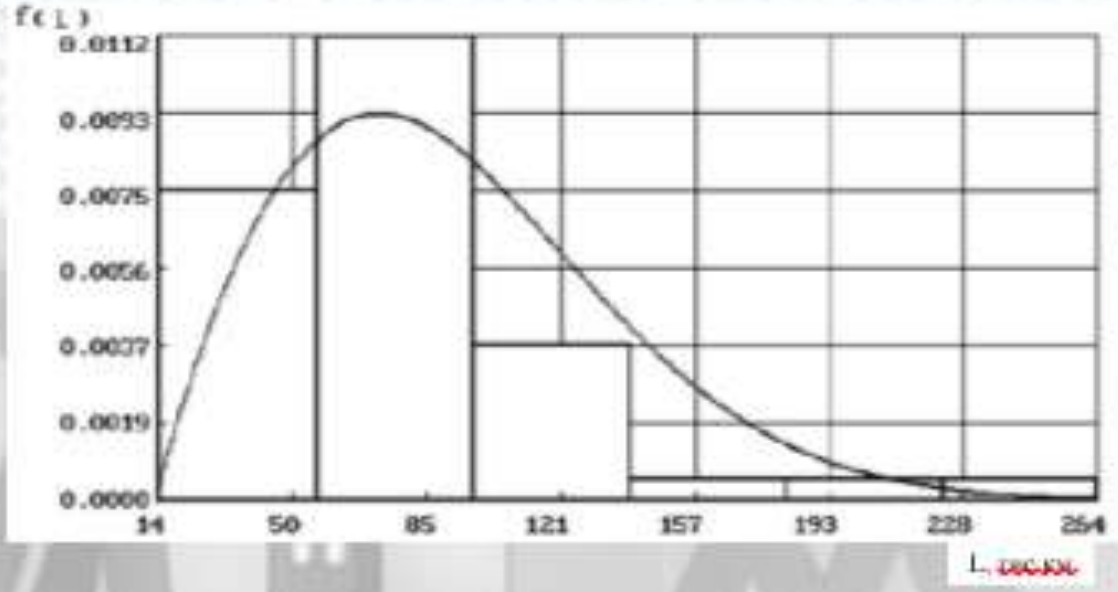


Рисунок 3.1 – Напрацювання на відмови пневмопідвіски автобуса «БОГДАН А701 за (2020 р.)

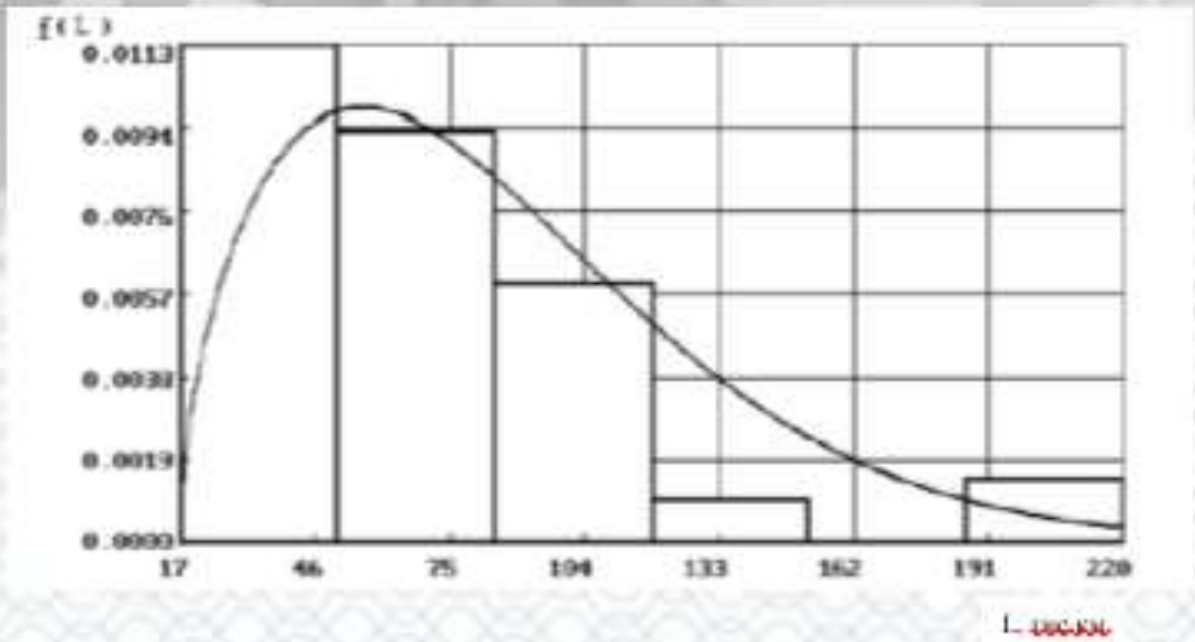


Рисунок 3.2 – Напрацювання на відмови пневмопідвіски автобуса «БОГДАН А701» за (2021 р.)

Під час обробки результатів експерименту встановлено таке.

Напрацювання на відмову пневмопідвіски автобусів варіюють у інтервалі від 20 до 180 тис. км. коефіцієнт варіації становить від 0,38 до 0,57. Найкраща апроксимація емпіричних розподілів забезпечується логарифмічно нормальним законом або законом Вейбулла.

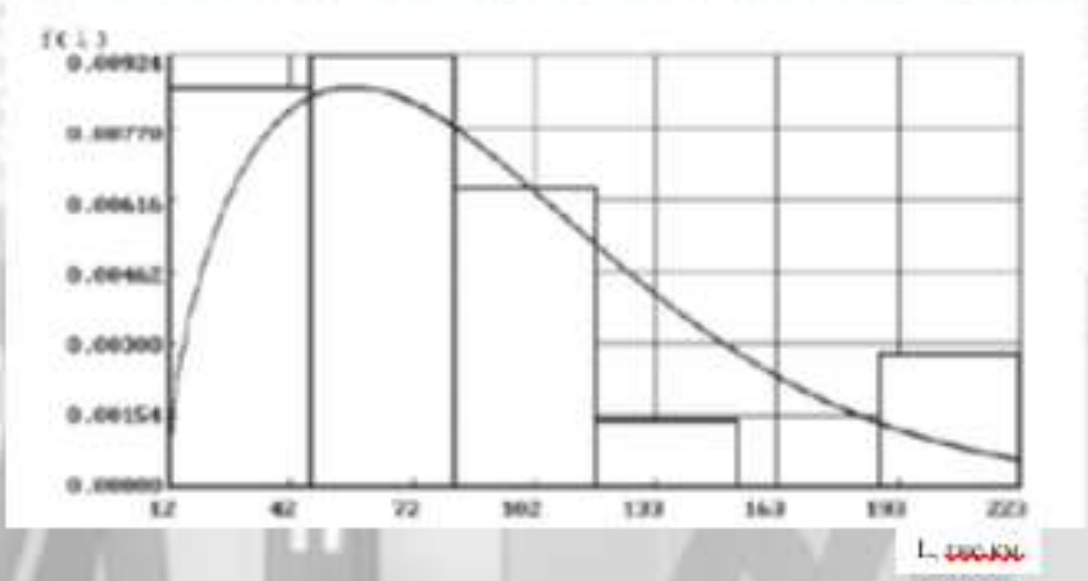


Рисунок 3.3 – Напрацювання на відмови пневмопідвіски автобуса «БОГДАН А701» (2022 р.)

На рис. 3.4 зображено пневмобалон, який відмовив у зимовий період часу під час налипання снігу та обледеніння. Також видно залишки снігу та льоду, який впливаючи на балон під час його деформації та під час руху, швидко вийшов із ладу прискореним руйнуванням.

Рисунок 3.4 – Утворення налипання снігу та обледеніння із залишками снігу та льоду в захисному кожусі пневмобалона автобуса «БОГДАН А701»

На основі проведених досліджень сформульовано такі висновки.

1. Інтенсивність відмов пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу знаходиться не в постійних межах, а це викликає нерівномірність завантаження постів обслуговування та ремонту, для потреби у запасних частинах.

2. Переважну більшість відмов можна ідентифікувати як раптові зміни, що відбуваються в результаті дискретних процесів технічного стану, що виключає можливість індивідуального прогнозування потоку відмов.

3. Висунуто припущення, щодо ймовірність відмов, на які впливає фактор або група факторів, що змінюються в часі, при цьому охоплює широкий інтервал варіювання інтенсивності відмов.

4. З огляду на широкий інтервал варіювання неможливо апріорно визначити доцільність профілактичної заміни пневмобалонів. Для цього потрібні спеціальні дослідження.

5. Отримані дані про середню інтенсивність відмов дозволяє моделювати потік вимог на заміну пневмобалонів. Використання результатів моделювання на практиці дозволяє знизити простої автобусів та очікування на ремонт, зменшити вартість оборотних фондів та витрати на експлуатацію автобусів.

3.3.2. Сезонні зміни інтенсивності відмов пневмопідвіски автобусів великого класу

Як було встановлено раніше, температура повітря та частка днів із опадами суттєво змінюються за сезонами року. У цих дослідженнях висунуто гіпотезу у тому, що ця зміна призводить до зміни інтенсивності відмов пневмопідвіски. Для перевірки даної гіпотези використовувався апарат гармонійного аналізу.

У відповідності до методики значущих оцінок посезонних змін параметрів транспортної системи, яка була запропонована Захаровим М.С., експериментальні значення досліджуваних показників апроксимуються гармонійною моделлю, а потім гармоніки лінеаризуються шляхом заміни змінних. Після цього оцінюється тіснота лінійного зв'язку між досліджуваним

показником та лінеаризованою гармонікою. І тому розраховується коефіцієнт парної кореляції, значимість якого оцінюється за критерієм Ст'юдента.

Результати експерименту щодо оцінки сезонних змін інтенсивності відмов пневмопідвіски автобусів великого класу представлені на рисунках 3.5 – 3.6.

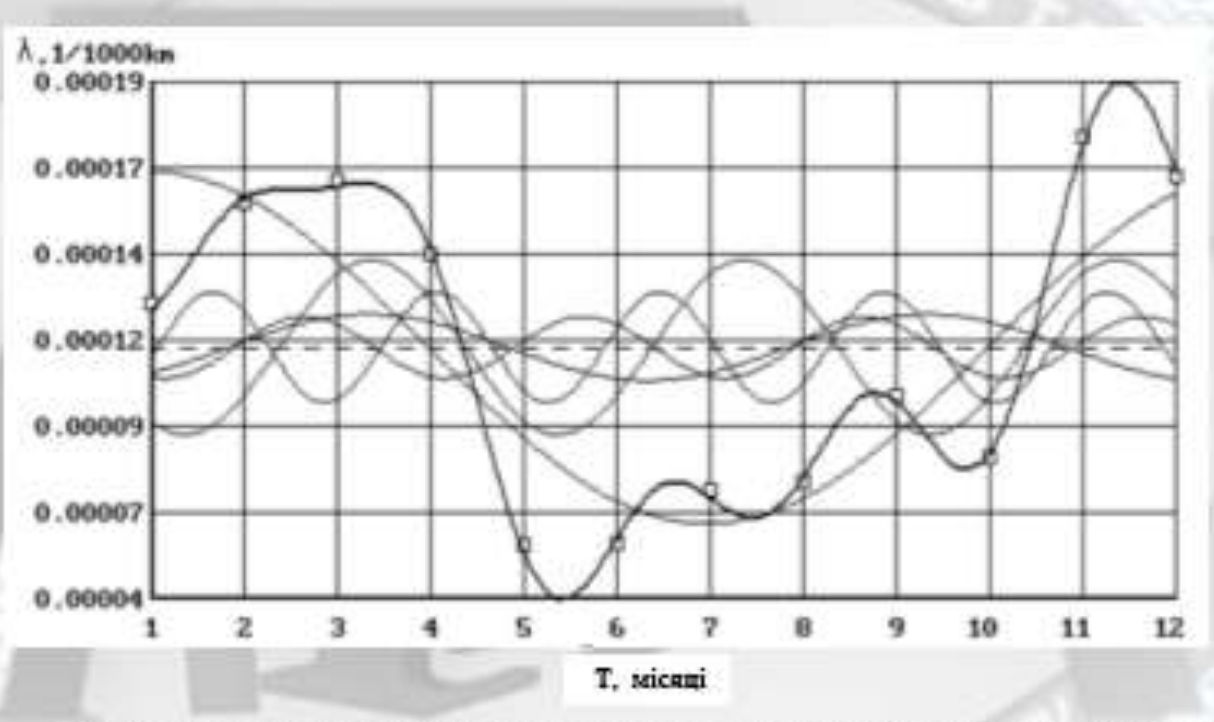


Рисунок 3.5 – Зміна по часу інтенсивності відмов пневмопідвіски автобуса «БОГДАН А701» (2021 р.)

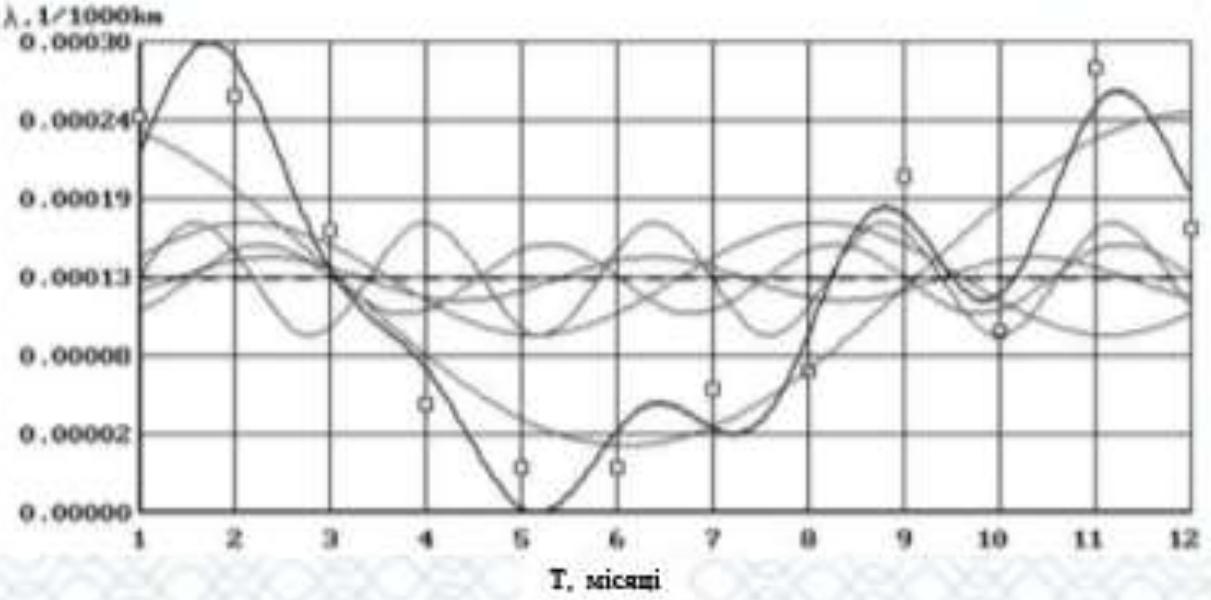


Рисунок 3.6 – Зміна по часу інтенсивності відмов пневмопідвіски автобуса «БОГДАН А701» (2022 р.)

Результати аналізу отриманих результатів показали, що найбільшому значенню коефіцієнта кореляції відповідає коефіцієнт – першої гармоніки, він становить 0,841, для другої гармоніки – 0,158, для третьої гармоніки – 0,418, для четвертої гармоніки – 0,147, для п'ятої гармоніки – 0,264.

Перевірка за критерієм Стьюдента показала, що коефіцієнт кореляції першої гармоніки значимий з ймовірністю вище 0,95. Це свідчить про суттєвий вплив сезонних умов на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобусів великого класу.

Аналіз статистичних даних за температурами довкілля показав, що з температури також можливе використання гармонійних моделей. Графіки зміни температури за календарними днями за чотири роки, накладені одна на одну, показують стійку закономірність зміни температури протягом року (рис. 3.7).

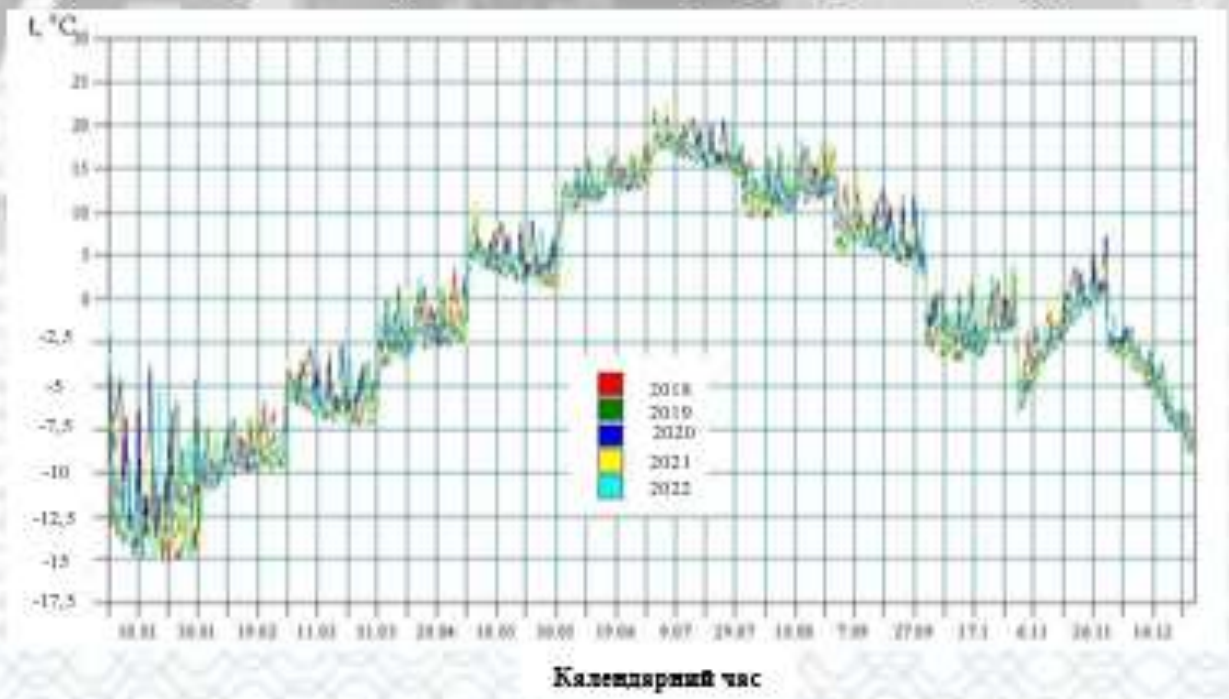


Рисунок 3.7 – Зміна середньодобової температури довкілля протягом року

3.3.3 Перевірка гіпотез про вид математичних моделей впливу температури повітря та частки днів із опадами на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобусів великого класу

Для перевірки гіпотези про вид математичних моделей впливу температури

повітря та частки днів із опадами на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобусів розраховані інтенсивності відмов пневмопідвіски автобусів усіх досліджуваних моделей за місяцями у 2021 – 2022 роках.

Отримані результати зіставлялися із значеннями середніх місячних температур повітря та частки днів із опадами (рис. 3.8 – 3.11).

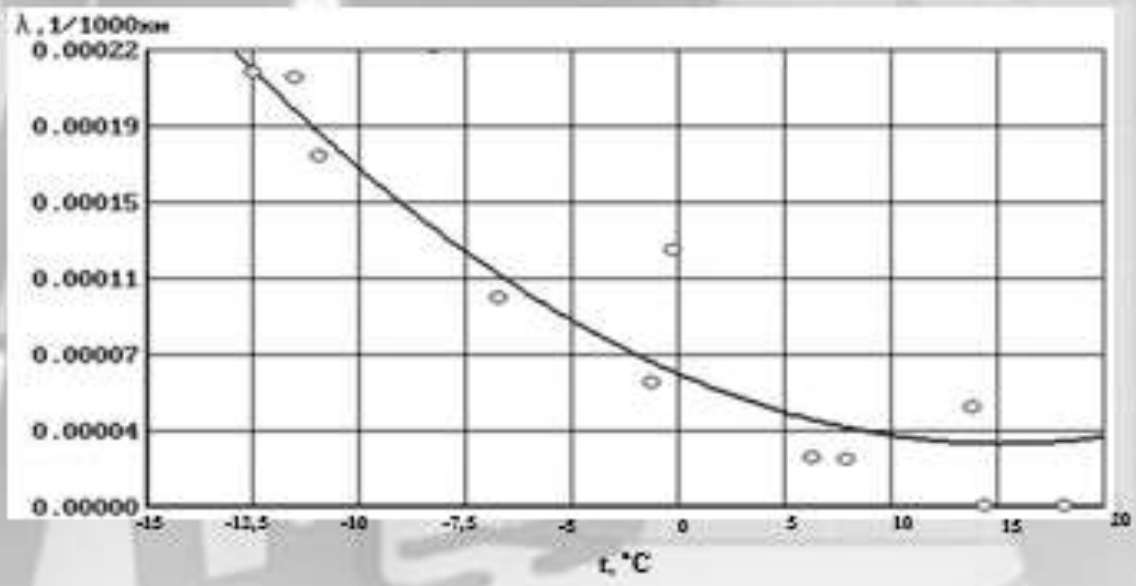


Рисунок 3.8 – Вплив температури повітря на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобуса «БОГДАН А701» за (2021 р.)

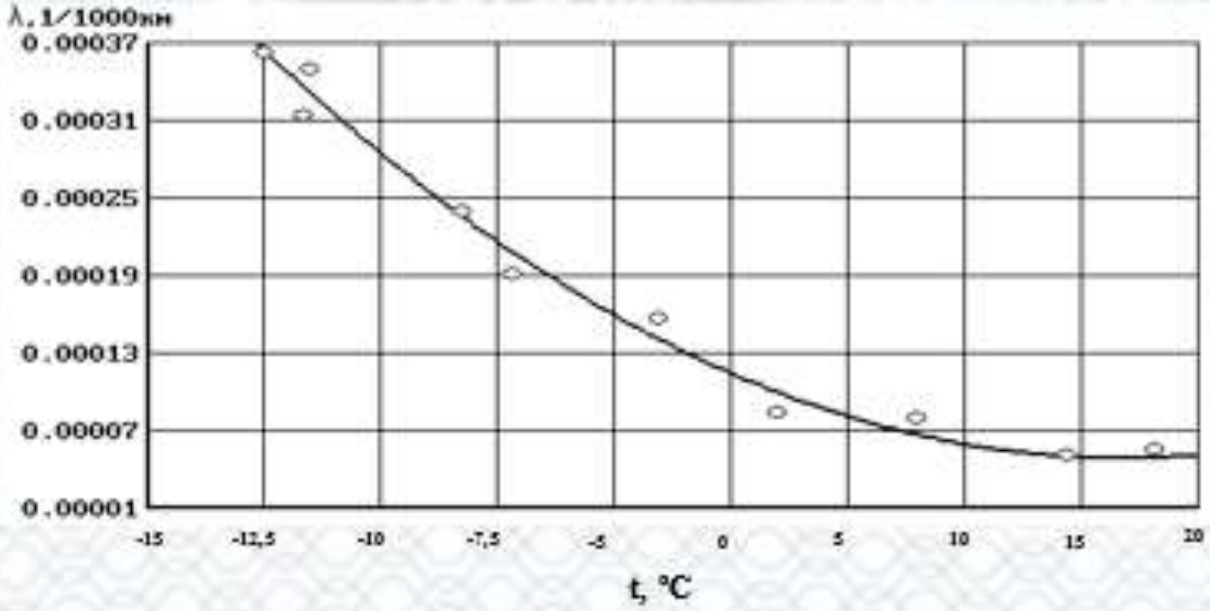


Рисунок 3.9 – Вплив температури повітря на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобуса «БОГДАН А701» за (2022 р.)

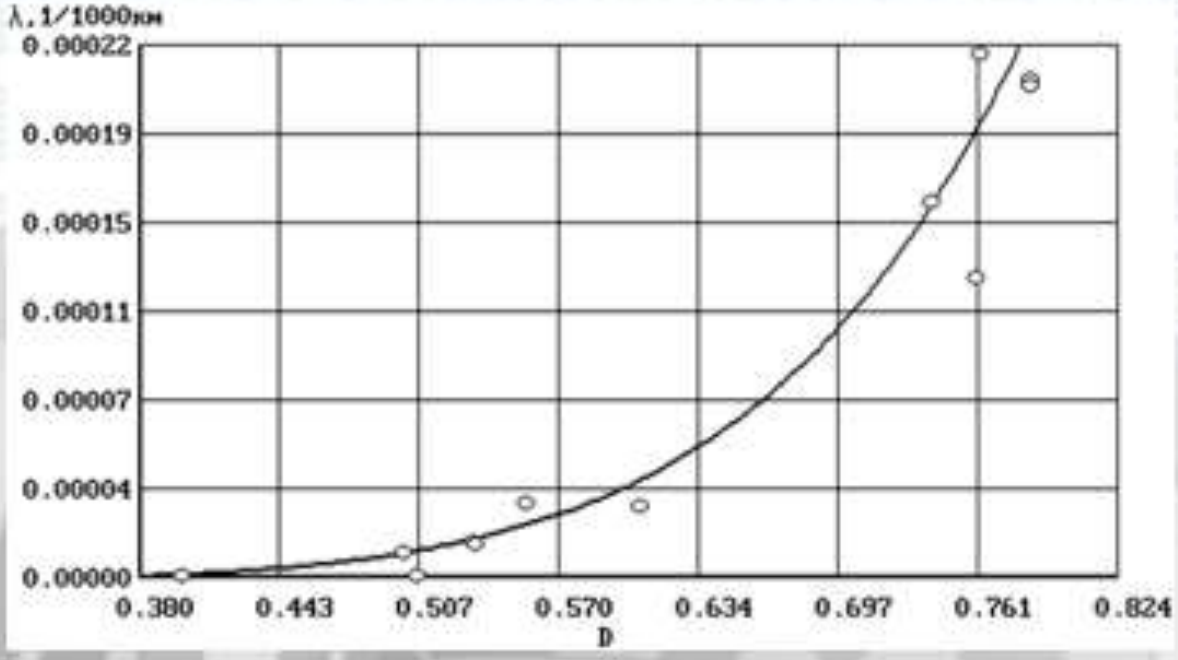


Рисунок 3.10 – Вплив частки днів із опадами на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобуса «БОГДАН А701» за (2021 р.)

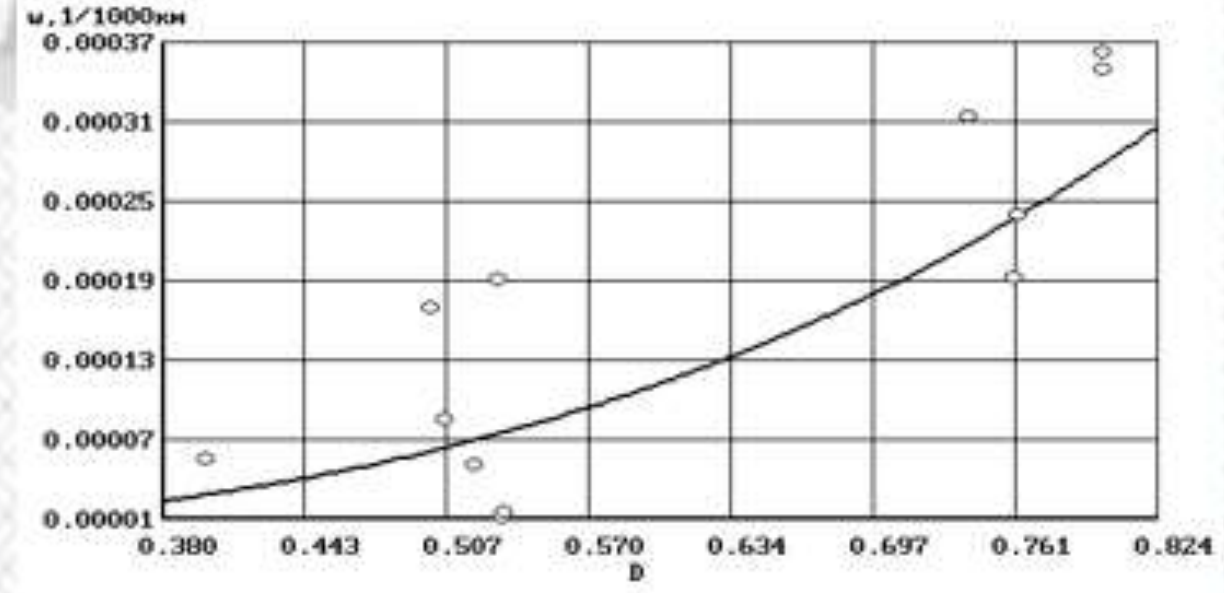


Рисунок 3.11 – Вплив частки днів із опадами на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобуса «БОГДАН А701» за (2022 р.)

Після обробки результатів експерименту встановлено таке.

Для закономірності впливу температури повітря на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобусів великого класу найкращу апроксимацію

експериментальних даних забезпечує поліном другого ступеня. Оцінка тісноти зв'язку показала, що коефіцієнт кореляції при лінеаризації становив 0,99, це рівень його значимості, який оцінювався за критерієм Стьюдента t = 4,2, значення якого перевищило табличне із ймовірністю 0,99.

Адекватність рівняння оцінювалася за критерієм Фішера. Дисперсійне відношення Фішера перевищило табличний значення із ймовірністю 0,99, що свідчить про адекватність обраної моделі. Середня помилка апроксимації склала E = 6,1%, коефіцієнт еластичності $K_{опад}$ = 0,6.

Для закономірності впливу частки днів із опадами на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобусів великого класу найкращу апроксимацію експериментальних даних забезпечує ступінчаста модель. Оцінка тісноти зв'язку показала, що коефіцієнт кореляції при лінеаризації становив r = 0,98, а його рівень значимості оцінювався за критерієм Стюдента t = 2,7, значення якого перевищило табличне із ймовірністю 0,99.

Адекватність рівняння оцінювалася за критерієм Фішера. Дисперсійне відношення Фішера перевищило табличний значення з ймовірністю 0,99, що свідчить про адекватність обраної моделі. Середня помилка апроксимації склала E = 1,5%, коефіцієнт еластичності $K_{опад}$ = 0,1.

Таким чином, на основі проведених досліджень було підтверджено гіпотези про вид математичних моделей впливу температури повітря та частки днів з опадами на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобусів великого класу.

3.3.4 Оцінка впливу температури на деформацію пневмобалонів

Для оцінки надійності пневмобалону у різних умовах було проведено активний експеримент.

На рис. 3.12 – 3.13 представлений порівняльний графік деформації пневмобалону за різних температур навколишнього середовища. Експеримент проходив у 3 етапи. Випробування проводилося із двома пневмобалонами, один – із синтетичного каучуку, інший – із натурального каучуку. На 1-му етапі випро-

бування проводилися за 20°С. На другому етапі при -15 °С.

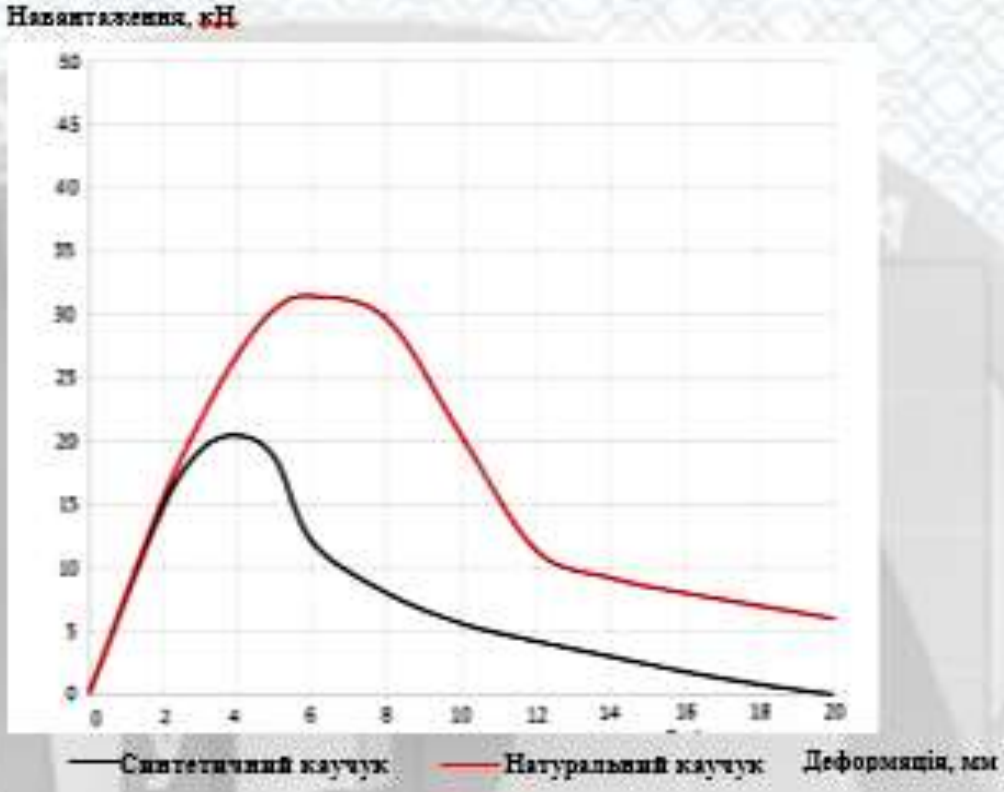


Рисунок 3.12 – Порівняльний графік деформації натурального синтетичного каучука у пневмобалонів при температурі -15 °С

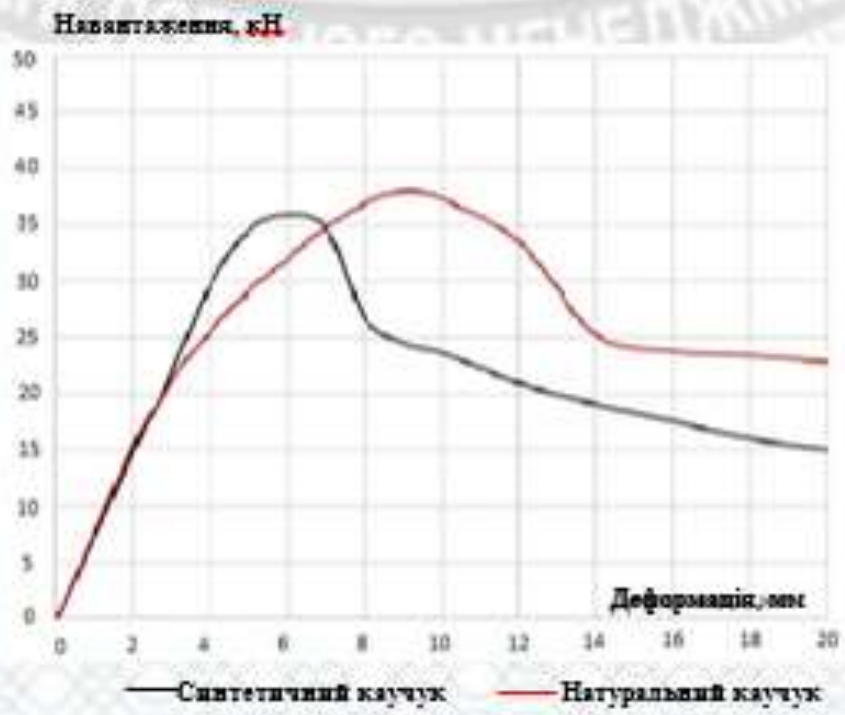


Рисунок 3.13 – Порівняльний графік деформації натурального синтетичного каучука у пневмобалонів при температурі 20 °С

Кожен пневмобалон зазнавав навантаження, яке викликало деформацію при температурі 20°С. Із рисунка 3.13 видно, що натуральний каучук витримує значно більші навантаження, а виробах із синтетичного каучуку при навантаженні 23 кН відбувається розрив.

Другий етап експерименту проходив під час охолодження обох об'єктів. Попередньо пневобалону помістили в морозильну камеру і витримали до температури -15°С. Після завершення другого етапу зроблено такі висновки. І за низьких температур повітря значно велике навантаження витримує натуральний каучук (рис. 3.12), а синтетичний руйнується вже при навантаженні 15 кН. Під час огляду пневмобалонів автобусів, що експлуатується в підприємствах, встановлено, що в основному всі вони із синтетичного каучуку, тому що із натурального каучуку використовуються в основному автобуси, що поставляються в країни Євросоюзу. Волокна натурального каучуку розташовані ближче один до одного, що дозволяє такому матеріалу витримувати низькі температури повітря та поздовжні, вертикальні деформації значно більш тривалий час, порівняно із синтетичним.

Вивчаючи властивості натурального та синтетичного каучуку, можна зробити висновок, що саме натуральний каучук витримує велике навантаження і більш надійний при низьких температурах повітря.

На основі отриманих результатів необхідно звернутися до заводу-виробника, щоб вирішити питання про укомплектування автобусів, що поставляються для комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» пневмобалонами на основі натурального каучуку.

3.3.5. Перевірка гіпотези про вид багатофакторної моделі впливу сезонних умов на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобусів великого класу

Оцінка впливу кліматичних факторів на надійність пневмопідвіски автобусів проводилась на основі експериментальних досліджень. Встановлено, що значуще впливають на інтенсивність відмов температура повітря t і частка днів з опадами D. На основі отриманих даних про інтенсивність відмов для кожного

місяця та відповідних значень кліматичних факторів висунуто гіпотезу про можливість опису досліджуваної залежності моделлю на головних ефектах за формулами (2.13) або моделлю зі змішаними ефектами за формулами (2.12).

На рис. 3.15 наведено графік останньої моделі за формулами (2.13).

Аналіз показав, що дана модель не в повній мірі відповідає фізичному змісту досліджуваного процесу: при низьких температурах у зимовий період року інтенсивність відмов зростає, а при збільшенні в цих умовах частки днів з опадами цей вплив починає діяти ще сильніше. А при позитивних температурах відповідно цієї залежності не повинно бути.

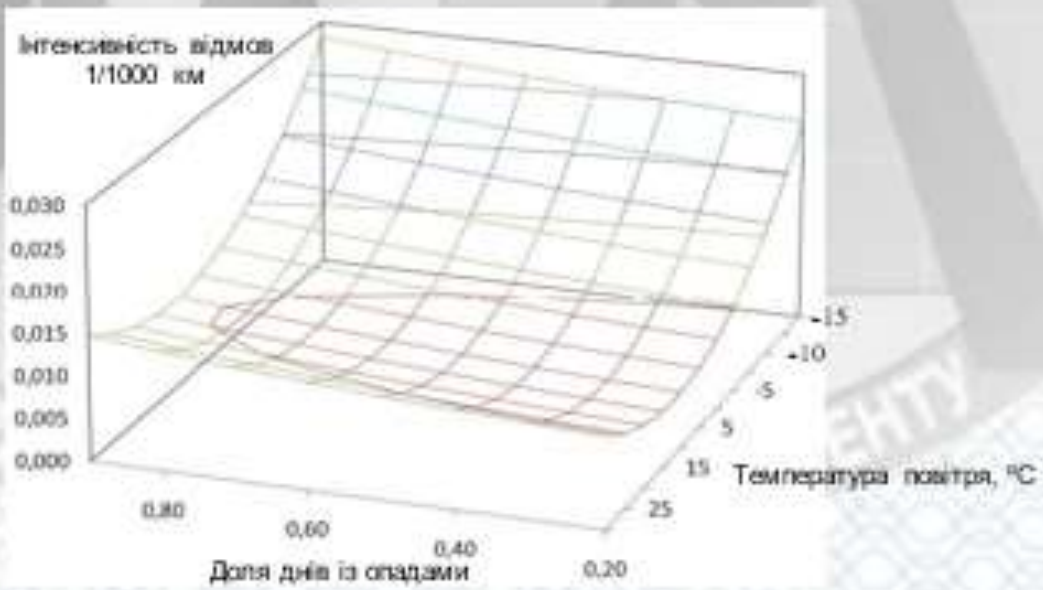


Рисунок 3.14 – Вплив температури повітря та вологості на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобусів великого класу «ЛАЗ – А183» (модель на головних ефектах)

У моделі на головних ефектах врахувати спільний вплив факторів майже неможливо. Відповідно, необхідно використовувати модель зі змішаними ефектами за формулою (2.12).

Для оцінки значущості змішаних ефектів остання модель лінеаризована шляхом заміни змінних:

$$\lambda = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 + A_4X_4 + A_5X_5, \qquad (3.2)$$

де X_0 ... X_5 – лінеаризовані змінні.

Для оцінки адекватності моделі, визначення чисельних значень її параметрів та статистичних характеристик використовувалася програма "REGRESS 2.5" [13]. До змішаних ефектів в останній моделі відносяться 4 і 5 складові. Розрахунки показали, що коефіцієнт парної кореляції між $X_3 = t^2 D^{A_6}$ і λ склав 0,76, а між $X_4 = tD^{A_6}$ і λ склав 0,74 (табл. 3.5). Перевірка Ст'юдента за критерієм показала, що із ймовірністю 0,99 обидва змішані ефекти статистично значимо впливають на інтенсивність відмов пневмобалонів (табл. 3.6).

Таблиця 3.5 – Матриця коефіцієнтів парної кореляції

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
λ	-0,65	0,59	0,76	-0,74	0,79
X_1	1	-0,28	-0,59	0,96	-0,71
X_2	-0,28	1	0,89	-0,44	0,15
X_3	-0,59	0,898	1	-0,73	0,5
X_4	0,96	-0,44	-0,73	1	-0,73
X_5	-0,71	0,157	0,5	-0,73	1

На рисунку 3.15 зображений графік моделі із змішаними ефектами.

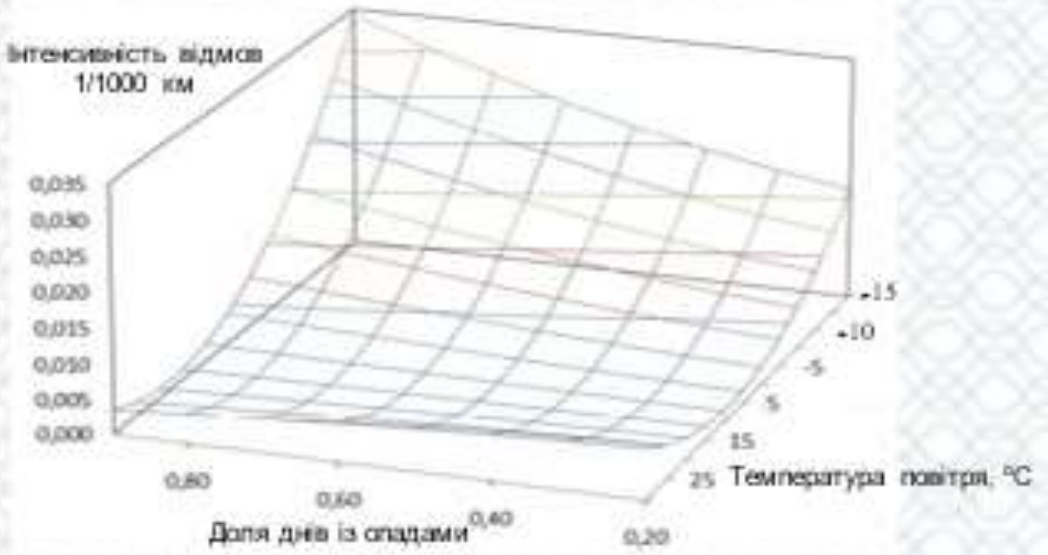


Рисунок 3.15 – Вплив температури повітря та вологості на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобусів великого класу «ЛАЗ – А183» (модель зі змішаними ефектами)

Таблиця 3.6 – Матриця ймовірності значень коефіцієнтів парної кореляції

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
λ	0,98	0,95	0,99	0,99	0,99
X_1	0,99	0	0,95	0,99	0,99
X_2	0	0,99	0,99	0,80	0
X_3	0,95	0,99	0,99	0,99	0,90
X_4	0,99	0,80	0,99	0,99	0,99
X_5	0,99	0	0,90	0,99	0,99

Адекватність рівняння оцінювалася за критерієм Фішера. Дисперсійне відношення Фішера перевищило табличний значення з ймовірністю 0,95, що свідчить про адекватність обраної моделі. Середня помилка апроксимації склала 4,6%.

Таблиця 3.7 – Чисельні значення параметрів математичної моделі впливу температури повітря та частки днів із опадами на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобусів великого класу

Марка и модель автобуса	A_0, 10^{-6}км$^{-1}$	A_1, 10^{-6}км$^{-1}$ (°C)$^{-1}$	A_2, 10^{-6}км$^{-1}$ (°C)$^{-2}$	A_3, 10^{-6}км$^{-1}$ (°C)$^{-1}$	A_4, 10^{-6}км$^{-1}$ (°C)$^{-2}$	A_5, 10^{-6}км$^{-1}$	A_6
«БОГДАН А701»	8,2	-0,21	0,013	-0,68	3,9	5,1	1,63
«БОГДАН А70132»	9,1	-0,20	0,011	-0,69	3,5	4,8	1,60
«ЛАЗ – А183»,	2,1	-0,18	0,012	-0,55	6,6	5,9	1,62
Богдан А092	2,5	-0,17	0,014	-0,58	6,9	5,7	1,61
Богдан «Ataman» А093.12	1,1	-0,20	0,039	-0,65	3,0	4,8	1,59
«Otocar Kent C CNG»	1,3	-0,22	0,013	-0,67	3,5	5,0	1,58

На основі результатів експерименту отримані математичні моделі, що дозволяють визначити потік відмов пневмопідвіски автобусів великого класу із урахуванням низької температури навколишнього середовища та інтенсивності

опадів, що дозволить планувати потребу у запасних частинах. Чисельні значення параметрів моделей представлені у табл. 3.7.

Висновки до розділу 3

На основі пасивного експерименту доведено, що інтенсивність відмов відбувається при інтенсивності відмов пневмопідвіски автобусів великого класу, яка змінюється суттєво за сезонами пори року.

На основі пасивного експерименту підтверджено висунуті гіпотези про вид закономірностей та математичних моделей для їх опису, визначено чисельні значення параметрів цих моделей.

РОЗДІЛ 4
ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Аналіз налагодженої системи постачання запасними частинами в комунальному підприємстві «Вінницька транспортна компанія»

4.1.1. Загальні поняття про принцип роботи системи постачання

У КП «Вінницька транспортна компанія» діє схема, представлена на рисунку 4.1. На території комунального підприємства створено центральний склад для запасних частин, а також окремі підрозділи, де функціонують консигнаційні склади. Самі консигнаційні склади створені для різних марок автобусів «БОГДАН А701, БОГДАН А70132», «ЛАЗ – А183», Богдан А092, Богдан «Ataman» А093.12, «Otocar Kent C CNG» та ін.

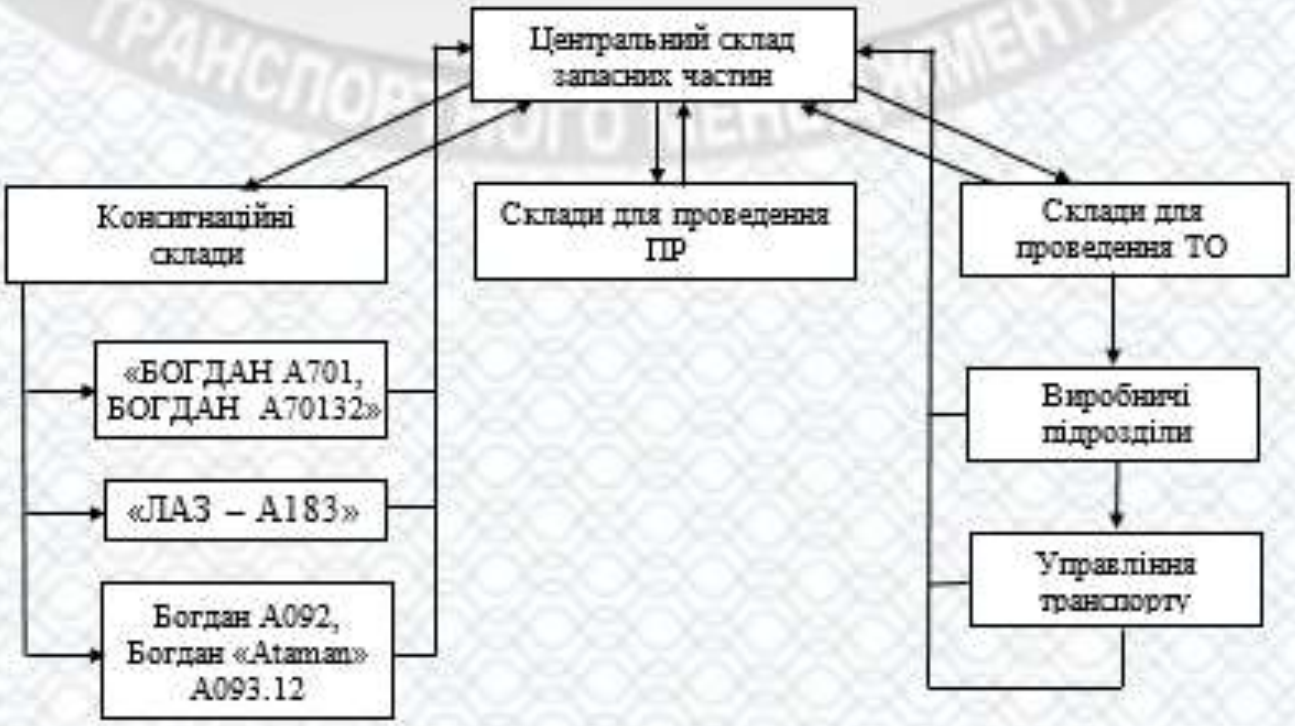


Рисунок 4.1 – Схема забезпечення матеріально – технічними ресурсами в КП «Вінницька транспортна компанія»

Особливістю в системі відновлення працездатності автобусів в управлінні транспорту комунального підприємства є використання окремих ліній для ТО та ремонту 6-ти основних марок і моделей автобусів, у тому числі, які оснащені пневмопідвіскою, яка є предметом нашого дослідження. А з іншого боку, ефективність даної системи значною мірою визначається рівнем запасу комплектуючих складі по всій необхідній номенклатурі.

Аналіз по групі марок і моделей автобусів, що оснащені пневмопідвіскою, показує, що незалежно від щоденного збільшення покупної спроможності пневмобалонів (табл. 4.1), час невиробничих простоїв автобусів, все рівно збільшується (рис. 4.2). В той час коли в 2021 році було заказано 160 балонів для автобусів середнього та великого класів, різних марок, які є на підприємстві, половина із них протягом року так і залишилась на складі, бо була невикористана.

Таблиця 4.1 – Закупки пневмобалонів для автобусів середнього та великого класів

Рік	Кількість закуплених пневмобалонів
2019	54
2020	77
2021	89
2022	99

Однією із причин це є нерівномірний розподіл відмов на протязі року, які пов'язані з впливом сезонних коливань температури навколишнього середовища та інтенсивності різних опадів. Крім того, при визначенні необхідного рівня запасу у системі, яка працює, ніяк не враховується напрацювання пневмопідвіски на момент її поставки. Другою складовою – це втрати, що пов'язані із недосконалою системою відновлення працездатності автобусів, які оснащені пневмопідвісками, а також інших марок та моделей автобусів – де застосовується централізоване управління при закупівлі запасних частин.

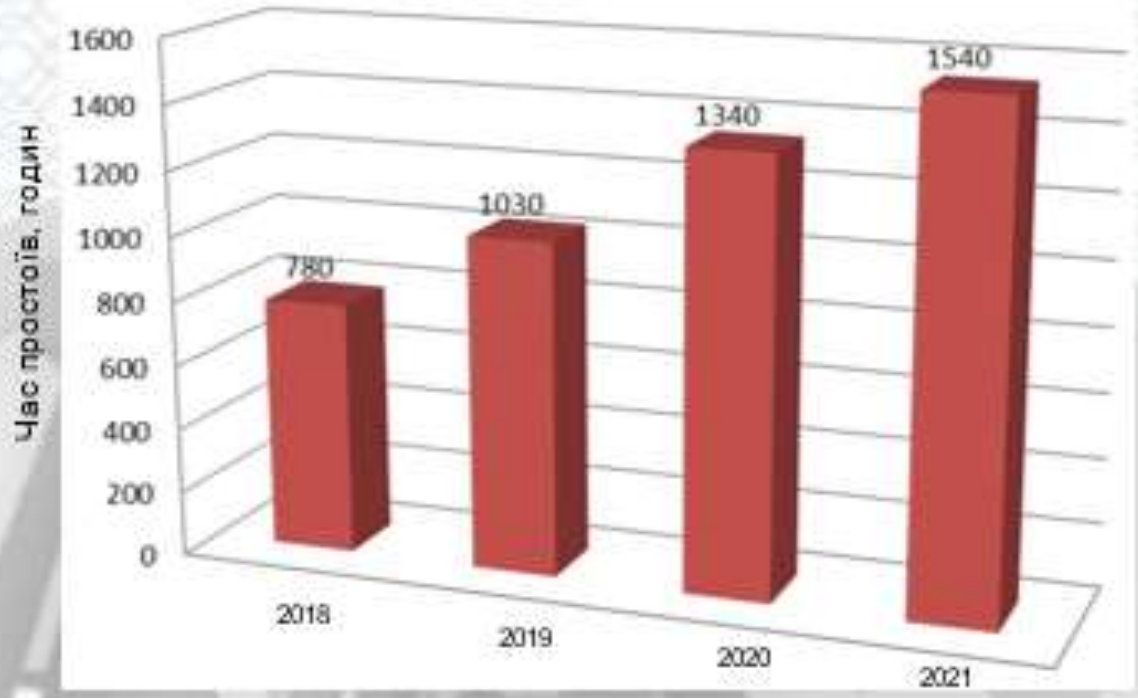


Рисунок 4.2 – Час простоїв автобусів середнього та великого класів за період 2018 – 2021 рік

Протягом року сформуються заявки про поставки комплектуючих, і на основі цих даних проводиться закупівля запасних частин. Постачання запасних частин проводиться через фіксовані проміжки часу, наприклад, за елементами пневмопідвіски, де термін виконання замовлення складає до трьох місяців. Протягом цього проміжку часу не можна скоригувати розмір комплектуючих, які вже постачаються.

4.1.2. Розрахунок економічної ефективності відновлення роботоздатності пневмопідвіски, при використанні найкращого варіанту планово – запобіжних ремонтів

Постачання пневмобалону проводиться у зібраному вигляді (рис. 4.3). В розглянутих автобусах великого класу для даних марок та моделей на задню підвіску необхідно чотири пневмобалони, а на передню – два. А для автобусів середнього класу Богдан А092 та А093, де встановлена ресорно-пневматична підвіска та встановлені – два пневмобалони на задній осі. Однією із причин, що

впливає рівень запасу на складі це кількість, яка там є, і що захисний гумовий кожух не завжди продається окремо, а в експлуатації в більшості випадків відбувається розрив корду кожуха балона задньої підвіски (рис 4.5), що і призводить до подальшої заміни всього пневмобалону.

(а) (б)

Рисунок 4.3 – Вигляд (а) та схема (б) пневмобалону у зборі автобуса «БОГДАН А701»

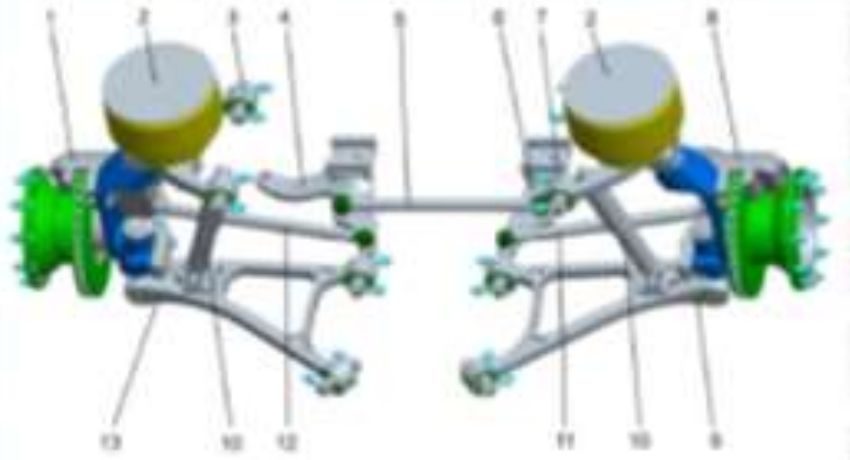


Рисунок 4.4 – Передня вісь автобуса «БОГДАН А701»:

1 – колісний механізм лівий; 2 – пневмобалон; 3 – важіль верхній лівий; 4 – важіль рульової трапеції лівий; 5 – тяга рульова проміжна; 6 – важіль рульової трапеції правий; 7 – важіль верхній правий; 8 – колісний механізм правий; 9 – важіль нижній правий; 10 – амортизатор; 11 – тяга рульова права; 12 – тяга рульова ліва; 13 – важіль нижній лівий

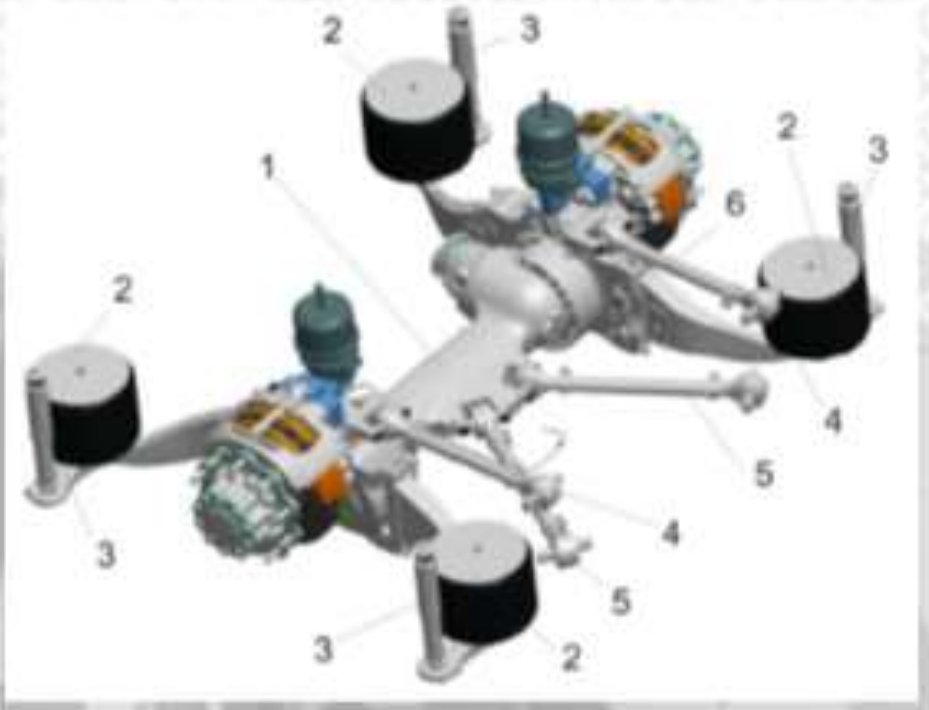


Рисунок 4.5 – Задня пневмопідвіска (ведучої) осі автобуса «БОГДАН А701»:
1 – ведуча вісь; 2 – пневмобалон (пружний елемент); 3 – амортизатор;
4 – реактивна штанга (верхня); 5 – реактивна штанга (нижня);
6 – патрубок отвору контролю рівня оливи

За звітними даними комунального підприємства за 2021 рік понад 100 годин поспіль простоювали близько від 5 – 10 автобусів, в деякій мірі через відсутність запасних частин на складі. Більше того, у звіті сказано про відомості автобусів, які чекають на ремонт протягом півроку.

Визначення економічного ефекту, який одержали за рахунок впровадження у практику планово – запобіжного ремонту пневмопідвіски та заміною зношених пневмобалонів і їх елементів, призводить до певних труднощів.

Впровадження планово – запобіжного ремонту пневмопідвіски у автобусах комунального підприємства, шляхом заміни зношених деталей, дозволяє скоротити загальну кількість їх ремонтів, знизити трудомісткість на планово – запобіжний ремонт, зменшити тривалість простоїв і втрати, які пов'язані із простоями в ремонті. Розглянутий спосіб дає можливість скоротити кількість повних розборок пневмопідвіски автобусів, що, крім зниження трудомісткості дозволяє зберегти припрацювання не замінених деталей і збільшити їх термін служби.

Дане впровадження у практику планово – запобіжного ремонту пневмопідвіски автобусів великого та середнього класу, заміною зношених елементів сприяє зміні їх структурного складу, тобто співвідношення кількості «нових» і відремонтованих пневмопідвісок даних автобусів на користь перших.

Облік із всіх перерахованих факторів на стадії впровадження не представляється можливим. Тому обмежимося визначенням річного економічного ефекту за рахунок найбільш істотних факторів – це зниження трудомісткості, зменшення витрат на планово – запобіжний ремонт та втрат, які пов'язані із простоями у ремонті.

Економічний ефект може бути встановлений шляхом зіставлення витрат, трудомісткості і простоїв при традиційній системі планово – запобіжного ремонту із організаційною структурою планово – запобіжного ремонту, що представлено у даній магістерській роботі.

В якості узагальненого оціночного показника найчастіше застосовують наведені питомі витрати існуючого та нового варіантів:

$$E = (З_1 + E_н \cdot K_1) - (З_2 + E_н \cdot K_2), \quad (4.1)$$

де Е – річний економічний ефект, грн .;

$З_1$ і $З_2$ – поточні витрати по існуючого й пропонованого варіантів, грн.;

K_1 і K_2 – капітальні вкладення для існуючого й пропонованого варіантів, грн.;

$E_н$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності, становить 0,15.

З деяким наближенням, можна прийняти, що додаткові капітальні вкладення при новому варіанті організації планово – запобіжного ремонту не потрібні, тому можна прийняти:

$$E_н \cdot K_1 = E_н \cdot K_2, \quad (4.2)$$

Тоді економічну ефективність від пропонованого варіанту планово – запобіжного ремонту можна визначити на підставі певних рекомендацій, таких як різниця поточних витрат за першим та другим варіантами:

$$E = З_1 - З_2, \tag{4.3}$$

При першому варіанті (ПР – Ремонт – ПР), в поточні витрати входять витрати на ремонт $З_{кр1}$, втрати від простоїв в планово – запобіжному ремонті $d_{кр1}$ і транспортні витрати $З^{ТР}_{КР1}$:

$$З_1 = З_{їф1} + d_{їф1} + З^{тр}_{їф1}, \tag{4.4}$$

При другому варіанті (ПР1 – Ремонт – ПР1), в поточні витрати входять витрати на поточний ремонт ПР – $З_{пр2}$ і ПР1 – $З_{ПР1}$, втрати від простоїв в ремонті $d_{пр2}$, $d_{ПР1}$, втрати від недовикористання ресурсу передчасно замінених деталей $q_{пр1}$ і транспортні витрати $З^{ПР}_{ПР2}$:

$$З_2 = З_{їф2} + d_{їф2} + З^{тр}_{їф2} + З_{пр2} + d_{пр1} + q_{пр1}, \tag{4.5}$$

За результатами експериментальних досліджень, загальні витрати $С^{заг}$ на підтримку пневмопідвіски автобусів великого та середнього класів у працездатному стані за повний термін його служби, склали:

- для варіанта ПР - Ремонт - ПР – 1 432 500 грн.;
- для варіанту ПР1 - Ремонт - ПР1 – 1 179 600 грн.

Тривалість простоїв автобусів в планово-запобіжному ремонті за нормативами і досвідом становить 24 дні, згідно положення про технічне обслуговування та ремонт рухомого складу автомобілів. Тривалість простоїв при заміні зношених деталей складається із простоїв при відповідних планово-запобіжних ремонтах, які включають складність виконуваних робіт (до 6 днів).

Загальна тривалість простоїв пневматичної підвіски автобуса у ремонті може складати:

- за першим варіантом - 72 дні (три ремонти по 24 дні);

- за другим варіантом - 36 днів (один планово - запобіжний ремонт ПР - 24 дні і два ремонти ПР1 по 6 днів).

Збитки, від простоїв у ремонті, виражаються через втрати прибутку, розмір якого на 1 машино-годину роботи відповідно складає 1200 грн. При розрахунках прибутку середня тривалість роботи автобусів великого та середнього класів марки БОГДАН на добу приймається 12 год [8]. Крім того, при розрахунках вводиться коефіцієнт, що враховує тривалість простоїв автобусів через знаходження пневмопідвіски на ремонті, який дорівнює 0,5.

Втрати прибутку, через простій пневмопідвіски на ремонті за весь термін служби, становить:

- базовим варіантом: $d_{ПР1} = 1200 \times 72 \times 12 \times 0,5 = 518\,400$ грн.;

- по пропонованому варіанту: $d_{ПР2} = 1200 \times 36 \times 12 \times 0,5 = 259\,200$ грн.

Витрати на транспортування пневмопідвіски в поточний планово – запобіжний ремонт визначено згідно [7].

Витрати від недовикористання ресурсу деталей, які замінюються із залишковим ресурсом, визначаються за формулою 2.2 (див. Розділ II).

Дані для розрахунку економічної ефективності планово – запобіжного ремонту пневмопідвіски, за весь його термін служби, наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності планово – запобіжного ремонту пневмопідвіски автобусів від впровадження нової системи планово – запобіжного ремонту

Показники	Позначення	Базовий варіант	Пропонований варіант
Витрати на ремонт, грн.	З	1 432 500	1 179 600
Втрати прибутку від простоїв у ремонті, грн.	d	518 400	259 200
Витрати на транспортування, грн.	$З_{тр}$	12 100	6 050
Втрати від недовикористання ресурсу деталей, грн.	q	0	201 200

Поточні витрати за весь термін служби пневмопідвіски автобусів великого та середнього класів, склали:

- за базовим варіантом:

$$C_1^{заг} = 1432500 + 518400 + 12100 = 1963000 грн.$$

- по пропонованому варіанту:

$$C_2^{заг} = 1179600 + 259200 + 6050 + 201200 = 1646050 грн.$$

Ефект від впровадження запропонованого варіанту, склав:

$$E = З_1 - З_2 = 1963000 - 1646050 = 316950 грн.$$

Річний економічний ефект на 1-ну пневмопідвіску автобусів складе:

$$E_{річ}^{заг} = E \cdot (E_н + K), грн. \qquad (4.6)$$

де К – коефіцієнт реновації, К = 0,08.

Річний економічний ефект склав:

$$E_{річ}^{заг} = 316950 \cdot (0,15 + 0,08) = 72900 грн.$$

Таким чином, недосконалість системи управління в комунальному підприємстві із працездатністю автобусів пов'язано на пряму в основному із підсистемою управління запасами та призводить до втрат, як при перевищенні необхідного розміру запасу запасних частин на складі, так і при їх зниженні нижче необхідного рівня. Для підвищення ефективності роботи системи загалом необхідно насамперед визначити оптимальний розмір замовлення із врахуванням обмежень на постачання, а також запропонованих розрахунків економічної ефективності планово – запобіжного ремонту пневмопідвіски автобусів від впровадження нової системи планово – запобіжного ремонту.

4.2 Визначення оптимального рівня запасу пневмобалонів на складі

В якості цільової функції обрані втрати, пов'язані із дефіцитом запасних частин, простоєм основного виробництва, зберіганням на складі запасних частин та їх придбанням.

Загальний алгоритм імітації відмови пневмобалонів та їх відновлення працездатності при експлуатації автобусів, а також керування їх запасами на складі і витрати, що пов'язані із цим запропоновані на рис. 4.6.

Запропонована модель передбачає такі припущення та обмеження:

- дорожні умови, які суттєво впливають на надійність пневмопідвіски, вважаються однаковими для всієї групи автобусів даної марки та моделей;
- модель передбачає імітацію поступової відмови при досягненні граничного стану, а раптові відмови тут не імітуються;
- результати імітації визначаються початковим станом підвіски по кожному із автобусів однієї марки та моделі.

Алгоритм реалізований за допомогою системи «Stamm 2.1», яка передбачає цілеспрямований збір даних імітаційного експерименту із метою подальшої візуалізації, що зображено на рисунку 4.7.

Елементи, які забезпечують імітацію витрати потенційного ресурсу пневмобалонів реалізовані за допомогою табличного процесора «Stamm 2.1» аналогічного Microsoft Excel, який має вбудований формульний рушій, що підтримує більше ста різних функцій.

Деякі елементи імітаційної моделі неможливо побудувати без використання спеціалізованих його осередків-контролерів даної системи (табл. 4.3).

Компоненти самої моделі забезпечують розрахунок змінних, значення, які змінюється із плином модельного часу та залежить від інших змінних даної моделі, реалізовані у вигляді простого контролера модельного часу (рис. 4.8).

Деякі комірки-контролери модельного часу не виконують поточних розрахунків при кожній зміні модельного часу, але реалізують їх логічні операції.

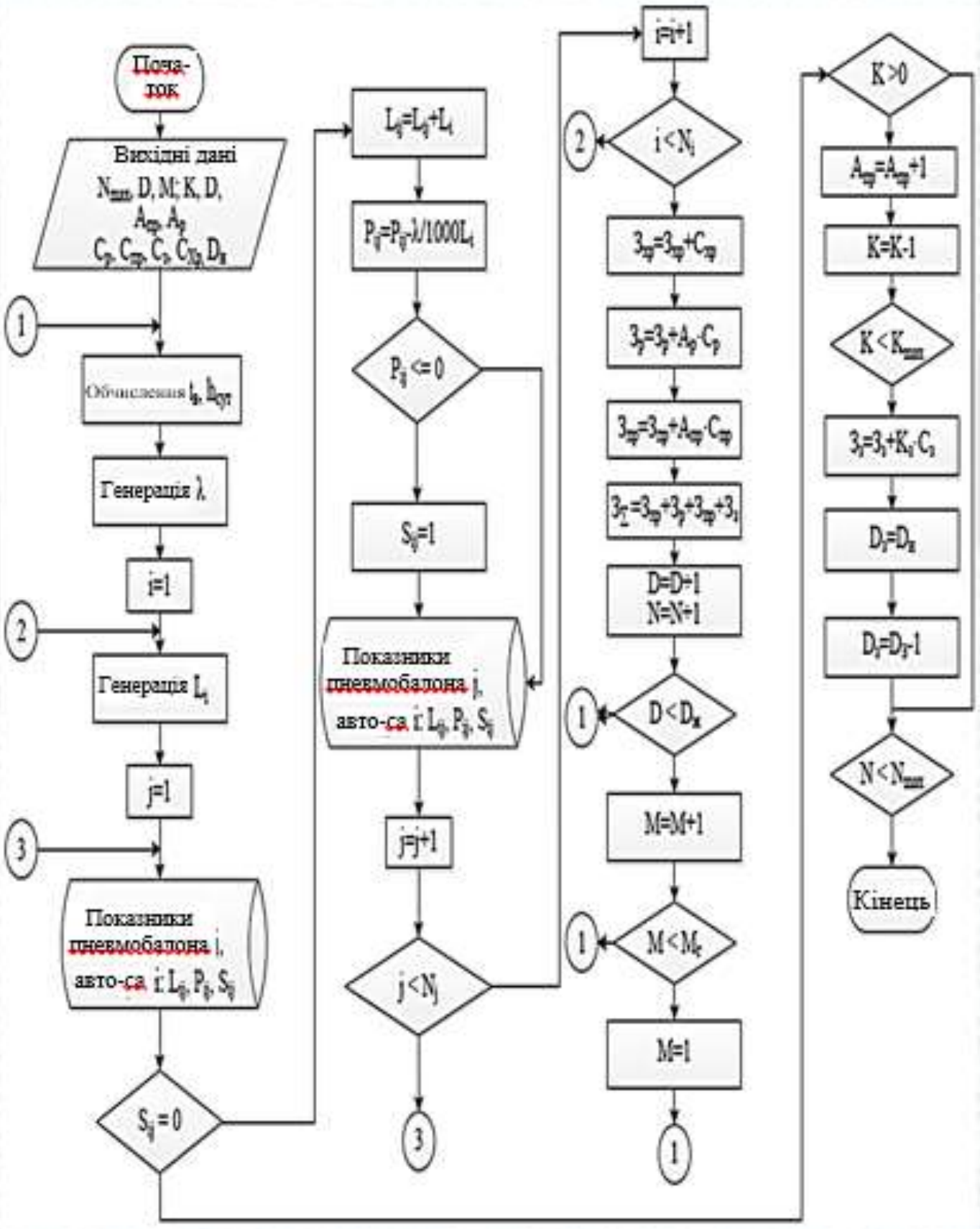


Рисунок 4.6 – Алгоритм імітаційної моделі методики визначення необхідної кількості запасних частин із врахуванням впливу сезонних умов

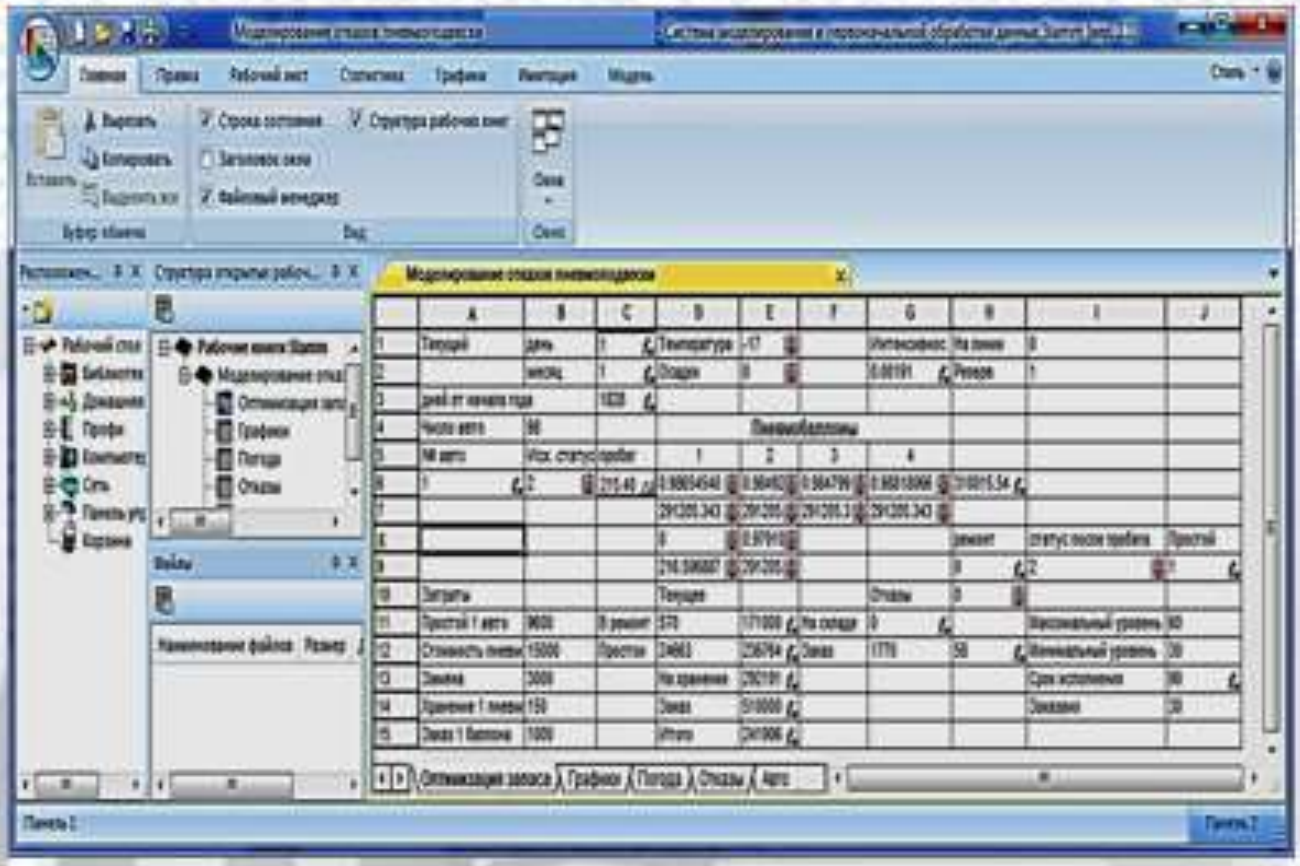


Рисунок 4.7 – Робоче вікно системи «Stamm 2.1»

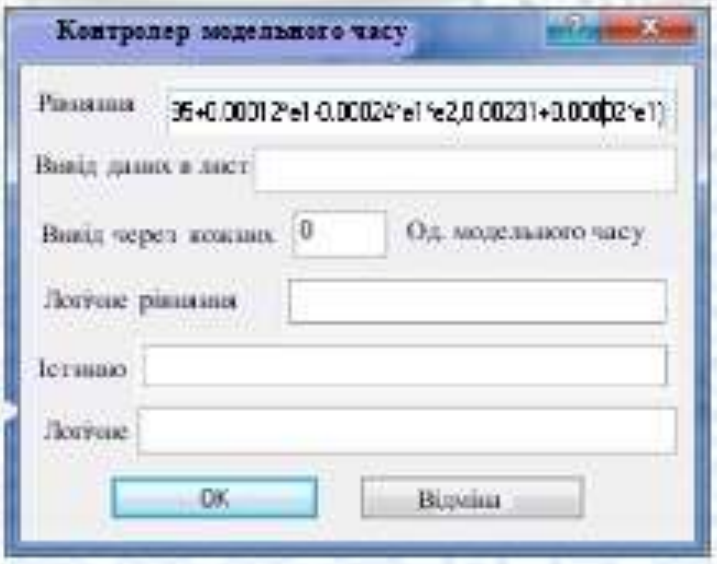


Рисунок 4.8 – Комірка-контролер, що розраховує інтенсивність витрати рівня надійності пневмобалона із урахуванням зовнішніх чинників

Таблиця 4.3 – Компоненти моделі «Stamm 2.1»

Тип комірки-контролера	Комірка або діапазон листа	Функції
Модельного часу	C1:C3	Визначення поточної календарної дати по віртуальному часу моделі
	G2	Розрахунок інтенсивності зниження рівня надійності пневмобалонів із врахуванням поточних значень температури навколишнього середовища та добової інтенсивності опадів
	A6	Генерація поточного номера автобуса
	H9	Перевірка необхідності ремонту пневмобалона
	J9	Реалізація логічного умови простою автобуса
	G11	Списання пневмобалонів зі складу в ремонт
	E11:E15	Розрахунок сумарних витрат, відповідно: на ремонт, що пов'язаних із простоями, зі зберіганням на складі, із виконанням замовлення та загальних витрат.
	H12	Моделювання часу виконання замовлення
Сканування	E1	Імітація поточного значення температури повітря
	E2	Імітація поточного значення інтенсивності опадів
	B6	Статус автобуса: «справний», «вимагає ремонту», «в простої»
	D6:G6	Поточний рівень надійності пневмобалонів задньої підвіски
	D8:E6	Поточний рівень надійності пневмобалонів передньої підвіски
	D7:G7	Пробіг пневмобалонів задньої підвіски
	D7:E7	Пробіг пневмобалонів передньої підвіски
	H10	Збережено статус автобуса: «справний», «вимагає ремонту», «в простої»
Генератор випадкових чисел	C6	Генерація добового пробігу автобуса

На рис. 4.9 представлено комірку, що контролює рівень запасу на складі та змінює число у комірці «розмір замовлення», тільки в момент повного вичерпання запасу на складі і одночасної відсутності виконання замовлення.

Частина комірок-контролерів даного типу реалізує обидві функції одночасно, наприклад, комірок-контролер, яка розраховує дні виконання

поставки одночасно здійснює зміну сумарного числа простоїв, внаслідок відсутності запасних частин на складі (рис. 4.10).

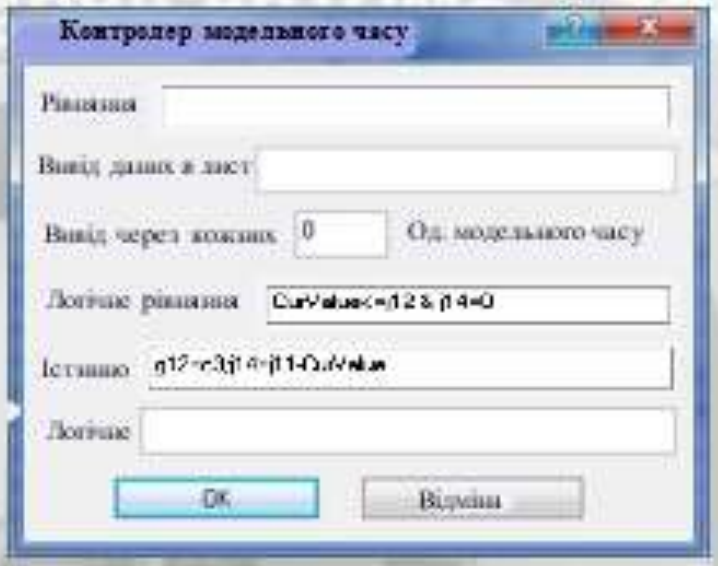


Рисунок 4.9 – Комірка-контролер, що змінює значення в осередку «Розмір замовлення»

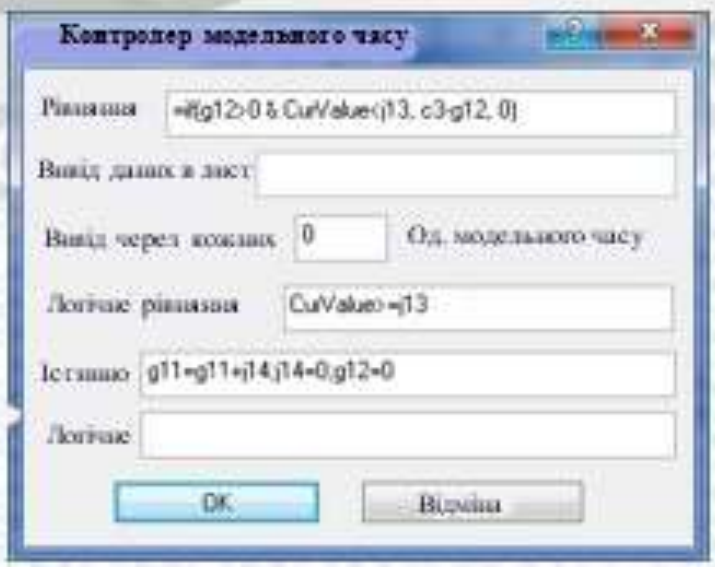


Рисунок 4.10 – Комірка-контролер, що контролює виконання замовлення та число днів в простої

Поточні числові дані в комірці-контролері, необхідні для подальшого аналізу результатів моделювання, записуються в спеціальний лист із заданою періодичністю (рис. 4.11).

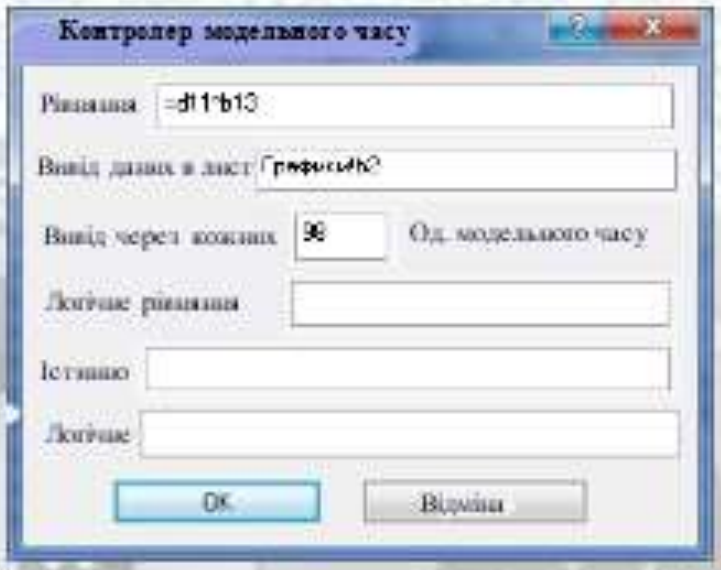


Рисунок 4.11– Комірка – контролер, що визначає сумарні витрати на ремонт з виводом поточного значення в стовпець «B» листа «Графіки» починаючи з другого рядка

Комірки-контролери, які здійснюють відтворення в моделі табличних даних та їх функцій, також реалізовані з різними налаштуваннями. Відтворення в моделі статусу поточного автобуса, передбачає просте перенесення табличного значення показників. Також розглядається контролер сканування, який реалізує зміну пробігів пневмобалона наприклад «1» задньої підвіски, де крім перенесення показника в модель змінює його значення в залежності від виконання логічної умови заданого в налаштуваннях контролера та записує його нове значення назад.

В імітаційної моделі відмов пневмобалонів та їх відновлення работоздатності на базі запасу та на складі використовується лише один спеціалізований компонент – генератор випадкових чисел, що імітує пробіг автобуса за зміну (рис. 4.12).

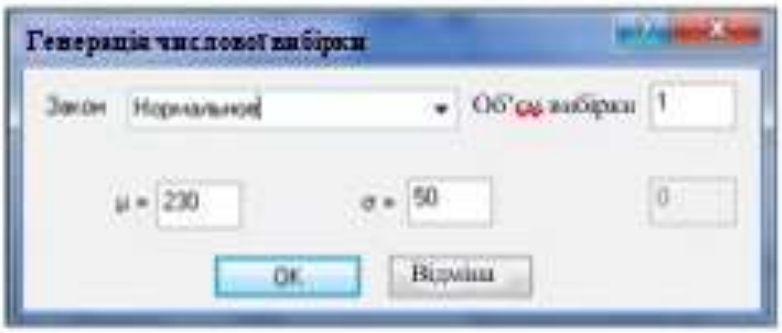


Рисунок 4.12 – Комірка-контролер, що імітує пробіг автобуса за зміну

Проте і інші елементи моделі містять випадкові компоненти. Наприклад, комірка імітує коливання часу виконання замовлення під впливом випадкових факторів, реалізує це за допомогою вбудованої у табличний процесор функції «Rand» (рис. 4.13).

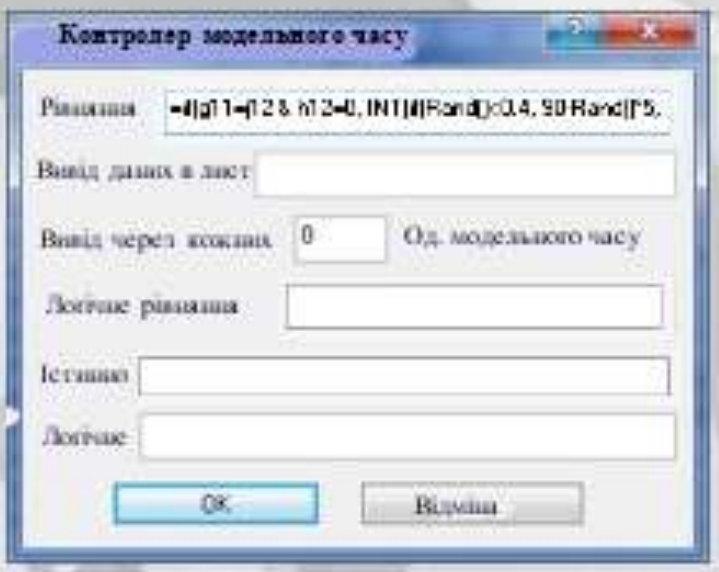


Рисунок 4.13 – Комірка-контролер, що імітує випадкове значення часу виконання замовлення

Генерація випадкового коливання показників із використанням формульного процесора «Stamm 2.1» реалізована і в таких елементах моделі як контролери, що імітують спрацювання пневмобалона.

Для завдання початкових даних імітаційного експерименту використовувалися дані вибірки, яка формувалася в самій моделі із врахуванням наявних даних про віковий склад групи автобусів даної марки та моделі. Максимальний пробіг автобусів в початковій вибірці склав від 0 до 150000 км, що відповідало віку автобусів від 1 до 5 років із рівномірним щорічним оновленням парку для даної марки та моделі автобуса.

В результаті моделювання була отримана таблиця, яка містить значення пробігів та показників надійності по кожному з пневмобалонів групи автобусів даної марки та моделі (рис. 4.14). Ця таблиця використовувалася як вихідна при подальшому імітаційному експерименті на моделі.

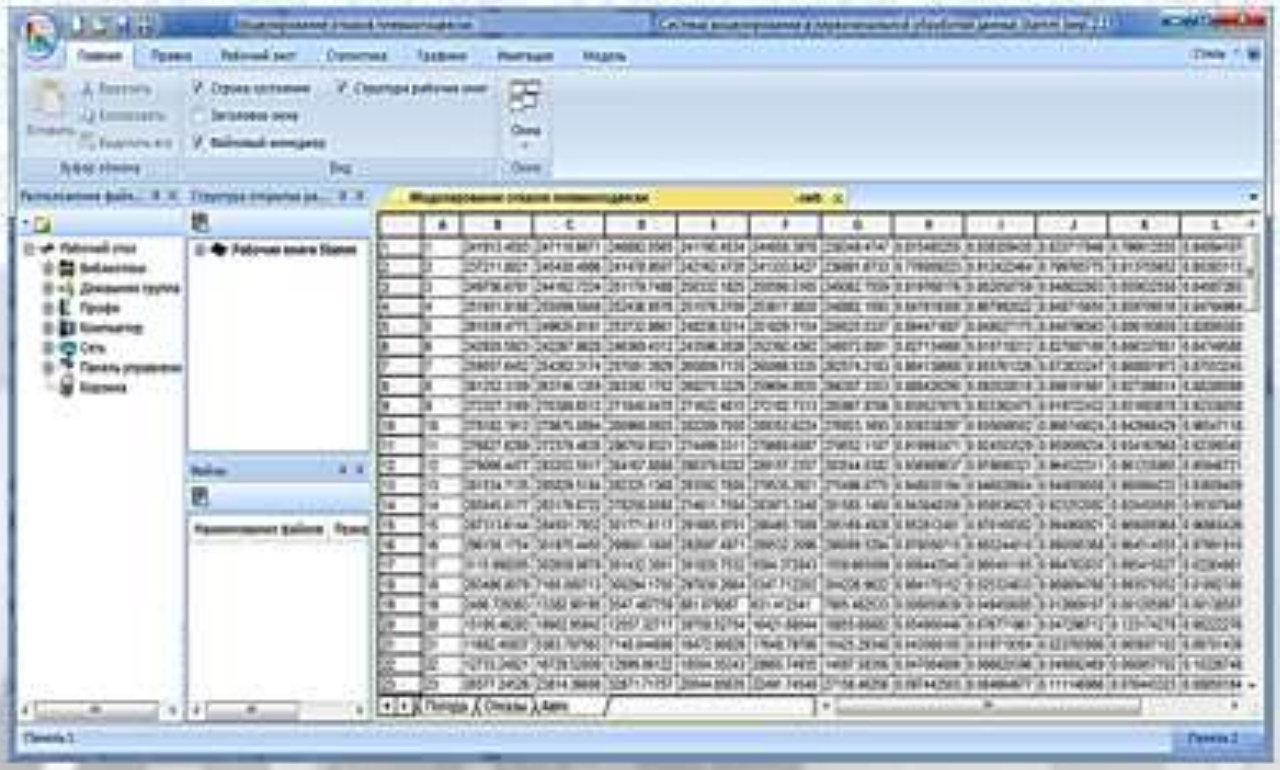


Рисунок 4.14 – Навчальна вибірка, отримана в результаті моделювання із рівномірного надходження нових автомобілів даної марки і моделі

Далі проводився експеримент по імітації процесу відмов та керування запасами із варіюванням порогового рівня запасів на різному рівні. Зупинка моделювання та аналіз результатів здійснювалася при досягненні модельним часом п'яти років.

Завдяки спеціальному налаштуванню елементів моделі (що містять дані про витрати на відновлення працездатності автобусів; непродуктивних втратах внаслідок простою автобусів у очікуванні ремонту; витрат на утримання запасів пневмобалонів на складі; витрат, пов'язаних з виконанням замовлення і поставки на склад і сумарних витрат на підтримку працездатності автобусів), була сформована таблиця чисельних значень цих показників, отриманих із заданою періодичністю (рис. 4.15). За даними таких таблиць для моделей, що імітують відмови пневмобалонів різних марок та моделей автобусів, які є предметом дослідження, були побудовані відповідні графіки зміни витрат в часі.

Результати імітаційного експерименту дозволили визначити оптимальний із точки зору витрат пороговий рівень запасу на складі для представлених марок та

моделей автобусів протягом року.

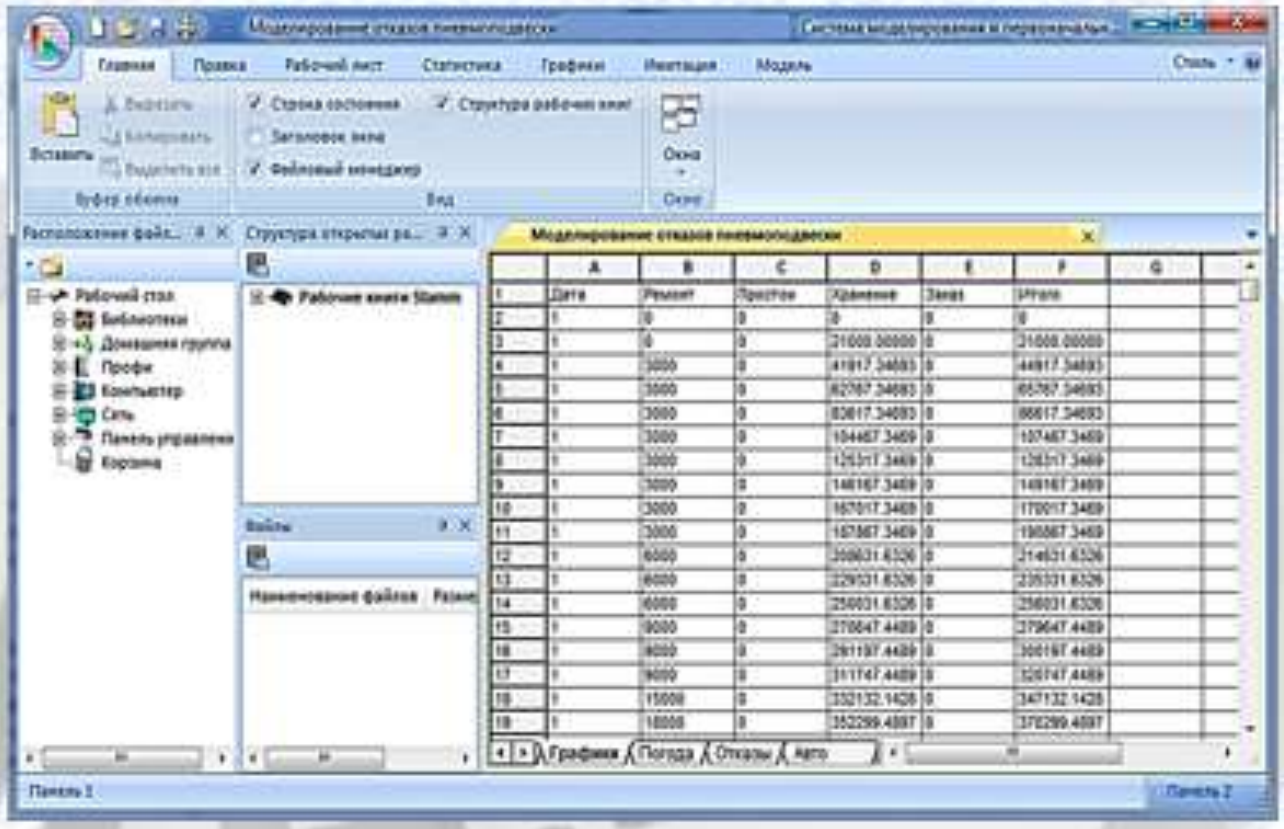


Рисунок 4.15 – Результати імітаційного експерименту

Для практичного використання результатів створено також спеціалізований програмний продукт «Air Suspension».

Використання отриманих результатів на практиці дозволяє зменшити простої автобусів в очікуванні запасних частин, що знижує втрати прибутку. Також застосування методики дозволяє скоротити витрати на зберігання запасних і залежаних матеріалів.

4.3 Методика визначення необхідної кількості пневмобалонів автобусів

Методика визначення необхідної кількості запасних пневмобалонів автобусів складається із наступних етапів:

1. Виконати прогноз середніх місячних значень температури повітря та частки днів із опадами у заданому регіоні із використання даних метеослужб.

2. За математичною моделлю (2.12), виходячи із середніх температури повітря та частки днів із опадами, розраховується інтенсивність відмов пневмобалонів для кожного місяця.

3. Визначається середня інтенсивність експлуатації автобусів по кожному місяцю (за даними служби експлуатації підприємства).

4. Прогнозується середня облікова кількість автобусів по кожному місяцю.

5. Визначається загальний пробіг автобусів по кожному місяцю шляхом перемноження інтенсивності експлуатації і середньої спискової кількості автобусів.

6. Розраховується кількість замін пневмобалонів шляхом множення середньої інтенсивності відмов на загальний пробіг автобусів.

На основі отриманих результатів плануються поставки пневмобалонів на даний період.

Відповідно до результатів досліджень розроблено програмний продукт, який дозволяє реалізувати викладену методику на ПК та ЕОМ.

Програмний продукт «Air Suspension» створений для використання на практиці результатів дослідження.

Для введення вихідних даних використовується екранна форма, яка включає поля введення умов експлуатації, інтенсивності експлуатації та кількості автобусів, та вікно виведення результату (рис. 4.16).

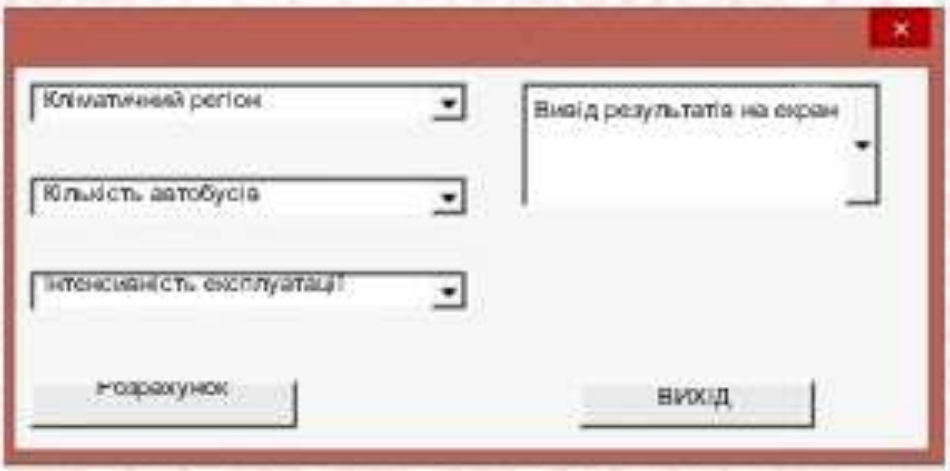


Рисунок 4.16 – Робоче вікно програми «Air Suspension»

Даний програмний продукт дозволяє визначити число відмов пневмобалонів автобусів.

Висновки до розділу 4

Проаналізовано налагодженої системи постачання запасними частинами у комунальному підприємстві «Вінницька транспортна компанія», його загальні поняття про принцип роботи та системи постачання запчастин на підприємство.

Виконано розрахунок економічної ефективності відновлення роботоздатності пневмопідвіски автобусів, при використанні найкращого варіанту планово – запобіжних ремонтів. Запропоновано та визначено оптимальний розмір замовлення із врахуванням розрахунків при обмежені постачання запасних частин.

Результати імітаційного експерименту дозволили визначити оптимальний з точки зору витрат пороговий рівень запасу на складі для представлених марок і моделей автомобілів протягом року.

Розроблено методику визначення необхідної кількості запасних пневмобалонів автомобілів та програмний продукт «Air Suspension», що дозволяє визначити число відмов пневмобалонів автобусів.

РОЗДІЛ 5
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці – як галузь людської діяльності – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарногігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності людини у процесі її трудової діяльності. Основною метою охорони праці є створення безпечних умов трудової діяльності людини, забезпечення її високої та ефективної працездатності.

В даній роботі розглядаються умови праці працівника під час підвищення експлуатаційної надійності пневмопідвіски автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія».

Можливий вплив на працівників небезпечних та шкідливих виробничих факторів. До небезпечних виробничих факторів відносять фактори, вплив яких на працюючих приводить до травм, а шкідливих – фактори які приводять до захворювання. В приміщенні на працюючих діють тільки дві групи небезпечних та шкідливих виробничих факторів відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 – фізичні та психофізіологічні.

До групи фізичних небезпечних факторів відносять такі підгрупи небезпечних факторів відносять такі підгрупи небезпечної дії: підвищена чи понижена вологість повітря; підвищена чи понижена температура повітря; недостатність природного освітлення; недостатність освітлення робочого місця; підвищена чи понижена рухомість повітря.

Групу психофізіологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів по характеру дії поділяють на такі підгрупи: фізичні та нервово – психічні перевантаження. До фізичних перевантажень відносять – статичне; до нервово – психічних – монотонність праці, розумові навантаження, емоційні переживання.

Відповідно до визначених факторів формуємо рішення щодо безпечного виконання роботи.

5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Обладнання приміщення та робочого місця.

Для оцінки умов праці обираємо робоче місце на етапі обробки результатів наукового дослідження за місцем функціонування підприємства у м. Вінниця.

Приміщення, де відбувалася обробка результатів наукового дослідження повинні в першу чергу відповідати кількості робітників і наявному комплекту технічних засобів. Площа на одного співробітника, який працює за ПК, повинна складати не менше 6,0 м^2, об'єм – не менше 20 м^3. Площа приміщень з ПК повинна розраховуватися не більш як на 12 чоловік згідно до вимог НПАОП 0.00-7.15-18.

Перевіримо виконання даних вимог. Площа даного приміщення становить 18,2 м^2, об'єм – 60,8 м^3, відповідно на одного працівника припадає 6,07 м^2 площі і 20,27 м^3 об'єму повітря. Отримані дані повністю відповідають вимогам.

Робоче місце проектувальника і взаємне розташування всіх його елементів відповідає антропометричним, фізичним і психологічним вимогам ДСТУ 8604:2015. Велике значення має також характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця проектувальника були дотримані наступні основні умови: оптимальне розміщення устаткування, що входить до складу робочого місця і достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення.

Раціональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і сталість розміщення предметів, засобів праці і документації. Те, що потрібно для виконання робіт частіше, розташоване в зоні легкої досяжності робочого простору [33, 34].

Основні вимоги щодо роботи на ПК:

– не залишати працюючі ПК і їхні пристрої без нагляду;

– підключати і відключати роз'єм кабелів пристроїв ПК тільки при відключеній напрузі;

– подавати напругу на пристрої і окремі блоки ПК тільки після ретельної перевірки надійності кріплення провідників заземлення, справності кабелів та

роз'ємів мережі електроживлення;

– при виявленні запаху горілого в пристроях ПК необхідно вимкнути апаратуру, повторно не включати і звернутися до спеціаліста з технічного обслуговування ПК;

– для профілактики порушень і підтримання працездатності проектувальника повинні бути введені додаткові регламентовані перерви для відпочинку;

– у період роботи за дисплеєм необхідно передбачити через кожні 40 – 45 хв три-п'ятихвилинні перерви для відпочинку. Середня сумарна тривалість роботи за монітором за день не повинна перевищувати 4 год, а за тиждень 20 год.

Електробезпека приміщення.

Приміщення із робочими місцями користувачів комп'ютерів для забезпечення електробезпеки обладнання, а також для захисту від ураження електричним струмом самих користувачів ПК повинні мати достатні технічні засоби захисту відповідно до ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Категорія приміщення з електробезпеки – без підвищеної небезпеки, згідно ПУЕ [34].

В даному приміщені наявні такі небезпечні фактори: наявність електричних розеток; наявність освітлювальних пристроїв; наявність оргтехніки.

Виходячи з перелічених факторів згідно ДСТУ Б В.2.5-82:2016 вибираємо спосіб захисту – занулення.

Лінія електромережі для живлення приладів, периферійних пристроїв ПК та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ПК виконана як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів.

ПК, периферійні пристрої ПК та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ПК, інше устаткування (апарати управління, контрольно-вимірювальні прилади, світильники тощо), електропроводи та кабелі за виконанням та ступенем захисту мають відповідати класу зони за ПУЕ, мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів.

Живлення обладнання здійснюється від трифазної мережі з заземленою нейтраллю. Потужність обладнання до 4 кВт.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Мікроклімат.

Нормування мікроклімату на робочому місці відбувається згідно ДСН 3.3.6.042-99. Оптимальні показники мікроклімату розповсюджуються на всю виробничу зону, допустимі показники встановлюються диференційно для робочих місць.

Витрата енергії складає: (150 – 200 *ккал / год*). Робоче місце постійне. Категорія робіт: легка 1б. До даної категорії відноситься робота, що виконується сидячи і не потребує переміщення.

Інтенсивність теплового випромінювання працівників від нагрітих поверхонь технологічного обладнання, освітлювальних пристроїв на постійних робочих місцях не повинна перевищувати 100 Вт/м^2 при опроміненні 25% поверхні тіла.

В приміщенні повинні підтримуватись оптимальні параметри мікроклімату. Так як робота пов'язана з нервово-емоційною напругою. В холодну пору року в приміщенні застосовується комбіноване опалення.

Системи опалення, вид і параметри теплоносія передбачаються з урахуванням теплової інерції огороджуючи конструкцій і у відповідності з характером і призначенням споруд і будівель. Згідно цього вибираємо водяне опалення, для даного приміщення розташування радіаторів вибираємо на стінах або нішах стін, коли стіни не несуть основних навантажень [33, 34, 35].

Температура та відносна вологість і швидкість руху повітря на робочому місці приміщення повинна відповідати нормам, вказаним в таблиці 5.1.

Вентиляція.

Для очищення повітря в приміщені застосовується вентиляційна система: природна (неорганізована).

Таблиця 5.1 – Показники мікроклімату

Період року	Категорія праці	Температура					Відносна вологість		Швидкість руху	
		Оптимальна	max		min		Оптимальна	Допустиме не більше	Оптимальна	Допустиме не більше
			пост	непост	пост	непост				
Холодний	Легка 1б	21-23	25	27	20	17	40-60	75	0,1	0,2
Теплий	Легка 1б	22-24	28	29	21	18	40-60	24-75 25-70 26-65 27-60 28-55	0,2	0,1-0,3

При природній вентиляції повітрообмін проходить внаслідок різниці температур повітря в приміщенні і зовні, а також в результаті дії повітря. В якості природної вентиляції використовуємо неорганізовану вентиляцію при якій попадання або видалення повітря проходить через нещільності і пори зовнішніх огороджень, через вікна.

Склад повітря робочої зони.

ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщені, наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м³	Середньо добова	Клас небезпечності
	Максимально разова		
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	1
Вуглекислий газ	3	1	4

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи кондиціювання та вологого прибирання.

Виробниче освітлення.

Освітлення в приміщенні і аудиторії відповідають ДБН В.2.5-28:2018.

Розряд зорової роботи II. Нормування освітленості та КПО проводимо у

горизонтальній площині на висоті 0,8 м від підлоги. Природне освітлення (КПО, $e_н^{III}$ %) при бічному освітлені $e_н^{III} = 2,0$ %.

Так як місто Вінниця знаходиться в IV світловому кліматі:

$$e_н^{IV} = e_н^{III} \cdot m \cdot c;$$
$$e_н^{IV} = 2,0 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,35\ \% \quad (5.1)$$

де m = 0,9 – коефіцієнт світлового клімату для IV сонячного поясу;

c = 0,75 – коефіцієнт сонячного клімату, азимут 90°.

Штучне освітлення. Загальна освітленість приміщення – 500 лк.

Для збільшення освітленості робочої поверхні слід застосовувати місцеве освітлення. Показник дискомфорту не повинен перевищувати 40.

Для загального штучного освітлення слід передбачити газорозрядні лампи, незалежно від джерела світла місцевого освітлення. Коефіцієнт пульсації освітленості при освітлені приміщення не повинен перевищувати – 10%.

Виробничий шум.

Походження шумів у даному приміщені пов'язано з роботами у прилеглих приміщеннях. Дані в таблиці 5.3 відповідають виду трудової діяльності, що потребує сконцентрованості над виконанням всіх видів робіт на постійних робочих місцях (згідно ДСН 3.3.6.037-99).

Методи і засоби боротьби з шумом:

Для захисту від шуму е приміщені аудиторії, який виникає від неякісної роботи оргтехніки слід застосовувати столи з спеціальним відділенням для встановлення системних блоків.

Таблиця 5.3 – Характеристика шумового навантаження

Рівні звукового тиску в октанових полосах з середньо геометричними частотами									Еквівалентні рівні звуку в дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
93	76	70	63	59	54	51	50	40	60

Зниження шуму на шляху його розповсюдження в значні мірі досягається проведенням будівельно-акустичних заходів з застосуванням звукоізолюючих перегородок між приміщеннями.

Виробничі випромінювання.

Під час виконання роботи із використанням ПК на працівника діє підвищений рівень електромагнітного поля. Випромінювання ПК можуть бути небезпечними для здоров'я. Низькочастотні поля при тривалому опроміненні сидять біля ПК людей можуть привести до порушень фізіологічних процесів.

Монітор ПК є джерелом електростатичного поля; слабких електромагнітних випромінювань в низькочастотному і високочастотному діапазонах (2 Гц – 400кГц); ультрафіолетового проміння; інфрачервоних променів; випромінювання видимого діапазону.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань на робочому місці наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітора	10В/м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітора	0,3А/м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати: для дорослих користувачів для дітей дошкільних установ і що вчаться середніх спеціальних і вищих учбових закладів	 20кВ/м 15кВ/м

Для зменшення впливу електромагнітного випромінювання на проектувальника слід дотримуватися раціонального режиму роботи та відпочинку.

Психофізіологічні фактори.

Оцінка психофізіологічних факторів під час проектування об'єкта будівництва здійснюється відповідно до Гігієнічної класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

Загальні енергозатрати організму: до 174 Вт.

Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну): до 40 000.

Робоча поза: вільна зручна поза, можливість зміни пози («сидячи – стоячи») за бажанням працівника; перебування в позі «стоячи» до 40% часу зміни.

Нахили тулуба (вимушені, більше 30°), кількість за зміну: до 50 раз.

Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – творча діяльність, що вимагає вирішення складних завдань за відсутності алгоритму; сприймання інформації та їх оцінка – сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальними значеннями.

Заключна оцінка фактичних значень параметрів: це – розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, виконання завдання та його перевірка.

Сенсорні навантаження: зосередження (%за зміну) – до 5-75%; щільність сигналів (звукові за1 год) – до 150; навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80 %; спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) – 4-6 год; навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 16 до 20.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; ступінь ризику для власного життя – вірогідний.

Режим праці:

– тривалість робочого дня – більше 8 год;

– змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

За зазначеними показниками важкості та напруженості праці, робота, яка виконується належить до допустимого класу умов праці (напруженість праці

середнього ступеня) [33, 34, 35].

5.3 Пожежна безпека

За вибухопожежною і пожежною небезпекою приміщення відноситься до категорії Д. До категорії приміщення Д відносяться приміщення з наступною характеристикою речовин і матеріалів, які знаходяться у приміщенні: Негорючі речовини і матеріали в холодному стані [36].

Будівля, де знаходиться приміщення відноситься до I ступені вогнестійкості. До ступені вогнестійкості I відносяться будівлі з штучними і вогнеборонними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових та плитних негорючих матеріалів.

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій, год. (над рискою) і максимальні межі розповсюдження вогню по ним, см. (під рискою):

– стіни несучі і сходинові клітини – 2,5/0 та стіни самонесучі – 1,25/0 і колони - 2,5/0; стіни зовнішні не несучі (у тому числі з навісних панелей) – 0,5/0 та стіни внутрішні ненесучі (перегородки) – 0,5/0;

– сходинові площадки, косоури, ступені, балки і марші сходинових клітин - 1/0 та плити, настили (у тому числі з утеплювачем) і другі несучі конструкції перекрить – 1/0;

– елементи покрить: плити, настили (у тому числі з утеплювачем) і прогони – 0,5/0 та елементи покрить: балки, ферми, арки, рами – 0,5/0.

Для категорії приміщення Д, ступені вогнестійкості I допустима кількість поверхів 10, площа поверху в межах пожежного відсіку не обмежується.

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до ближчого евакуаційного виходу із приміщення безпосередньо зовні чи в сходинову клітину не обмежується незалежно від об'єму приміщення для категорії приміщення Д і ступені вогнестійкості будови I.

Ширину евакуаційного виходу (дверей) із приміщення необхідно приймати в залежності від загальної кількості людей, які евакуюються через цей вихід і кількості людей на 1 м ширини виходa (дверей). Для категорії приміщення Д, ступені вогнестійкості І, незалежно від об'єму кількість людей на 1 м ширини евакуаційного виходу (дверей) повинна бути не менше 260 чол./м.

Для виробничих будов, споруд категорії Д норми первинних засобів пожежогасіння приведені в табл. 5.4 (ДСТУ Б В.1.1-36:2016).

Таблиця 5.5 – Характеристика та норми оснащення приміщення

Категорія приміщення	Гранична захищувана площа, м²	Пінні та водні вогнегасники місткістю 10 л	Порошкові вогнегасники місткістю, л		
			2	5	10
Д	1800		1+	2+	

Протипожежний захист приміщення забезпечується шляхом:

1. Створення умов для успішного гасіння пожежі (пожежної автоматики).

2. Обмеження розмірів та поширення пожежі (облаштування систем автоматичної пожежної сигналізації та пожежогасіння).

3. Безпечної евакуації людей та майна (аварійного вимкнення устаткування).

Висновки до розділу 5

В даному розділі на основі аналізу умов праці при виконанні роботи по підвищенню ефективності експлуатації автомобілів шляхом вдосконалення методів визначення потреби в запасних частинах було розроблено необхідні організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи, запропоновано протипожежні заходи. Отже поставлені завдання виконані.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено фактори, котрі необхідно враховувати при моделюванні потоку відмов. Для автобусів великого та середнього класу пневмопідвіска враховується із такими факторами – це є добова кількість опадів та температура повітря.

2. Виявлено закономірності формування потоку відмов пневмопідвіски автобусів великого та середнього класу.

3. Розроблено математичні моделі впливу сезонних факторів на потік відмов пневмопідвіски автобусів великого та середнього класу. Встановлено вид двухфакторної моделі впливу опадів та температури на інтенсивність потоку відмов пневмопідвіски автобусів великого та середнього класу.

4. Розроблено імітаційну модель формування потреби у елементах пневмопідвіски, при експлуатації автобусів великого та середнього класу у змінних природно-кліматичних умовах.

5. Проаналізовано налагодженої системи постачання запасними частинами у комунальному підприємстві «Вінницька транспортна компанія», його загальні поняття про принцип роботи та системи постачання запчастин на підприємство.

6. Виконано розрахунок економічної ефективності відновлення роботоздатності пневмопідвісок автобусів, при використанні найкращого варіанту планово – запобіжних ремонтів. Запропоновано та визначено оптимальний розмір замовлення із врахуванням розрахунків при обмежені постачання запасними частинами.

7. Розроблено методику оцінки впливу сезонних умов на надійність пневмопідвіски автобусів великого та середнього класу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрусенко С.І., Бутайчук О.С. Моделювання бізнес-процесів підприємства автосервісу: монографія. – К.: Кафедра, 2014. – 328 с.

2. Авлонькин Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатацией автомобилей. М. ТР. 1985. – 215с

3. Біліченко В.В. Виробничо-технічна база підприємств автомобільного транспорту: навч. посібник / В.В. Біліченко, В.Л. Крещенецький, С.О. Романюк, Є.В. Смирнов. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 182 с.

4. Біліченко В. В. Стратегії розвитку підприємств автомобільного транспорту в умовах ринкових відносин / В. В. Біліченко, С. В. Цимбал // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – Луганськ, 2004. – № 7(77), Частина 1. – С. 97-102.

5. Биличенко В.В. Комплексная организация технического обслуживания и текущего ремонта подвижного состава объединения автомобильного транспорта на основе централизации и специализации: Дис. … канд. техн. наук. –К., 1989. – 273с.

6. Виробничі системи на транспорті: навч. посібник / За ред. І.П.Курнікова – К.: ІЗМН, 1999. – 181 с.

7. Вітлінський В.В. Економіко-математичні методи та моделі: оптимізація : навч. посібник [Електронний ресурс] / Вітлінський В. В., Терещенко Т. О., Савіна С. С. — К. : КНЕУ, 2016. — 303 с.

8. Говорущенко Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей / Н.Я. Говорущенко. – Харьков: Высшая школа, 1984. – 312 с.

9. Говорущенко Н.Я. Техническая кибернетика транспорта / Н.Я. Говорущенко, В.Н. Варфоломеев. – Харьков: ХГАДТУ, 2001. – 271 с.

10. Дмитрієв І.А. Економіка підприємств автомобільного транспорту: навчальний посібник для самостійної роботи та поточного контролю знань студентів закладів вищої освіти / І.А. Дмитрієв, О.С. Іванілов, І.Ю. Шевченко., І.М. Кирчата – Х.: ФОП Бровін О.В., 2018. – 308 с.

11. Канарчук В.Є. та ін. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У 3 кн. Кн. 1. К. Вища шк. 1994. – 368с.

12. Канарчук В.Є. та ін. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У 3 кн. Кн. 2. К. Вища шк. 1994. – 346с.

13. Канарчук В.Є. та ін. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У 3 кн. Кн. 3. К. Вища шк. 1994. – 356с.

14. Канарчук В.Є., Курніков І.П. Виробничі системи на транспорті. – К.: Вища шк.,1997.– 359 с.

15. Канарчук В.Е., Курников И.П., Савин Ю.Ф., Андрусенко С.И. Формирование производственно-технической базы предприятий автомобильного транспорта. – К.: 1994. – 140 с.

16. Канарчук В.Є, Курніков І.П., Савін Ю.Х., Андрусенко С.І. Розвиток виробничо-технічної бази підприємств автомобільного транспорту. – К.: ІСДЛ, 1995. – 220 с.

17. Лудченко О.А., Лудченко Я.О. Наукові дослідження. Патентознавство: Методологія: навч. посібник. – 5-е вид., перероб. і доп. – К.: Логос, 2013. – 204 с.

18. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: підручник. – К.: Знання-Прес, 2003. – 511 с.

19. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: підручник. – К.: Вища шк., 2007. – 527 с.

20. Луйк, И.А. Применение экономико-математических методов и моделей при проектировании технологического процесса обслуживания и ремонта автомобилей: учебное пособие/ И.А. Луйк – Киев, 1989. – 77 с.

21. Луйк, И.А. Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств: учебник для вузов/ В.Е. Канарчук, А.А. Лудченко, И.П. Курников, И.А. Луйк – Киев, 1991. – 385 с.

22. Марков О.Д. Станции технического обслуживания автомобилей. – К.: Кондор, 2008. – 536 с.

23. Митко М.В. Визначення доцільності створення виробничих підрозділів з технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів / М.В. Митко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - № 1 (124) – 2016. -С. 138-141.

24. Митко М.В. Удосконалення структури виробничих підрозділів з обслуговування та ремонту автомобілів / М.В. Митко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - № 6 (141) – 2018. -С. 104-110.

25. Митко М. В. Підвищення ефективності роботи автотранспортних підприємств удосконаленням структури виробничих підрозділів: дис. … канд. техн. наук: 05.22.20 / Митко Микола Васильович. – К., 2019. – 251 с.

26. Митко М. В., Пономарьова Г.В. Алгоритм імітаційної моделі надійності пневмопідвіски автобусів КП «Вінницька транспортна компанія» на кількість відмов під час експлуатації [Текст] // Тези XV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» 24-26 жовтня 2022 року. – Житомир : Житомирська політехніка, 2022. – С. 101-103.

27. Напольский Г. М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания. – М.: Транспорт, 1993. – 272 с.

28. ОНТП-01-91. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта. – М.: Гипроавтотранс, 1991. – 194 с.

29. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Мінтранс України, 1998. – 16 с.

30. Савін Ю.Х. Методика визначення доцільності створення виробничих підрозділів з обслуговування та ремонту транспортних засобів / Ю.Х. Савін, М.В. Митко // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. – № 2 (6). – С. 130-138.

31. Технологічне проектування підприємств автосервісу: навч. посібник / За ред. І.П.Курнікова. – К.: Видавництво «Іван Федоров», 2003. – 262 с.

32. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: навч. посібник / За ред. С.І.Андрусенка. – К.: Каравела, 2009. – 368 с.

33. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972

34. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

35. ДБНВ.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. К. : Мінбуд України, 2006. -154 с.

36. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об`єктів будівництва. Загальні вимоги- [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002..pdf

Додаток А

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

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

до магістерської кваліфікаційної роботи
зі спеціальності 274 – «Автомобільний транспорт»

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ПНЕВМОПІДВІСКИ АВТОБУСІВ КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА «ВІННИЦЬКА ТРАНСПОРТНА КОМПАНІЯ»

Розробив студент гр. 1АТ-21м Пономарьова Г.В.

Керівник роботи: к.т.н., стар. викладач Митко М.В.

Вінниця ВНТУ – 2022 року

Мета дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розробка методики оцінки впливу сезонних умов на надійність пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу для вирішення задач по визначенню необхідної кількості у запасних частинах.

Завдання дослідження:

- провести огляд та аналіз виконаних досліджень з метою обґрунтування наукової новизни досліджуваної теми;
- обґрунтувати чинники, які значно впливають надійність елементів пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу;
- встановити закономірності впливу обраних чинників на показники надійності пневмопідвіски;
- розробити математичну модель для знайдених закономірностей;
- розробити імітаційну модель формування потреби в елементах пневмопідвіски під час експлуатації автобусів у змінних природно-кліматичних умовах Вінницької області;
- розробити методику оцінки впливу сезонних умов на надійність пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу та оцінити економічний ефект від практичного використання отриманих результатів дослідження.

Об'єкт дослідження – процес формування потоку відмов у пневмопідвісці автобусів середнього та великого класу із врахуванням їх сезонної варіації, щодо природно-кліматичних факторів.

Предмет дослідження – це методика оцінки впливу сезонних умов на надійність пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу.

Автобуси великого класу марки Богдан А701

Автобуси середнього класу марки
Богдан «Ataman» А093.12

Автобуси великого класу
марки ЛАЗ – А183

Автобуси великого класу
марки «Otocar Kent C CNG»

Рухомий склад автобусів великого та середнього класу автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія»

На технічний стан автомобіля більшою мірою впливають перелічені вище фактори

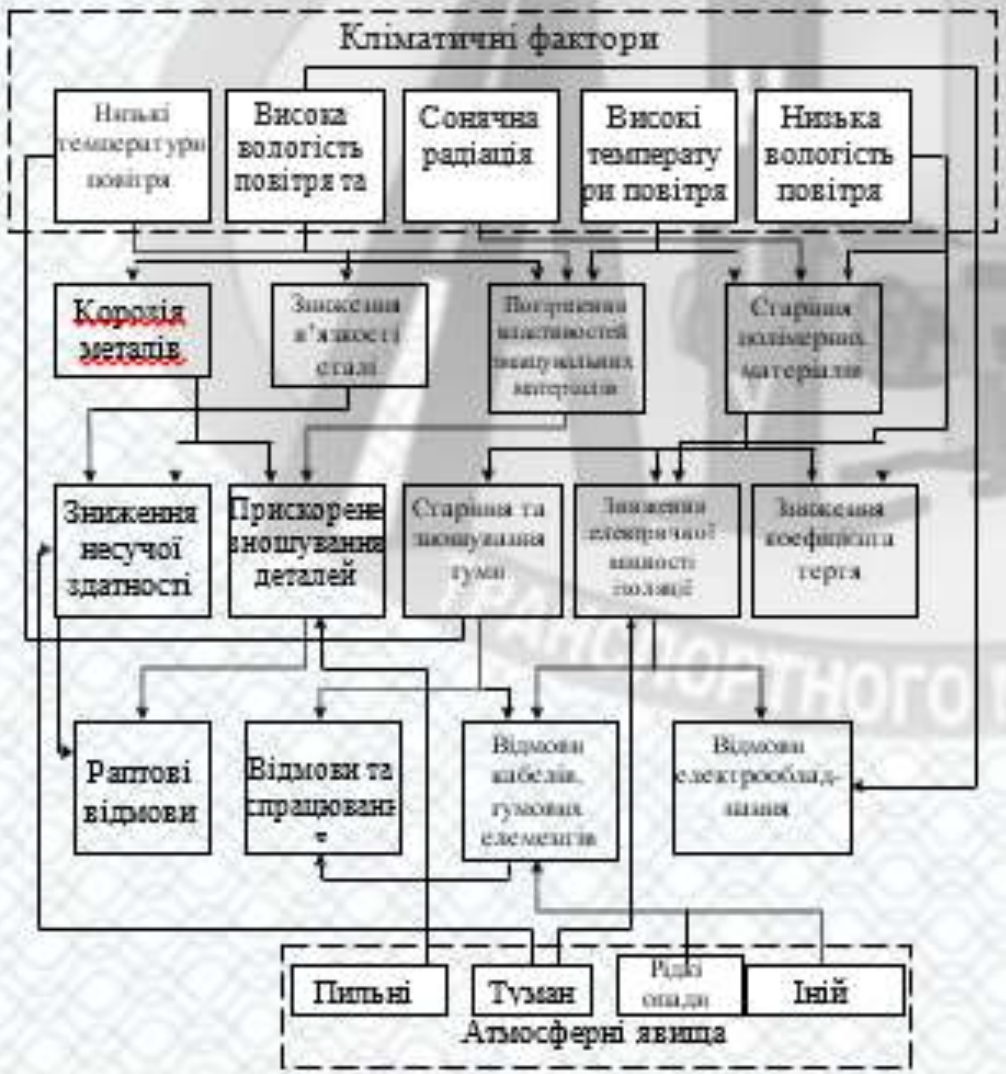
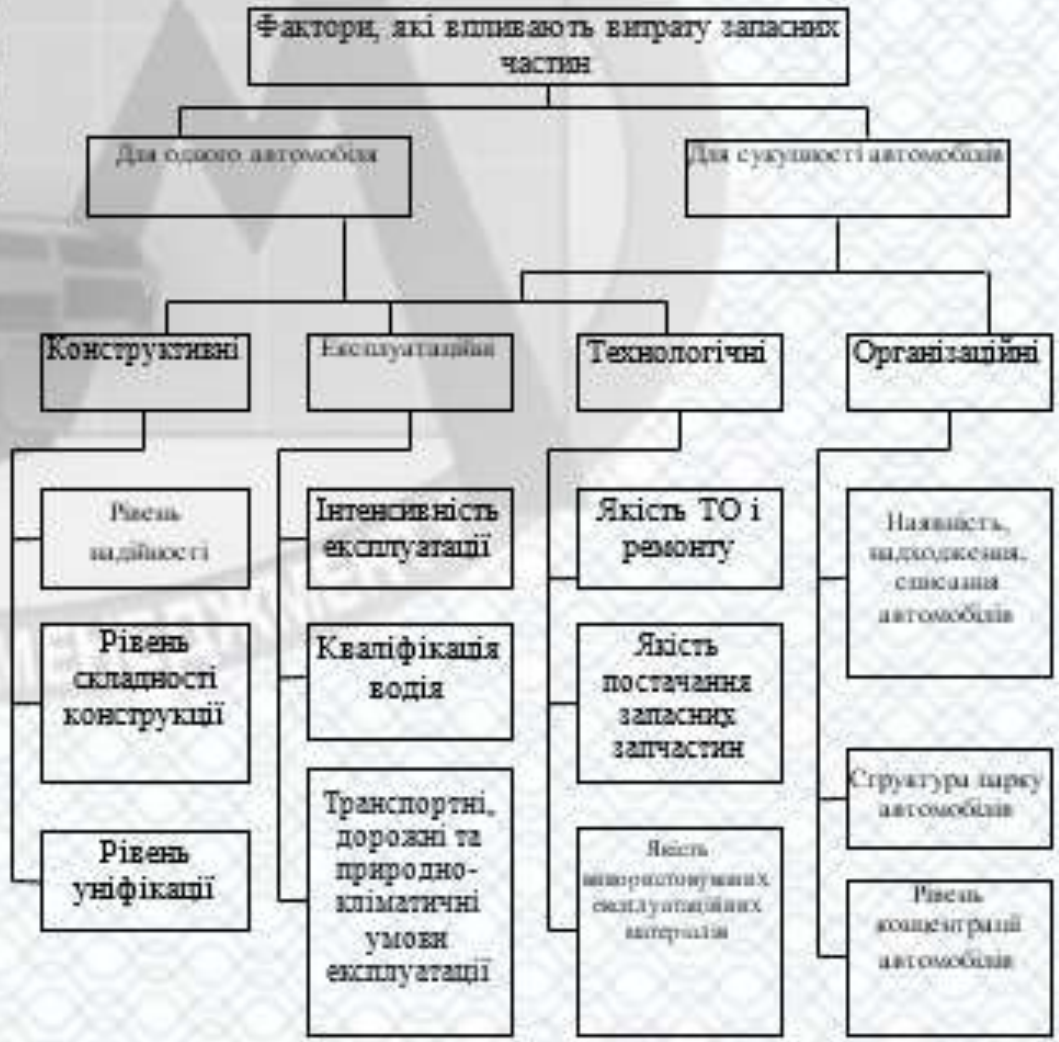


Схема комплексного впливу основних кліматичних факторів та атмосферних явищ на надійність об'єктів



Класифікація факторів, які впливають на розхід автомобільних запчастин

Таблиця 1 – Порівняльна таблиця середньомісячних температур міст Києва та Вінниці у відповідності до «Кліматограми», за 2021 рік.

Місто	Місяць	Температура °С	Місто	Місяць	Температура °С
1	2	3	4	5	6
Київ	Січень	-2,5	Вінниця	Січень	-4,8
	Лютий	-4,5		Лютий	-4,9
	Березень	2,7		Березень	1,2
	Квітень	8,0		Квітень	5,0
	Травень	14,4		Травень	10,1
	Червень	21,3		Червень	14,1
	Липень	24,6		Липень	20,8
	Серпень	21,1		Серпень	21,1
	Вересень	13,5		Вересень	11,5
	Жовтень	8,4		Жовтень	6,4
	Листопад	4,8		Листопад	-1,2
	Грудень	-2,6		Грудень	-2,8

Методи визначення потреби у запасних частинах

Методика визначення необхідної кількості запасних частин пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу

Одне із найважливіших моментів, які враховані під час управління запасами у створенні – це обсяг оборотних засобів, розміщених у структурі запасів.

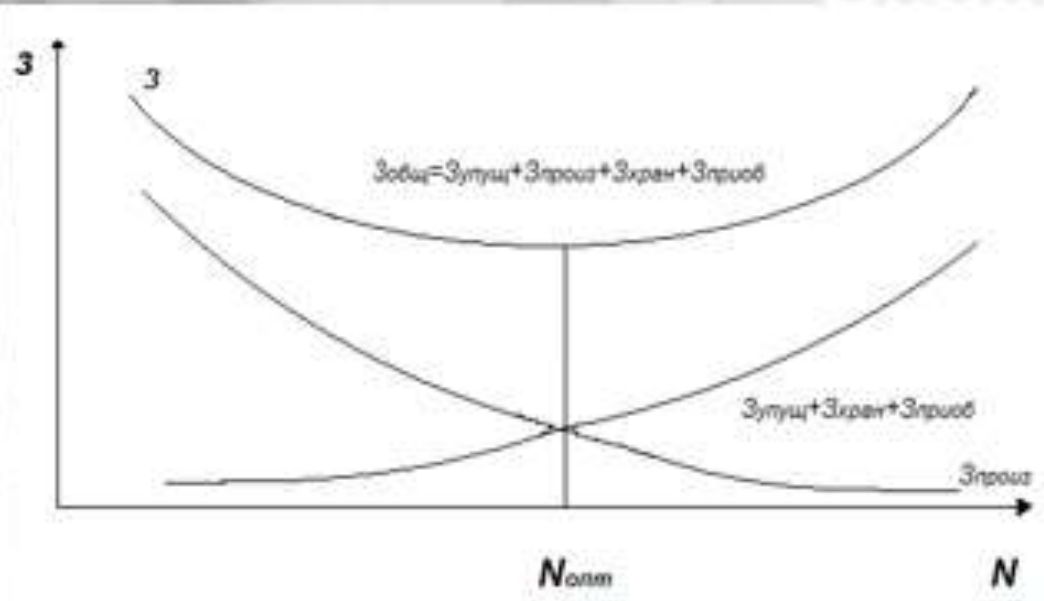
$$З_{заг} = З_{витрат.} + З_{виробн.} + З_{збер.} + З_{придб.} \rightarrow min \qquad (1)$$

де $З_{витрат.}$ – витрати прибутку через простої рухомого складу від дефіциту запасних частин.

$З_{виробн.}$ – витрати, які пов'язані із простоєм основного виробництва через відсутність бригади робітників та через невихід автотранспорта на лінію.

$З_{зберіг.}$ – витрати, пов'язані із зберіганням запасних частин на складі.

$З_{придб.}$ – витрати, що пов'язані із



Визначення потрібної кількості запасних частин $N_{опт. зас.ч.}$ за критерієм мінімальних сумарних витрат

Таблиця 2 – Початковий перелік факторів

Найменування факторів	Найменування показників факторів	Буквене позначення
1	2	3
Температура повітря	Середня місячна температура, °С	t
Вологість (в зимовий період часу)	Кількість днів із опадами за	N
	Доля днів із опадами за місяць,	D
	Середня кількість опадів за добу, мм	h

Таблиця 3 – Вплив сезонних змін природно-кліматичних факторів на властивості пневмопідвіски

Найменування факторів	Найменування показників факторів	Вплив факторів
Температура повітря	Середня місячна температура, °С	Втрата еластичності, міцності
Опади	Кількість днів із опадами за місяць, один.	Стадія деформації, розрив (спрацювання)
	Інтенсивність опадів	Стадія деформації, розрив (спрацювання)

Схема зображення 3-D моделі пневмобалону автобусів марки «ЛАЗ – А183», «БОГДАН А701»

Математичні моделі впливу кліматичних факторів на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобусів середнього та великого класу

Враховуючи викладене, можна припустити, що залежність інтенсивності відмов пневмобалонів від температури навколишнього повітря близька до параболи із мінімумом в районі 10...20 °С. Тому для її опису можна застосувати квадратичну функцію поліном 2-го ступеня:

$$\lambda = a_0 + a_1 t + a_2 t^2, \qquad (2)$$

де $a_0 \dots a_2$ – параметри моделі (емпіричних коефіцієнтів).

Вплив частки днів із опадами на інтенсивність відмов неоднозначний. При температурі повітря нижче 0 °С збільшується D, і призводить до утворення сталого зледеніння елементів підвіски та механічного впливу на пневмобалон, який підвищує ймовірність відмови. У разі позитивних температур збільшення D може, навпаки, позитивно проводити умови роботи пневмобалона за допомогою його охолодження дощової водою.

Для розробки багатофакторних моделей вихідні однофакторних моделей перемножуються. Після цього коефіцієнти даної моделі позначаються новими силами. І виходить тепер багатофакторна модель зі змішаними ефектами має вигляд:

$$\lambda = A_0 + A_1 t + A_2 t^2 + A_3 D^{A_6} + A_4 D^{A_6} + A_5 D^{A_6}, \qquad (3)$$

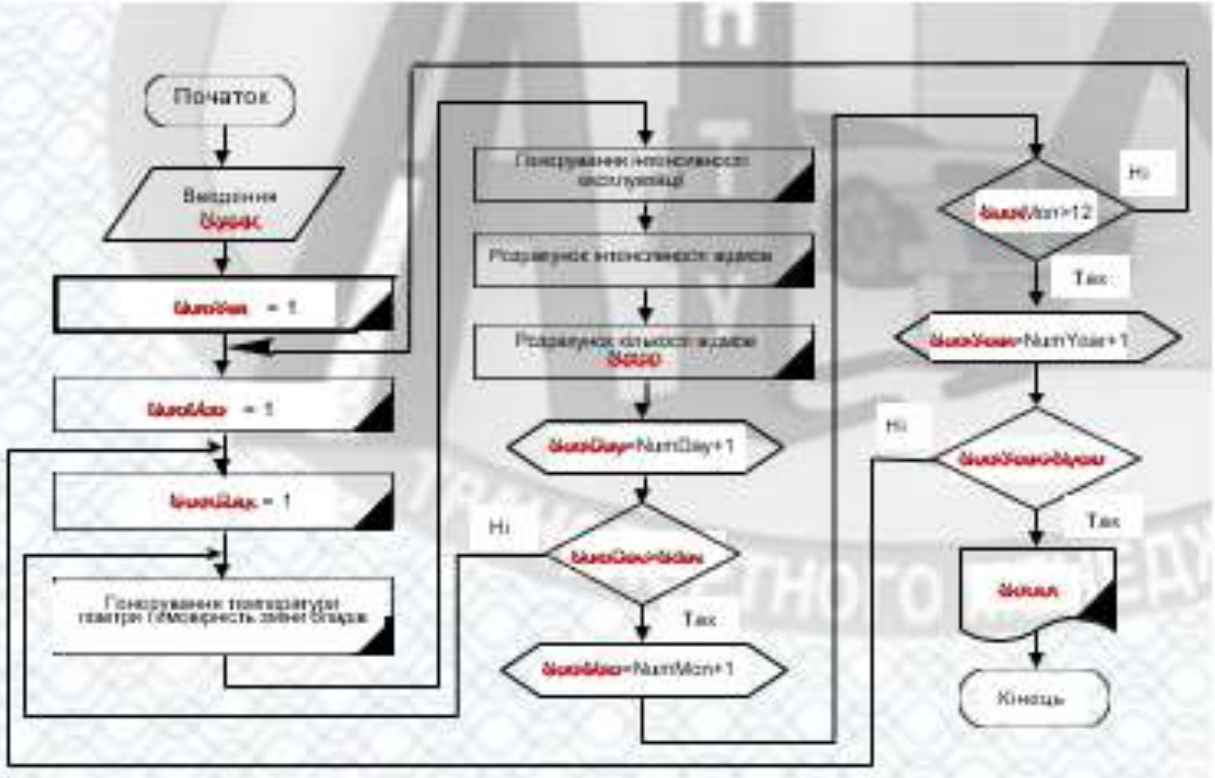
де $A_0 \dots A_6$ – параметри моделі (емпіричні коефіцієнти);

Далі потрібно виявнити, на скільки необхідно використовувати змішані ефекти. Для цього потрібно порівняти модель головних ефектів із моделлю зі змішаними ефектами після проведеного модельного експерименту.

$$\lambda = A_0 + A_1 t + A_2 t^2 + A_3 D^{A_4}, \qquad (4)$$

де $A_0 \dots A_4$ – параметри моделі (емпіричні коефіцієнти); t – середня місячна температура, °С;
D – частка днів із опадами за місяць.

Слідуючим етапом генерується інтенсивність відмов пневмобалонів, а отримані значення перемножуються на інтенсивність експлуатації та кількість автобусів для розрахунку кількості можливих відмов.



Алгоритм імітаційної моделі впливу сезонних змін температури навколишнього середовища та інтенсивності опадів на кількість відмов пневмопідвіски автобусів

Розробкою імітаційної моделі, при вивченні даної системи, розглядається ефективність автомобільного транспорту, яка залежить від умов його експлуатації, що змінюються згідно сезону пори року під час роботи автобусів. Найбільший ступінь температури повітря, залежить від кількості опадів, а також дорожніх умов експлуатації.

При розробці гіпотез про вид математичних моделей взаємодії елементів системи на першому етапі проведено аналіз змістовної сутності досліджуваної залежності. Потім висунуто гіпотези про вид однофакторних моделей. Перевірка їхньої адекватності виконана на основі експериментальних досліджень, які розглянуті на слідуючих слайдах. На основі розроблена багатофакторна регресійна модель.

Оскільки умови експлуатації автобусів змінюються у часі випадковим чином, то визначення кількості відмов у різні періоди року доцільно використовувати імітаційну модель.

Методика проведення експериментальних досліджень

У магістерській кваліфікаційній роботі експеримент проводиться у три етапи.
Перший етап – збір статистичних даних щодо температури повітря та добової інтенсивності опадів.
Другий етап – збір даних щодо кількості відмов пневмопідвіски автобусів в експлуатації.
Третій етап – обробка результатів експерименту та його аналіз.

В експерименті взяли участь 6 марок автобусів середнього та великого класів. За кожною моделлю автобуса було зібрано необхідний обсяг інформації: пробіг автобуса на момент відмови, кількість відмов, час проходження ТО, час простою автобуса внаслідок відсутності запасних частин та кількість деталей, придбаних для заміни.

Таблиця 4 – Автобуси середнього та великого класу з пневмопідвіскою, що експлуатуються у КП «Вінницька транспортна компанія»

№	Марка	Кількість
1	«БОГДАН А701»	30
2	«БОГДАН А70132»	25
3	«Otocar Kent C CNG»	10
4	Богдан «Ataman» А093.12	8
5	Богдан А092	4
6	«ЛАЗ – А183»,	8

Таблиця 5 – Матриця плану експернменту по інтенсивності відмов пневмопідвіски

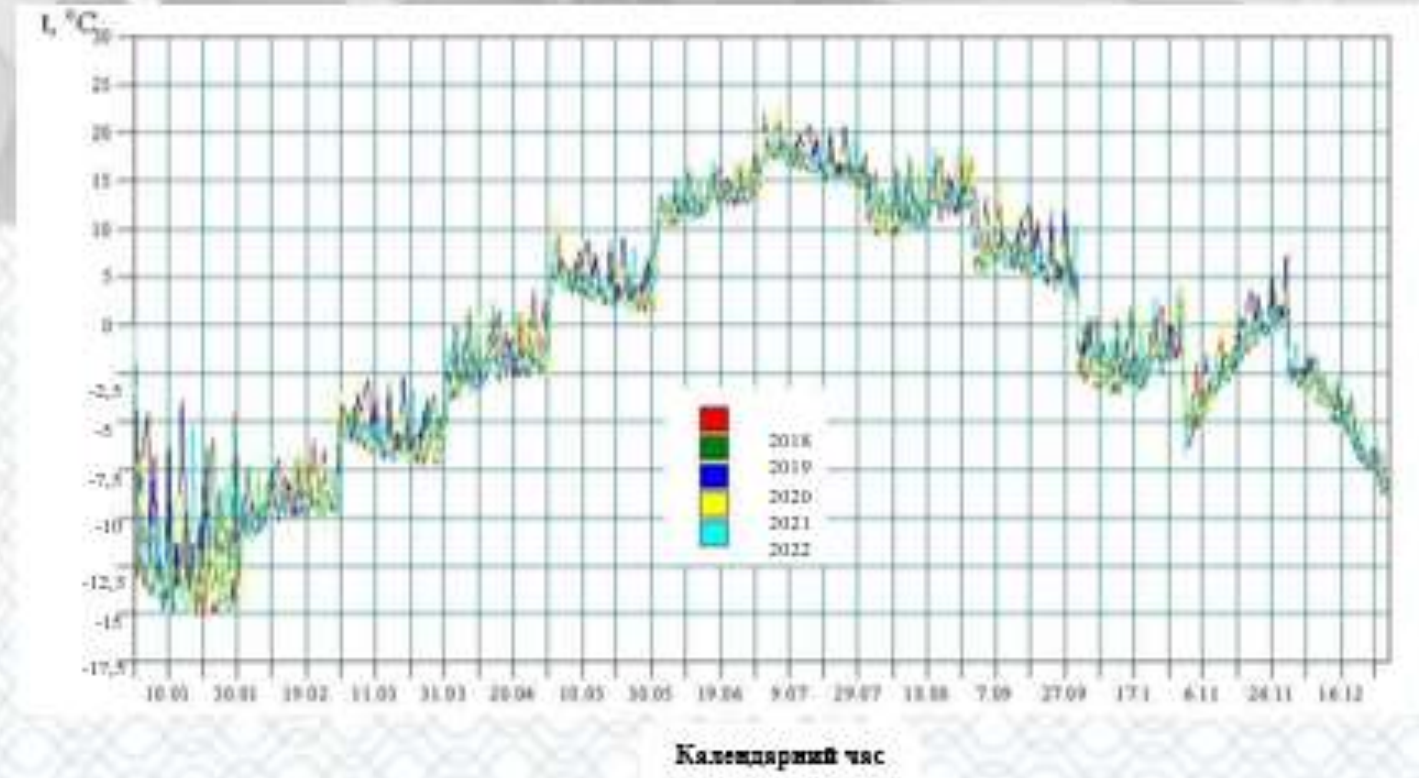
Номер місяця	Календарний час, міс.	Інтенсивність відмов, 1/1000 км
1	Січень	λ_1
2	Лютий	λ_2
…	…	…
12	Грудень	λ_{12}

У таблиці 5 представлено частину матриці плану експерименту. Обсяги вибірки в кожній точці плану визначаються виходячи із довірчої помилки 0,10 і вірогідності довірчої 0,90 за методикою Захарова М.С.

Результати аналізу отриманих результатів показали, що найбільшому значенню коефіцієнта кореляції відповідає коефіцієнт – першої гармоніки, він становить 0,841, для другої гармоніки – 0,158, для третьої гармоніки – 0,418, для четвертої гармоніки – 0,147, для п'ятої гармоніки – 0,264.

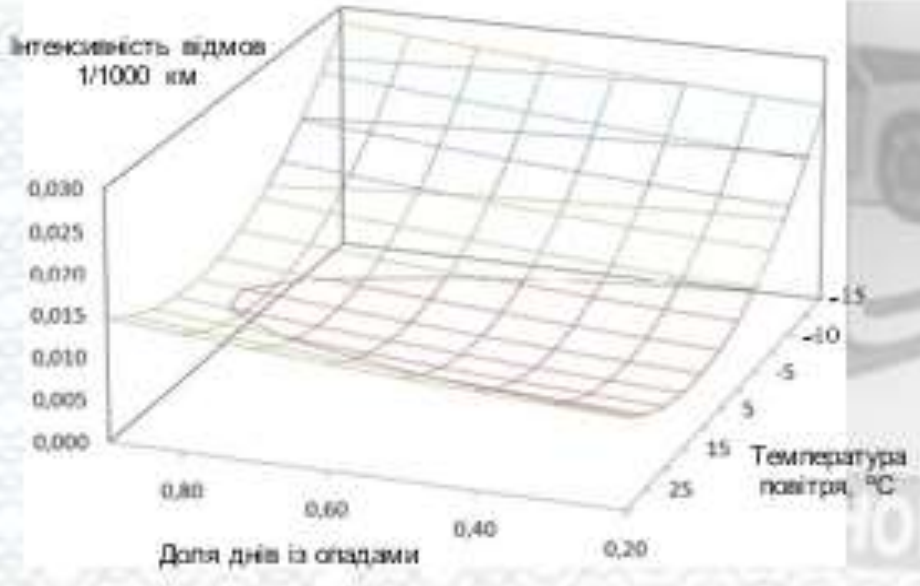
Перевірка за критерієм Стьюдента показала, що коефіцієнт кореляції першої гармоніки значимий з ймовірністю вище 0,95. Це свідчить про суттєвий вплив сезонних умов на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобусів великого класу.

Аналіз статистичних даних за температурами довкілля показав, що з температури також можливе використання гармонійних моделей. Графіки зміни температури за календарними днями за чотири роки, накладені одна на одну, показують стійку закономірність зміни температури протягом року.



Зміна середньодобової температурн довкілля протягом року

Аналіз показав, що дана модель не в повній мірі відповідає фізичному змісту досліджуваного процесу: при низьких температурах у зимовий період року інтенсивність відмов зростає, а при збільшенні в цих умовах частки днів з опадами цей вплив починає діяти ще сильніше. А при позитивних температурах відповідно цієї залежності не повинно бути.



Вплив температури повітря та вологості на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобусів великого класу «ЛАЗ – А183» (модель на головних ефектах)

У моделі на головних ефектах врахувати спільний вплив факторів майже неможливо. Відповідно, необхідно використовувати модель зі змішаними ефектами за ф-лою (3).

Для оцінки значущості змішаних ефектів остання модель лінеаризована шляхом заміни змінних:

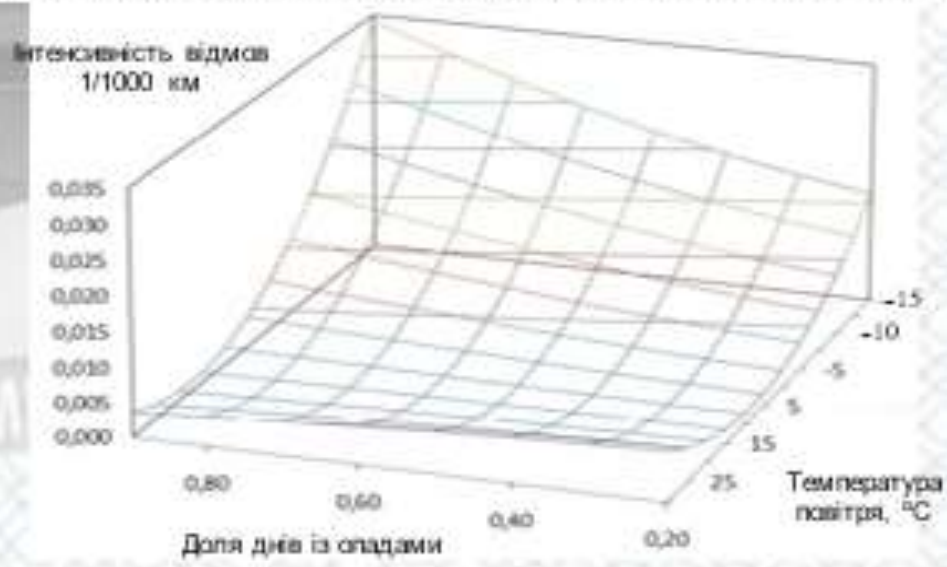
$$\lambda = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 + A_4X_4 + A_5X_5, \qquad (5)$$

де $X_0 \dots X_5$ – лінеаризовані змінні.

Для оцінки адекватності моделі, визначення чисельних значень її параметрів та статистичних характеристик використовувалася програма "REGRESS 2.5". До змішаних ефектів в останній моделі відносяться 4 і 5 складові. Розрахунки показали, що коефіцієнт парної кореляції між $X_3 = t^2D^{A_6}$ і λ склав 0,76, а між $X_4 = tD^{A_6}$ і λ склав 0,74.

Перевірка Ст'юдента за критерієм показала, що із ймовірністю 0,99 обидва змішані ефекти статистично значимо впливають на інтенсивність відмов пневмобалонів.

На рисунку зображенй графік моделі із змішаннми ефектами.

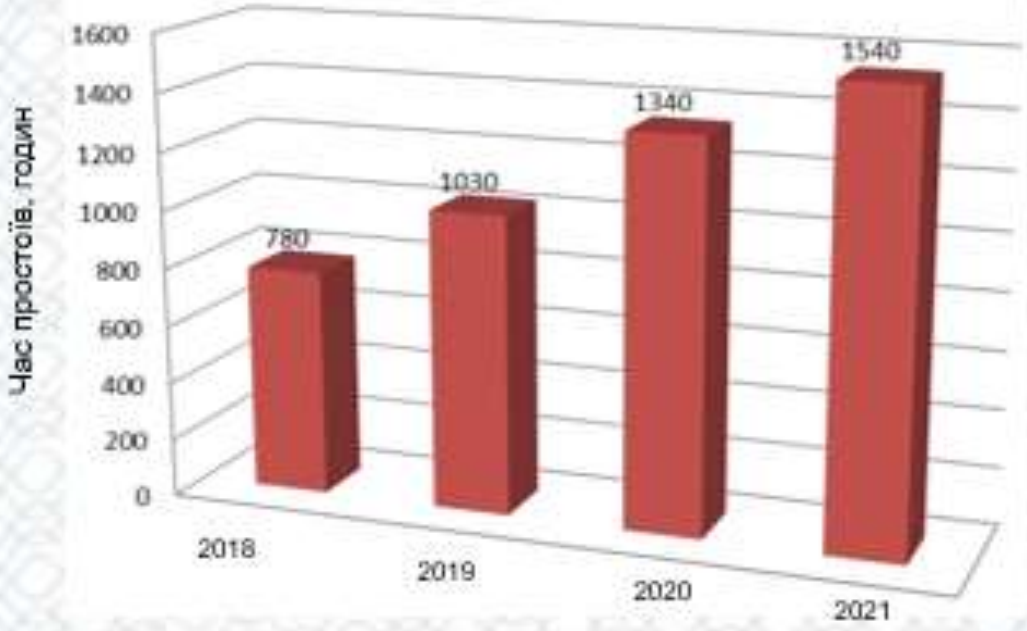


Вплив температури повітря та вологості на інтенсивність відмов пневмопідвіски автобусів великого класу «ЛАЗ – А183» (модель зі змішаннми ефектами)

Адекватність рівняння оцінювалася за критерієм Фішера. Дисперсійне відношення Фішера перевищило табличний значення з ймовірністю 0,95, що свідчить про адекватність обраної моделі. Середня помилка апроксимації склала 4,6%.

Таблиця 1 – Закупки пневмобалонів для автобусів середнього та великого класів

Рік	Кількість закуплених пневмобалонів
2019	54
2020	77
2021	89
2022	99



Час простоїв автобусів середнього та великого класів за період 2018 – 2021 рік

Однією із причин це є нерівномірний розподіл відмов на протязі року, які пов'язані з впливом сезонних коливань температури навколишнього середовища та інтенсивності різних опадів. Крім того, при визначенні необхідного рівня запасу у системі, яка працює, ніяк не враховується напрацювання пневмопідвіски на момент її поставки. Другою складовою – це втрати, що пов'язані із недосконалою системою відновлення працездатності автобусів, які оснащені пневмопідвісками, а також інших марок та моделей автобусів – де застосовується централізоване управління при закупівлі запасних частин.

Постачання пневмобалону проводиться у зібраному вигляді. В розглянутих автобусах великого класу для даних марок та моделей на задню підвіску необхідно чотири пневмобалони, а на передню – два. А для автобусів середнього класу Богдан А092 та А093, де встановлена ресорно-пневматична підвіска та встановлені – два пневмобалони на задній осі. Однією із причин, що впливає рівень запасу на складі це кількість, яка там є, і що захисний гумовий кожух не завжди продається окремо, а в експлуатації в більшості випадків відбувається розрив корду кожуха балона задньої підвіски, що і призводить до подальшої заміни всього пневмобалону.

Таблиця 2 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності планово – запобіжного ремонту пневмопідвіски автобусів від впровадження нової системи планово – запобіжного ремонту

Показники	Позначення	Базовий варіант	Пропонований варіант
Витрати на ремонт, грн.	З	1 432 500	1 179 600
Втрати прибутку від простоїв у ремонті, грн.	d	518 400	259 200
Витрати на транспортування, грн.	$З_{тр}$	12 100	6 050
Втрати від неповикористання ресурсу деталей, грн.	q	0	201 200

Поточні витрати за весь термін служби пневмопідвіски автобусів великого та середнього класів, склали:

- за базовим варіантом:

$$C_1^{заг} = 1432500 + 518400 + 12100 = 1963000 грн.$$

- по пропонованому варіанту:

$$C_2^{заг} = 1179600 + 259200 + 6050 + 201200 = 1646050 грн.$$

Ефект від впровадження запропонованого варіанту, склав:

$$E = З_1 - З_2 = 1963000 - 1646050 = 316950 грн.$$

Річний економічний ефект на 1-ну пневмопідвіску автобусів складе:

$$E_{рік}^{заг} = E \cdot (E_н + K), грн.$$

де К – коефіцієнт реновації, К = 0,08.

Річний економічний ефект склав:

$$E_{рік}^{заг} = 316950 \cdot (0,15 + 0,08) = 72900 грн.$$

ВИСНОВКИ

1. Встановлено фактори, котрі необхідно враховувати при моделюванні потоку відмов. Для автобусів великого та середнього класу пневмопідвіска враховується із такими факторами – це є добова кількість опадів та температура повітря.

2. Виявлено закономірності формування потоку відмов пневмопідвіски автобусів великого та середнього класу.

3. Розроблено математичні моделі впливу сезонних факторів на потік відмов пневмопідвіски автобусів великого та середнього класу. Встановлено вид двухфакторної моделі впливу опадів та температури на інтенсивність потоку відмов пневмопідвіски автобусів великого та середнього класу.

4. Розроблено імітаційну модель формування потреби у елементах пневмопідвіски, при експлуатації автобусів великого та середнього класу у змінних природно-кліматичних умовах.

5. Проаналізовано налагодженої системи постачання запасними частинами у комунальному підприємстві «Вінницька транспортна компанія», його загальні поняття про принцип роботи та системи постачання запчастин на підприємство.

6. Виконано розрахунок економічної ефективності відновлення роботоздатності пневмопідвісок автобусів, при використанні найкращого варіанту планово – запобіжних ремонтів. Запропоновано та визначено оптимальний розмір замовлення із врахуванням розрахунків при обмежені постачання запасними частинами.

7. Розроблено методику оцінки впливу сезонних умов на надійність пневмопідвіски автобусів великого та середнього класу.

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Підвищення експлуатаційної надійності пневмопідвіски автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

Тип роботи: Магістерська дипломна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 99 % Схожість 1 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

√ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

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

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

Автор роботи (підпис) Пономарьова Г.В. (прізвище, ініціали)

Керівник роботи (підпис) Митко М.В. (прізвище, ініціали)