

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра автомобілів

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект автотранспортного підприємства для виконання технічного
обслуговування та ремонту підвіски та рульового керування автомобілів Opel
Omega (B) з дослідженням технічної діагностики автомобіля із застосуванням
об'єднаних параметрів

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАм-62
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Володимир ЛІТВІЦЬКИЙ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник Михайло ЛЕВКОВИЧ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль Марія П'ЄНТАК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Завідувач кафедри Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент Дмитро РАДИК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Тернопіль
2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (ім'я та прізвище)
« » 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(НАЗВА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ)
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Літвіцькому Володимирі Йосиповичу
(ПРІЗВИЩЕ, ІМ'Я, ПО БАТЬКОВІ)

1. Тема роботи Проект автотранспортного підприємства для виконання технічного обслуговування та ремонту підвіски та рульового керування автомобілів Opel Omega (B) з дослідженням технічної діагностики автомобіля із застосуванням об'єднаних параметрів

Керівник роботи Левкович Михайло Геннадійович, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «14» листопада 2025 року №4/7-972

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2025

3. Вихідні дані до роботи Характеристика підприємства, базовий технологічний процес обслуговування автомобілів: Opel Omega (B)

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Типові несправності та порівняння ефективності методів діагностики – 1 аркуш формату A1.
Організаційна структура та схема чисельності персоналу – 1 аркуш формату A1. План ТО та ефективність діагностики – 1 аркуш формату A1. ТО Opel Omega B – 1 аркуш формату A1.
Приспосіблення для складання пружини із стійкою передньої підвіски – 1 аркуш формату A1.
Ковальсько-ресорне відділення – 1 аркуш формату A1. Наукові дослідження – 2 аркуші формату A1.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях			

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

(підпис)

Володимир ЛІТВІЦЬКИЙ
(ім'я та прізвище)

(підпис)

Михайло ЛЕВКОВИЧ
(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

до кваліфікаційної роботи на тему: «Проект автотранспортного підприємства для виконання технічного обслуговування та ремонту підвіски та рульового керування автомобілів Opel Omega (B) з дослідженням технічної діагностики автомобіля із застосуванням об'єднаних параметрів», виконана студентом групи МАм-62 ТНТУ імені Івана Пулюя Літвіцьким Володимиром Йосиповичом. Керівник – к.т.н., доц. Левкович М.Г.

Пояснювальна записка містить 65 аркушів А4, додатки та 8 аркушів А1.

Ключові слова: технічне обслуговування, ремонт, підвіска, рульове керування, Opel Omega (B), діагностика, об'єднані параметри.

У роботі представлено проєкт автотранспортного підприємства, що спеціалізується на обслуговуванні підвіски та рульового керування автомобілів Opel Omega (B). Проаналізовано стан сервісних послуг у м. Тернополі, обґрунтовано потребу у спеціалізованому пості діагностики та ремонту. Наведено короткі характеристики систем підвіски та керування, визначено типові несправності та методи їх виявлення.

У технологічному розділі проведено коригування нормативів, розраховано трудомісткість робіт, річну програму технічного обслуговування, кількість постів та чисельність персоналу. Описано організацію робочого місця діагноста та структуру виробничих приміщень.

У конструкторському розділі розроблено пристосування для складання пружини зі стійкою передньої підвіски. Подано принцип роботи та виконано перевірку міцності елементів, що підтверджує безпечність конструкції.

Науково-дослідна частина присвячена оцінюванню технічного стану автомобіля з використанням об'єднаних діагностичних параметрів, які дають можливість підвищити точність і швидкість діагностування.

Розділ з охорони праці містить заходи з безпечної організації робіт під час обслуговування та ремонту ходової частини автомобіля. Результати роботи підтверджують доцільність створення спеціалізованої зони технічного обслуговування та ефективність запропонованих проєктних рішень.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	
1.1 Загальна характеристика підприємств, що виконують обслуговування підвіски та рульового керування легкових автомобілів у м. Тернополі	9
1.2 Діагностичні параметри та інформативність об'єднаних критеріїв технічного стану підвіски і рульового керування	9
1.3 Необхідність створення спеціалізованої зони діагностики та ремонту підвіски і рульового керування	10
1.4 Коротка технічна характеристика автомобіля Opel Omega (B)	11
1.5 Аналіз технічного стану, типових несправностей і методів діагностики підвіски та рульового керування Opel Omega (B)	13
1.6 Організація і управління АТП	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
2.1 Вибір і коректування вихідних нормативів ТО	18
2.2 Розрахунок трудомісткості ТО	19
2.3 Визначення трудомісткості у	19
2.4 Розрахунок річної трудомісткості ПР	20
2.5 Кількість ТО	21
2.6 Кількість технічних обслуговувань за цикл	22
2.7 Коефіцієнт технічної готовності та перехід від циклу до року та річна кількість ТО	23
2.8 Штат робітників та кількість постів	25
2.9 Пост діагностики та ремонту підвіски і рульового керування	26
2.10 Склад приміщень підприємства і розрахунок їх площ	28
2.11 Аналіз і основні характеристики генерального плану	28
2.12 План ТО	29
2.13 Обслуговування та ремонт підвіски та рульового керування	30
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Огляд пристроїв для обслуговування підвіски	39

3.2 Приспособа для складання пружини зі стійкою передньої підвіски	40
3.3 Розрахунок міцності елементів пристосування	41
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	
4.1. Технічна діагностики автомобіля із застосуванням об'єднаних параметрів	43
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
5.1 Організація та проведення дослідження стійкості роботи автотранспортного підприємства	55
5.2 Розрахунок забезпечення необхідної вентиляції	57
5.3 Розрахунок штучних заземлюючих пристроїв для заземлення стенда	60
ВИСНОВКИ	62
БІБЛІОГРАФІЯ	64
ДОДАТКИ	66

ВСТУП

Розвиток сучасного автотранспорту супроводжується постійним оновленням парку автомобілів та підвищенням їх технічного рівня. Зростає кількість машин з удосконаленими системами керування, складними конструкціями підвіски та високою насиченістю елементів, що працюють під змінними навантаженнями. За таких умов особливої актуальності набуває питання ефективного та безпечного використання автомобілів, яке безпосередньо залежить від їх технічного стану.

Надійність автомобіля формується не лише його конструктивними особливостями, а й якістю експлуатації, своєчасним технічним обслуговуванням та професійним ремонтом. Важливе значення має правильна організація діагностування, оскільки саме воно дозволяє завчасно виявляти відхилення у роботі підвіски, рульового керування та інших систем автомобіля. Використання сучасних методів технічної діагностики, зокрема аналізу об'єднаних параметрів, забезпечує більш точне визначення технічного стану та залишкового ресурсу деталей.

Для якісного виконання робіт необхідна відповідна ремонтно-обслуговувальна база, оснащена спеціальним обладнанням, стендами контролю, вимірювальною технікою, а також підготовлені інженерно-технічні працівники й механіки. Ефективна система ТО повинна бути збалансованою, керованою та здатною відповідати вимогам сучасного автосервісу.

Підвищення вимог до надійності автомобілів, оновлення нормативної документації, зміни в економічних умовах та зростання ринку автомобілів з високим пробігом роблять питання ТО й ремонту особливо важливими. Це стосується передусім підвіски та рульового керування – систем, від яких залежить безпека руху, керованість, комфорт і стабільність автомобіля.

Ефективна робота автотранспортного підприємства ґрунтується на декількох основних умовах:

- використанні надійних конструкцій та якісних матеріалів;
- своєчасному та якісному технічному обслуговуванні;

- раціональному забезпеченні запасними частинами та матеріалами;
- суворому дотриманні правил експлуатації.

Таким чином, створення АТП, яке спеціалізується на діагностиці та ремонті підвіски і рульового керування автомобілів Opel Omega (B), є актуальним завданням. Воно дозволяє забезпечити безпеку, підвищити ресурс авто та задовольнити зростаючі потреби автосервісного ринку.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальна характеристика підприємств, що виконують обслуговування підвіски та рульового керування легкових автомобілів у м. Тернополі

Автосервісна інфраструктура Тернополя сформована переважно невеликими приватними СТО, які виконують широкий спектр робіт, але лише частина з них має вузьку спеціалізацію на діагностиці та ремонті підвіски й рульового керування. Більшість підприємств оснащені базовим обладнанням – підйомниками, стендами геометрії коліс, пресами для демонтажу сайлентблоків та амортизаторів. Проте сучасні системи діагностування, що дозволяють оцінювати комплекс технічних параметрів у динаміці, використовуються недостатньо.

Попит на якісне обслуговування підвіски в регіоні залишається високим через специфіку дорожнього покриття Тернополя та передмість. Дороги з нерівностями, наявністю вибоїн, стиків та сезонних деформацій впливають на знос шарнірних з'єднань, амортизаторів і рулевих тяг. У цих умовах підприємства, що здатні забезпечити точну діагностику та швидкий ремонт цих систем, мають стабільну клієнтську базу.

Характерною особливістю ринку є те, що більшість сервісів виконують ремонт за фактом звернення клієнта, тобто після появи явних ознак несправності. Комплексні профілактичні програми та діагностика за об'єднаними параметрами застосовуються рідко, хоча саме вони дозволяють запобігти передчасному зносу деталей. Це створює передумови для організації спеціалізованого АТП, що надаватиме послуги на основі сучасних методів контролю тех. стану.

1.2 Діагностичні параметри та інформативність об'єднаних критеріїв технічного стану підвіски і рульового керування

Підвіска та рульове керування Opel Omega (B) мають складну структурну організацію, де стан кожного вузла впливає на поведінку автомобіля в русі. Все

частіше застосовують концепцію об'єднаних (інтегрованих) діагностичних параметрів, що дозволяє аналізувати кілька характеристик одночасно.

До таких параметрів належать:

- вібраційні показники (амплітуда та частота коливань на кузові та підрамнику);
- кутові зміни геометрії підвіски під навантаженням;
- динамічні люфти та переміщення у шарнірах та рульовому механізмі;
- параметри шумності, що відображають наявність підклинювань або руйнування підшипників;
- реакція автомобіля на керуючий вплив, включаючи час відгуку та рівномірність повороту коліс;
- гідравлічні показники роботи підсилювача керма.

Перевага об'єднаних параметрів - вони дозволяють відстежувати комплексну картину тех. стану вузлів, а не окремі симптоми. Наприклад, зміна амплітуди коливань у поєднанні зі збільшенням люфту рульових тяг свідчить про системний знос передньої підвіски, тоді як ізольоване вимірювання лише одного параметра може не дати чіткої відповіді.

Застосування таких методів підвищує точність діагностування, особливо для автомобілів з великим пробігом, де одночасно зношуються кілька елементів. Для Opel Omega (B), який у більшості випадків експлуатується понад 20 років, комплексний підхід дозволяє формувати більш достовірні висновки щодо залишкового ресурсу деталей та необхідності ремонту.

1.3 Необхідність створення спеціалізованої зони діагностики та ремонту підвіски і рульового керування

У сучасних умовах експлуатації автомобілів у м. Тернополі особливо актуальною є потреба в організації спеціалізованої зони для діагностики та ремонту підвіски й рульового керування. Наявні СТО здебільшого надають загальний спектр послуг, не забезпечуючи комплексного контролю цих систем.

Це призводить до того, що ремонт часто виконується фрагментарно, без попереднього аналізу сумарних навантажень і взаємозв'язку між елементами.

Спеціалізована зона дозволить:

- впровадити повноцінний комплекс діагностики, що включає вимірювання об'єднаних параметрів;
- здійснювати моделювання технічного стану підвіски за різних умов навантаження;
- своєчасно виявляти приховані несправності, які важко діагностувати традиційними методами;
- підвищити точність регулювальних робіт (розвал-сходження, контроль люфтів);
- мінімізувати вірогідність повторних звернень через недовиявлені дефекти.

Таке рішення також економічно виправдане: кількість автомобілів віком понад 15 років у Тернополі зростає, а саме у них найчастіше виникають проблеми з підвіскою й рульовим керуванням. Додатково варто врахувати дорожні умови регіону, які сприяють інтенсивному зношуванню вузлів.

Створення окремої зони діагностики дозволить підвищити ефективність роботи АТП, зменшити час простою автомобілів та забезпечити більш високу якість ТО.

1.4 Коротка технічна характеристика автомобіля Opel Omega (B)

Opel Omega (B) належить до представницького класу легкових транспортних засобів із заднім або повним приводом. Виробництво цієї моделі велось концерном Adam Opel AG у період з 1994 по 2003 роки. Модель відзначалася високим рівнем комфорту, надійністю конструкції та хорошими експлуатаційними показниками, що забезпечило її популярність серед приватних і корпоративних користувачів.

Таке поєднання забезпечує баланс між комфортом, стійкістю та керованістю, але водночас підвищує вимоги до точності регулювань установки

коліс і стану рульових з'єднань. Саме тому система діагностики цих вузлів є критично важливою для підтримання безпечної експлуатації автомобіля.

Основні характеристики Opel Omega (B)

Параметр	Значення
Тип кузова	Седан / універсал
Кількість місць	5
Маса спорядженого автомобіля, кг	1570–1750
Повна маса, кг	до 2150
Довжина / ширина / висота, мм	4898 / 1776 / 1455
Колісна база, мм	2730
Колія передня / задня, мм	1505 / 1508
Тип підвіски передньої	Незалежна, двохважільна, на пружинах
Тип підвіски задньої	Незалежна, багатоважільна, з пружинами
Рульовий механізм	Рейковий з гідропідсилювачем
Гальмова система	Дискові гальма на обох осях, ABS
Об'єм двигуна, л	2,0–3,2
Потужність, кВт (к.с.)	85–162 (115–220)
Максимальна швидкість, км/год	200–240

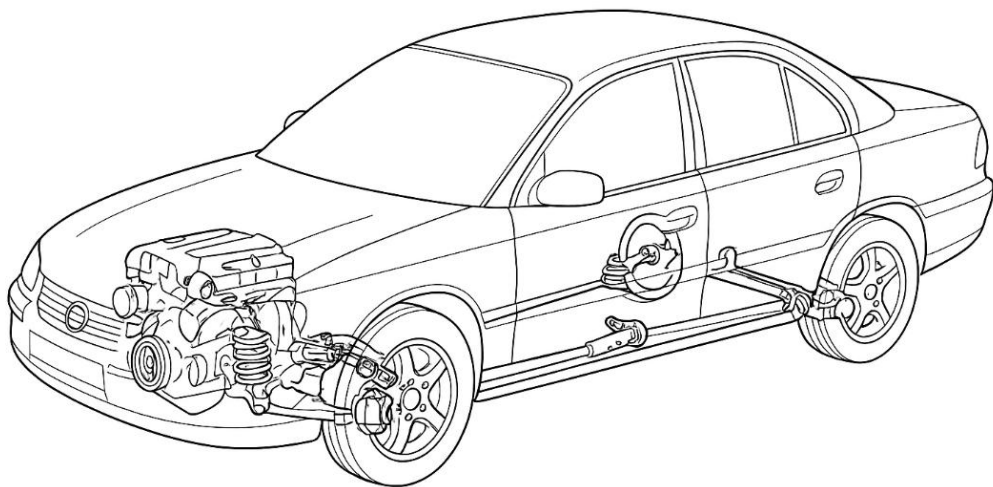


Рисунок 1.1 – Загальне компонування Opel Omega (B).

1.5 Аналіз технічного стану, типових несправностей і методів діагностики підвіски та рульового керування Opel Omega (B)

З часом їх елементи зазнають зносу через динамічні навантаження, вплив корозії та дорожніх умов. Це веде до появи люфтів, биття, сторонніх шумів або нерівномірного зносу шин.

Таблиця 1.1 – Порівняльна ефективність методів діагностики

Метод діагностики	Переваги	Недоліки	Рівень точності
Візуально-акустичний	Простота, швидкість	Суб'єктивність, низька точність	60–70%
Стендовий механічний	Об'єктивність, можливість вимірювань	Потребує обладнання	80–90%
Об'єднані параметричні	Висока інформативність, автоматизований аналіз	Висока вартість, складність інтерпретації	95–98%

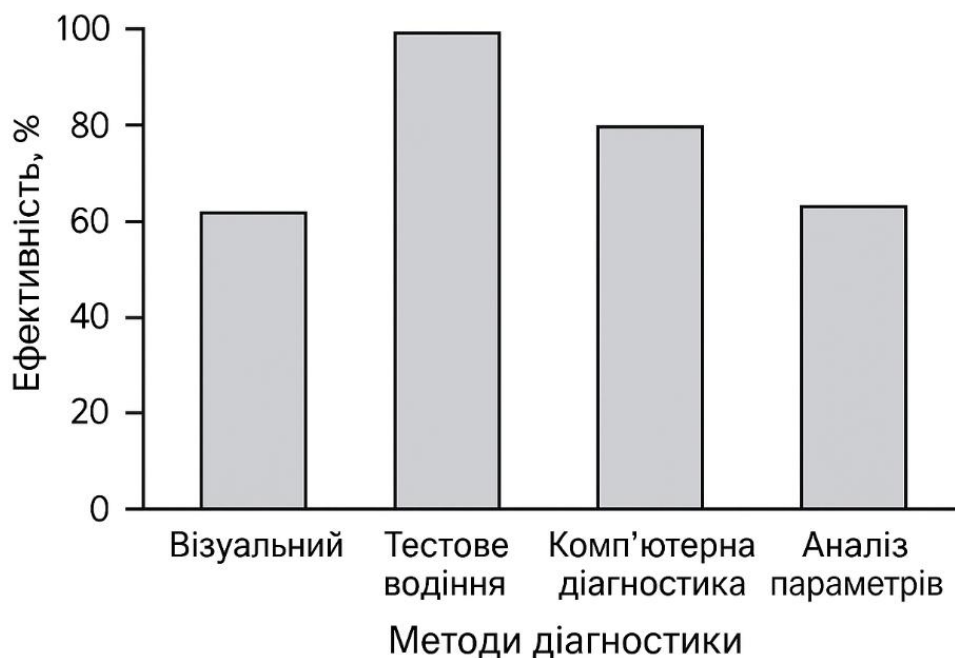


Рисунок 1.2 – Діаграма ефективності методів діагностики підвіски та керування Opel Omega (B).

Таблиця 1.2 – Типові несправності систем підвіски та керування

Система	Типова несправність	Ймовірна причина	Симптоми прояву
Передня підвіска	Знос кульових опор	Втома матеріалу, нестача мастила	Стук при русі, порушення розвалу-сходження
Задня підвіска	Руйнування сайлентблоків важелів	Старіння гуми, перевантаження	Вібрації, скрипи, нестійкість
Рульовий механізм	Підтікання рідини гідропідсилювача	Знос сальників, пошкодження шлангів	Збільшення зусилля на кермі, шум насоса
Рульові тяги	Люфт у шарнірах	Знос кульових з'єднань	Відчуття "плаваючого" керма, збільшений люфт
Амортизатори	Витік робочої рідини	Пошкодження ущільнень	Клювання кузова, зниження стійкості
Підшипники ступиць	Знос роликів і доріжок	Неправильне затягування гайок, перевантаження	Гул, вібрації при русі

1.6 Організація і управління АТП

АТП повинно мати чітку структуру управління. Це дозволяє правильно розподілити роботи та підвищити якість обслуговування автомобілів. Підприємство поділяється на адміністративну частину, виробничу зону та допоміжні служби.

Адміністративна частина керує роботою підприємства. Керівник контролює всі процеси. Майстер організовує роботу постів та розподіляє завдання між механіками. Бухгалтерія оформлює документи й веде фінансову звітність.

Виробнича зона складається з кількох постів. Є зона та пост ремонту та заміни деталей ходової частини. Є пост регулювання розвалу-сходження коліс. Також є склад запчастин, де зберігають необхідні деталі.

Допоміжні служби відповідають за енергопостачання, охорону праці та чистоту приміщень.

Робота організована просто. Спочатку приймають автомобіль. Потім проводять діагностику. Після цього виконують ремонт. Такий порядок дозволяє швидко знаходити несправності й усувати їх.

Правильна організація роботи АТП зменшує час ремонту та підвищує якість виконаних робіт.

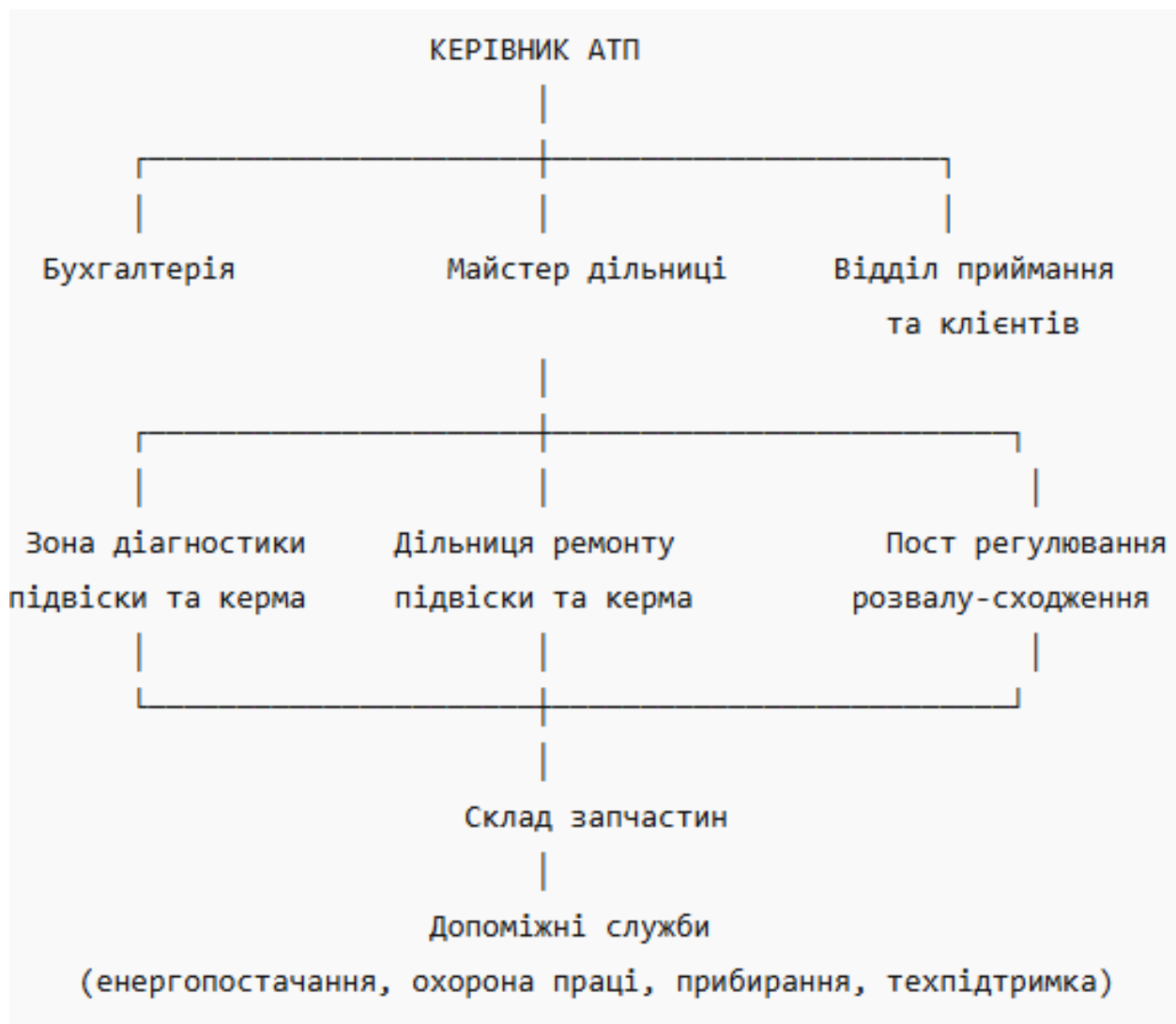


Рисунок 1.3 – Організаційна структура АТП

Таблиця 1.3 Залежність чисельності персоналу від кількості постів АТП

Потужність АТП (кількість постів)	Орієнтовна чисельність	Склад персоналу
2 пости	6–7 осіб	керівник, майстер, 2 механіки, спеціаліст розвал-сходження, комірник
3 пости	9–10 осіб	+ 1 механік, + приймальник
4 пости	11–13 осіб	+ 1 механік, + технік-діагност
5 постів	13–15 осіб	+ спеціаліст з гідравлічних систем, + додатковий комірник
6 постів	16–18 осіб	+ помічник майстра, + черговий механік
7 постів	18–20 осіб	+ окрема група діагностики (2 особи)
8 постів	21–23 осіб	+ інженер з технічного контролю

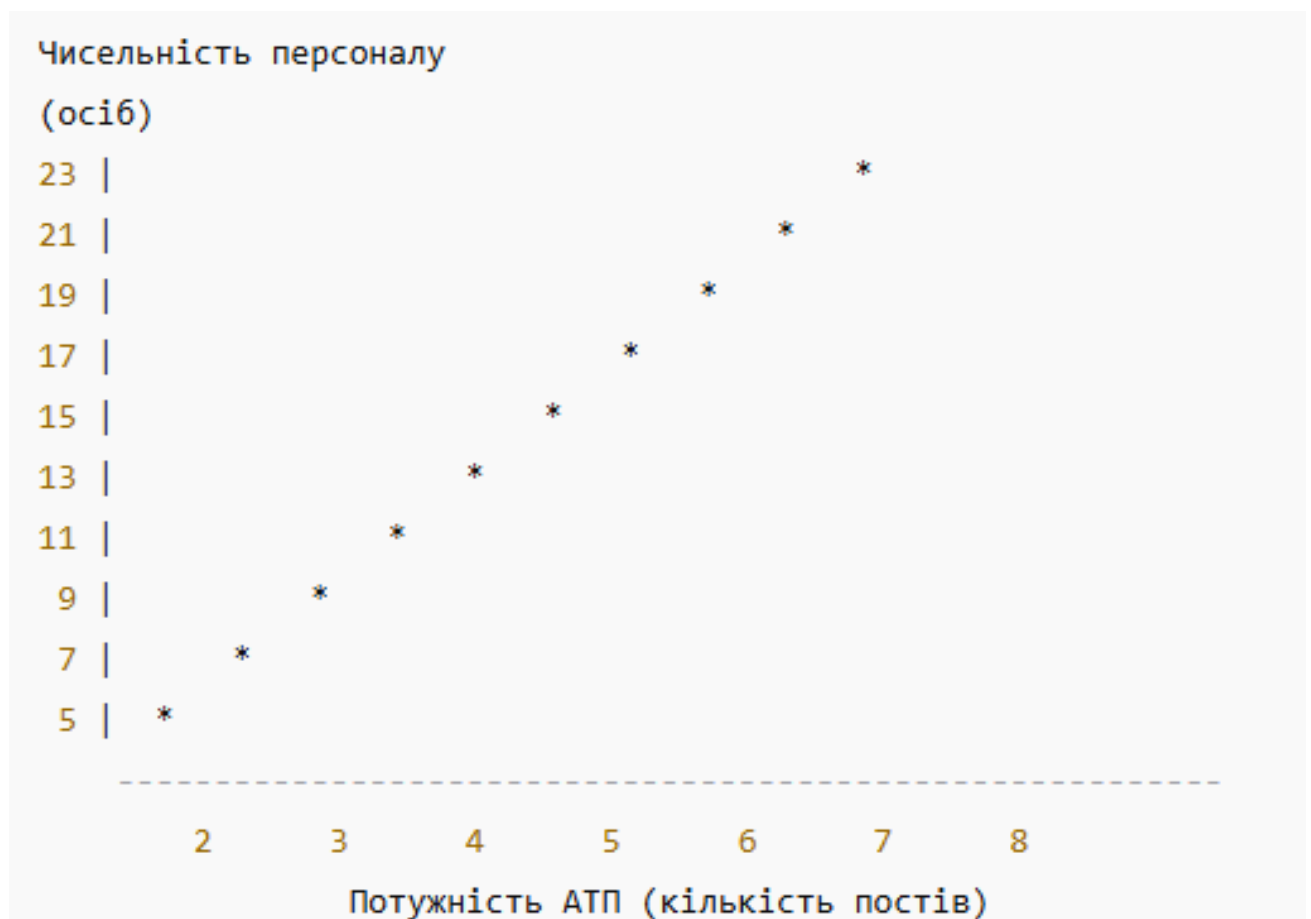


Рисунок 1.4 – Графічна схема (ASCII-графік) залежності чисельності персоналу від потужності АТП

Таблиця 1.3 – Таблиця функцій та відповідальностей персоналу

Посада	Основні функції	Відповідальність
Керівник АТП	Організовує роботу підприємства. Приймає ключові рішення.	За результат роботи АТП та якість послуг.
Майстер дільниці	Розподіляє завдання між механіками. Контролює виконання робіт.	За організацію виробничого процесу.
Бухгалтер	Веде документацію та фінансові операції.	За правильність розрахунків та звітності.
Механік з діагностики	Виконує діагностику підвіски та рульового керування. Фіксує результати.	За точність діагностичних даних.
Механік-ремонтник	Ремонтує підвіску, рульові механізми та інші вузли.	За якість виконаних ремонтних робіт.
Спеціаліст розвалу-сходження	Налаштовує геометрію коліс. Контролює кути встановлення.	За правильність регулювань.
Комірник складу	Приймає, зберігає та видає запчастини.	За облік і стан запасів.
Відділ приймання клієнтів	Спілкується з клієнтами, оформлює замовлення.	За коректність оформлення та обслуговування клієнтів.
Допоміжний персонал	Підтримує чистоту, забезпечує роботу систем та обладнання.	За технічний стан приміщень і безпеку.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір і коректування вихідних нормативів ТО

Таблиця 2.1 – Склад автомобілів та середньодобовий пробіг

Група	Характеристика групи	Кількість автомобілів	Середньодобовий пробіг, км
1	Важкі вантажні та спецавтомобілі (Mercedes-Benz LK, MAN TGM, Iveco EuroCargo)	68	90
2	Легкі вантажні (Mitsubishi Fuso Canter, Toyota Dyna, Nissan Cabstar)	6	100
3	Важкі вантажні підвищеної прохідності (Volvo FMX, Scania P-series)	8	80
4	Легкові та мікроавтобуси (Opel Omega (B), Ford Transit, Renault Trafic)	11	110

Таблиця 2.2 – Періодичність ТО

Група	Одиниця вимірювання	ТО-1, км	ТО-2, км	Капітальний ремонт, км
1	км пробігу	3000	12000	300000
2	км пробігу	3000	12000	175000
3	км пробігу	3000	12000	300000
4	км пробігу	4000	16000	320000

Пробіг протягом року:

$$L_p = A \cdot l_{\text{доб}} \cdot 365. \quad (2.1)$$

Отримано:

1 група: $L_1 = 68 \cdot 90 \cdot 365 = 2\,233\,800$ км.

2 група: $L_2 = 6 \cdot 100 \cdot 365 = 219\,000$ км.

3 група: $L_3 = 8 \cdot 80 \cdot 365 = 233\,600$ км.

4 група: $L_4 = 11 \cdot 110 \cdot 365 = 441\,650$ км.

Загальний річний пробіг парку:

$$L_{\Sigma} = 3\,128\,050 \text{ км.}$$

2.2 Розрахунок трудомісткості ТО

Кількість обслуговувань:

$$N_{\text{ТО-1}} = \frac{L_p}{L_{\text{ТО-1}}}, \quad N_{\text{ТО-2}} = \frac{L_p}{L_{\text{ТО-2}}} \quad (2.2)$$

Таблиця 2.3 – Річна програма за групами

Група	Річний пробіг, км	Кількість ТО-1, од.	Кількість ТО-2, од.
1	2233800	745	186
2	219000	73	18
3	233600	78	19
4	441650	110	28

2.3 Визначення трудомісткості

1 група:

- $t_{\text{ТО}} - 1 = 5,4$ люд · год/ од. ;
- $t_{\text{ТО}} - 2 = 21,7$ люд · год/ од.

2 група:

- $t_{\text{ТО}} - 1 = 4,1$ люд · год/ од. ;
- $t_{\text{ТО}} - 2 = 16,3$ люд · год/ од.

3 група:

- $t_{\text{ТО}} - 1 = 6,8$ люд · год/ од. ;
- $t_{\text{ТО}} - 2 = 24,4$ люд · год/ од.

- 4 група:

- $t_{TO-1} = 3,4 \text{ люд} \cdot \text{год} / \text{од.};$
- $t_{TO-2} = 13,5 \text{ люд} \cdot \text{год} / \text{од.}$

Річна трудомісткість:

$$T_{TO} = N_{TO} - 1 \cdot t_{TO-1} + N_{TO-2}. \quad (2.3)$$

Таблиця 2.4 – Річна трудомісткість робіт ТО

Група	Кількість ТО-1, од.	Кількість ТО-2, од.	$t_{TO-1},$ люд.· год	$t_{TO-2},$ люд.· год	Річна трудомісткість ТО, люд.· год
1	745	186	5,4	21,7	8 059,2
2	73	18	4,1	16,3	592,7
3	78	19	6,8	24,4	994,0
4	110	28	3,4	13,5	752,0

2.4 Розрахунок річної трудомісткості ПР

Поточний ремонт оцінюємо за нормативною трудомісткістю на 1000 км пробігу:

$$T_{TP} = \frac{L_p}{1000} \cdot q_{TP} \quad (2.4)$$

Приймаємо:

1 група: $q_{TP1} = 5,6 \text{ люд} \cdot \text{год} / 1000 \text{ км.}$

2 група: $q_{TP2} = 1,6 \text{ люд} \cdot \text{год} / 1000 \text{ км.}$

3 група: $q_{TP3} = 4,8 \text{ люд} \cdot \text{год} / 1000 \text{ км.}$

4 група: $q_{TP4} = 1,0 \text{ люд} \cdot \text{год} / 1000 \text{ км.}$

Таблиця 2.5 – Річна трудомісткість ПР

Група	Річний пробіг, км	$q_{TP1}, \text{ люд. год} / 1000 \text{ км}$	ТР, люд.· год
1	2 233 800	5,6	12465
2	219 000	1,6	350
3	233 600	4,8	1119
4	441 650	1,0	424

2.5 Кількість ТО

Скориговану періодичність ТО-1, ТО-2 та КР визначають за загальними залежностями:

ТО-1:

$$L_{\text{ТО-1, ск}} = L_{\text{ТО-1, н}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \quad (2.5)$$

ТО-2:

$$L_{\text{ТО-2, ск}} = L_{\text{ТО-2, н}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5$$

КР:

$$L_{\text{КР, ск}} = L_{\text{КР, н}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5.$$

Таблиця 2.6 – Нормативна та скоригована періодичність КП

Показник	Група							
	1	2	3	4	1 (ск)	2 (ск)	3 (ск)	4 (ск)
ТО-1, км	3000	3000	3000	4000	2699	2699	2699	2880
Періодичність ТО-2, км	12000	12000	12000	16000	8640	8640	8640	11 520
Періодичність КП, км	300000	175000	300000	320000	216000	126000	216000	230400

Середньодобовий пробіг для кожної групи позначимо як $l_{\text{сс}}$, скоригований пробіг за кратністю:

ТО-1:

$$L_{\text{ТО-1, кр}} \approx l_{\text{сс}} \cdot B_1 \quad (2.6)$$

ТО-2:

$$L_{\text{ТО-2, кр}} \approx l_{\text{сс}} \cdot B_2$$

КР:

$$L_{\text{КР, кр}} \approx L_{\text{КР, ск}} \quad (2.7)$$

Середньодобові пробіги груп та проміжні значення:

- для 1-ї групи: $l_{cc} = 90$ км; $l_{ccB1} = 30 \cdot 90 = 2700$ км;
- для 2-ї групи: $l_{cc} = 100$ км; $l_{ccB1} = 27 \cdot 100 = 2700$ км;
- для 3-ї групи: $l_{cc} = 80$ км; $l_{cc} = 34 \cdot 80 = 2720 \approx 2700$ км;
- для 4-ї групи: $l_{cc} = 110 = 110$ км; $l_{cB1}c = 26 \cdot 110 = 2860$ км.

Таблиця 2.6 – Коригування пробігу за кратністю

Група	l_{cc} , км/добу	Нормативний пробіг до ТО-1, км	Нормативний пробіг до ТО-2, км	Нормативний пробіг до КР, км	Скоригований пробіг до ТО-1, км	Скоригований пробіг до ТО-2, км	Скоригований пробіг до КР, км	Скоригований за кратністю пробіг до ТО-1, км	Скоригований за кратністю пробіг до ТО-2, км	Скоригований за кратністю пробіг до КР, км
1	90	3000	12 000	300000	2699	8640	216000	2700	8100	216000
2	100	3000	12000	175000	2699	8640	126000	2700	8100	125280
3	80	3000	12000	300000	2699	8640	216000	2700	8100	216000
4	110	4000	16000	320 000	2880	11520	230400	2860	11440	230400

2.6 Кількість технічних обслуговувань за цикл

Розрахунок кількості ТО у циклі експлуатації ведеться за скоригованими значеннями пробігу до ТО-1, ТО-2 та КР.

- Число капітальних ремонтів у циклі:

$$N_{\text{КР}, \text{ц}} = 1.$$

- Кількість ТО-2 в одному циклі:

$$N_{2ц} = \frac{L_{кр, кр}}{L_{ТО-2, кр}}. \quad (2.8)$$

- Кількість ТО-1 в одному циклі:

$$N_{1ц} = \frac{L_{кр, кр}}{L_{ТО-1, кр}} - N_{2ц}.$$

Результати занесено до таблиці 10.

Таблиця 2.7 – Кількість ТО в циклі

Група автомобілів	N1ц – кількість ТО-1 у циклі	N2 – кількість ТО-2 у циклі
Група 1	27	80
Група 2	15	47
Група 3	27	80
Група 4	20	81

2.7 Коефіцієнт технічної готовності та перехід від циклу до року та річна кількість ТО

Він показує, яку частку часу автомобіль перебуває в справному стані та може виконувати транспортну роботу. Він визначається з урахуванням простоїв у ТО і ремонтах:

$$K_{гт} = \frac{T_{експл}}{T_{експл} + T_{пр}}, \quad (2.9)$$

У вихідних даних кількість діб простою в ТО на 1000 км пробігу для груп автомобілів прийнята такою:

- 1 група: $D_{пр} = 0,4$ діб;
- 2 група: $D_{пр} = 0,5$ діб;
- 3 група: $D_{пр} = 0,4$ діб;
- 4 група: $D_{пр} = 0,6$ діб.

Коефіцієнт пробігу з початку експлуатації прийнято: $k_4 = 1$.

Таблиця 2.8 – Кількість днів простою в ТО та коефіцієнт технічної готовності

Група автомобілів	Дні простою на 1000 км пробігу	Коефіцієнт технічної готовності
Група 1	0,4	0,96
Група 2	0,5	0,95
Група 3	0,4	0,97
Група 4	0,6	0,94

Для переходу від циклових значень до річної програми технічного обслуговування використовується коеф. переходу від циклу до року:

$$K_{ц \rightarrow p} = \frac{D_{pr}}{D_{ц}} \quad (2.10)$$

для 1 – ї групи: $K_{ц \rightarrow p} \approx 0,10$;

для 2 – ї групи: $K_{ц \rightarrow p} \approx 0,19$;

для 3 – ї групи: $K_{ц \rightarrow p} \approx 0,09$;

для 4 – ї групи: $K_{ц \rightarrow p} \approx 0,11$.

Річна кількість ТО-1 для групи:

$$N_{1p} = N_{1ц} \cdot K_{ц \rightarrow p} \cdot M_c \quad (2.11)$$

Аналогічно річна кількість ТО-2:

$$N_{2p} = N_{2ц} \cdot K_{ц \rightarrow p} \cdot M_c.$$

Таблиця 2.9 – Річна кількість ТО-1 і ТО-2

Група автомобілів	Кількість ТО-1 за рік, од.	Кількість ТО-2 за рік, од.
Група 1	544	184
Група 2	54	17
Група 3	58	19
Група 4	98	24

2.8 Штат робітників та кількість постів

Трудові витрати на виконання робіт ТО:

$$T_{\text{ТО}} = N_{\text{ТО}} \cdot d \quad (2.12)$$

ТО-1: $d_{\text{ТО-1}} = 2,3$ люд. год; ТО-2: $d_{\text{ТО-2}} = 9,2$ люд. год.

Таблиця 2.10 – Трудові витрати

Група	Трудові витрати на ТО-1, люд·год	Трудові витрати на ТО-2, люд·год	Разом, люд·год
Група 1	1251,2	1692,8	2944,0
Група 2	124,2	156,4	280,6
Група 3	135,2	174,8	310,0
Група 4	225,4	220,8	446,2

Явочну чисельність робітників, необхідних для виконання робіт з ТО, визначають за формулою:

$$N_{\text{яв}} = \frac{T_{\text{заг}}}{F_{\text{н}}}, \quad (2.13)$$

Номінальний фонд часу одного робітника визначають як:

$$F_{\text{н}} = D_{\text{рг}} \cdot 8.$$

При:

$$D_{\text{рг}} = 249 \text{ днів} \Rightarrow F_{\text{н}} = 249 \cdot 8 = 1992 \text{ год/рік.}$$

Тоді явочна чисельність робітників:

$$N_{\text{яв}} = \frac{3980,8}{1992} \approx 2,0 \text{ особн.}$$

Спискова чисельність робітників враховує відпустки, хвороби та інші поважні причини неявок. Для цього використовують дійсний річний фонд часу одного робітника:

$$F_{\text{д}} = (F_{\text{н}} - T_{\text{відп}}) \cdot p_{\text{ув}}, \quad (2.14)$$

$$F_{\text{д}} = (1992 - 44 \cdot 8) \cdot 0,96 = 1574 \text{ год/рік.}$$

Спискову чисельність робітників визначаємо:

$$N_{\text{сп}} = \frac{T_{\text{заг}}}{F_{\text{д}}} = \frac{3980,8}{1574} \approx 2,53.$$

Приймаємо: явочна чисельність – 2; спискова чисельність – 3.

Кількість постів для виконання ТО і ремонту визначають за формулою:

$$N_{\text{п}} = \frac{T_{\text{заг}}}{F_{\text{поста}} \cdot n \cdot c \cdot n_3} \quad (2.15)$$

$$N_{\text{п}} = \frac{3980,8}{1792,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} \approx 0,27.$$

Отриманий результат свідчить, що для забезпечення річного обсягу робіт достатньо одного поста.

2.9 Пост діагностики та ремонту підвіски і рульового керування

Спеціалізований пост діагностики та ремонту підвіски та рульового керування організовано як односторонній (проїзний) пост з послідовним розміщенням зон приймання, підйому, діагностики та ремонту. Така схема забезпечує раціональний рух автомобіля та мінімізацію зустрічних потоків. Діагностичне обладнання зосереджено в безпосередній близькості до підйомника, що дозволяє одному слюсарю виконувати повний цикл робіт – від діагностики до регулювання і контролю. Інструмент і запчастини розміщені в окремій зоні, але в межах візуальної та фізичної досяжності, що скорочує непродуктивні втрати часу.

Таблиця 2.11 – Оснащення спеціалізованого поста

№	Найменування обладнання	Кількість	Призначення
1	Двостійковий підйомник 4 т	1	Підйом авто, доступ до ходової частини
2	Вібро-стенд підвіски	1	Оцінка жорсткості та демпфування
3	Стенд люфтів керма	1	Контроль зазорів у системі керування

4	Стенд 3D розвал-сходження	1	Вимірювання та регулювання кутів коліс
5	Гідравлічний прес	1	Випресовування/запресовування елементів
6	Набір знімачів (кульових, підшипників)	1 комплект	Демонтаж вузлів
7	Верстак зі слюсарними тисками	1	Проведення ремонтних робіт
8	Пневмоінструмент	1 комплект	Прискорення ремонтних операцій
9	Моментний ключ	1	Контроль затяжки
10	Набір діагностичних датчиків	1 комплект	Вимірювання люфтів, переміщень
11	OBD-II сканер	1	Діагностика електропідсилювача керма
12	Пересувний інструментальний візок	1	Зручність роботи
13	Стелаж для деталей і матеріалів	1	Зберігання елементів ходової

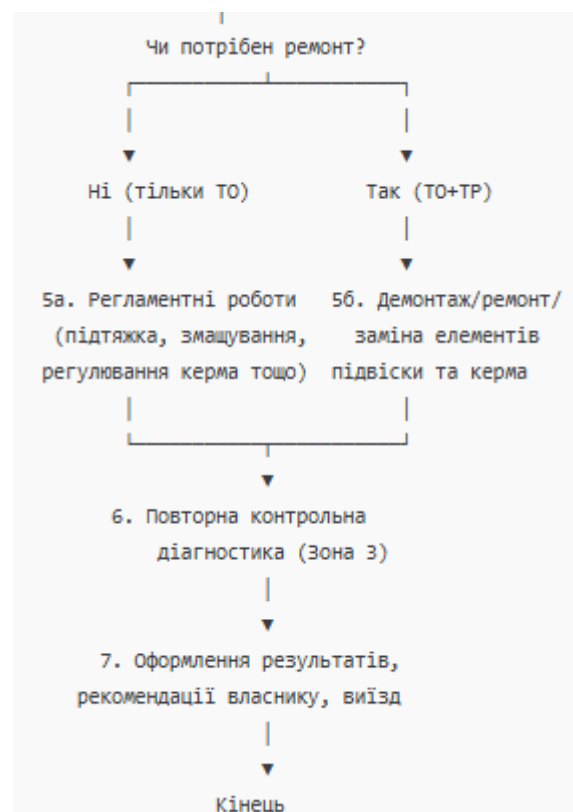
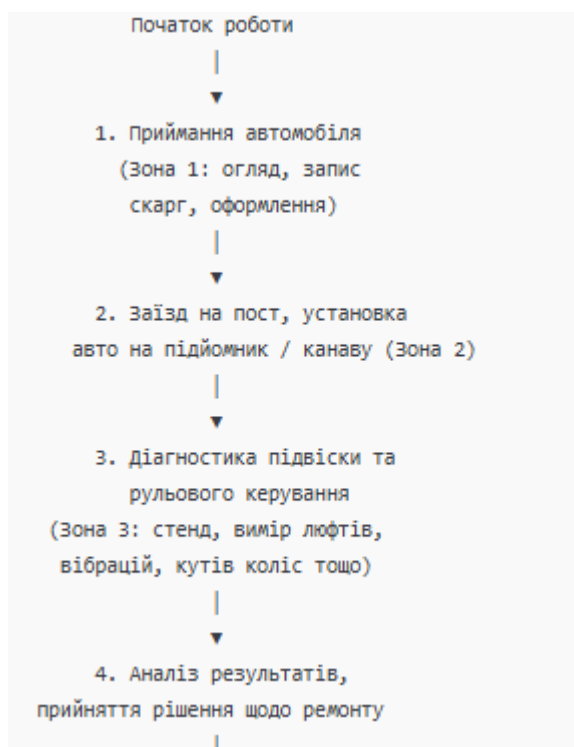


Рисунок 2.1 – Організація роботи спеціалізованого поста

2.10 Склад приміщень підприємства і розрахунок їх площ

Площі приміщень виробничої групи визначають за формулою:

$$F_{\text{вир}} = n_{\text{пост}} \cdot F_{\text{п}} \cdot K_{\text{з}}, \quad (2.16)$$

Для одного спеціалізованого поста ремонту підвіски та керма:

$$F_{\text{п}} = 40 \text{ м}^2, K_{\text{з}} = 1,15, F_{\text{спецпоста}} \approx 46 \text{ м}^2.$$

З урахуванням зони ТО та ТР загальна виробнича площа підприємства становить: $F_{\text{вир}} \approx 210 - 230 \text{ м}^2$.

Допоміжні приміщення включають:

- комору інструменту та оснащення – 12–16 м²;
- комору мастильних матеріалів – 10–12 м²;
- кімнату для технологічної документації – 6–8 м²;
- зарядне відділення для АКБ – 8–10 м².

Загальна площа допоміжних приміщень: $F_{\text{доп}} \approx 40 - 45 \text{ м}^2$.

Адміністративно-побутові приміщення:

- кабінет майстра – 10–12 м²;
- кімната персоналу – 14–16 м²;
- гардеробні (чол./жін.) – 18–22 м²;
- санвузол, душові – 12–14 м².

Загальна площа: $F_{\text{АПП}} \approx 55 - 65 \text{ м}^2$.

Загальна площа підприємства:

$$F_{\text{заг}} = F_{\text{вир}} + F_{\text{доп}} + F_{\text{АПП}} \approx 210 - 230 + 40 - 45 + 55 - 65.$$

$$F_{\text{заг}} \approx 310 - 340 \text{ м}^2.$$

Отримана площа відповідає вимогам для АТП середньої потужності, яке виконує роботи з ТО і ремонту легкових автомобілів в умовах м. Тернополя.

2.11 Аналіз і основні характеристики генерального плану

Генеральний план АТП показує розміщення будівель і зон на території. Його розробляють так, щоб рух автомобілів був зручним і безпечним. На території передбачено один в'їзд і один виїзд. Біля входу розташований контрольно-пропускний пункт.

Стоянку автомобілів розміщено поруч із виробничим корпусом. Це зменшує час переміщення між стоянкою і постами технічного обслуговування. Виробничі, складські та допоміжні приміщення розташовані в одному корпусі. Це робить роботу персоналу швидшою і зручнішою.

Проїзди на території достатньо широкі, щоб автомобілі могли вільно рухатися. Рух організовано в одному напрямку, що запобігає зустрічним потокам. Між будівлями витримані санітарні та протипожежні розриви.

Адміністративно-побутові приміщення знаходяться окремим блоком, ближче до входу. Це дозволяє працівникам і відвідувачам заходити в будівлю без перетину виробничих зон.

Генеральний план передбачає можливість подальшого розширення підприємства. На ділянці є резерв місця для додаткових постів або майстерень.

У цілому генеральний план забезпечує компактність забудови, безпечний рух транспорту та зручну організацію роботи автотранспортного підприємства.

2.12 План ТО

Основні роботи при обслуговуванні: під час ТО перевіряють герметичність масляних і паливних магістралей, стан ременя приводу агрегатів, систему охолодження та радіатор. За потреби оновлюють антифриз. Оглядають випускную систему, з'єднання паливопроводів і кріплення шлангів.

У коробці передач і мостах перевіряють герметичність і рівень масла. У підвісці контролюють стан пильників і шарових опор, у рульовому механізмі – відсутність люфту та герметичність гідропідсилювача.

Стан кузова перевіряють на наявність корозії, пошкоджень фарби та антикору. Рекомендується змащувати петлі дверей, замки та кришку багажника. Оглядають ремені безпеки.

Гальмівна система перевіряється на герметичність і знос колодок. Контролюють рівень гальмівної рідини, роботу стоянкового гальма та стан шлангів. Оглядають шини – перевіряють тиск, знос і пошкодження, включно із

запасним колесом. Після встановлення коліс болти затягують із належним моментом.

Серед електрообладнання перевіряють роботу освітлення, звукового сигналу, склоочисників і омивачів. При необхідності доливають рідину в бачок і регулюють форсунки. Контролюють стан акумулятора, кріплення і рівень електроліту. Мінняють батарейку у брелоку центрального замка, якщо потрібно.

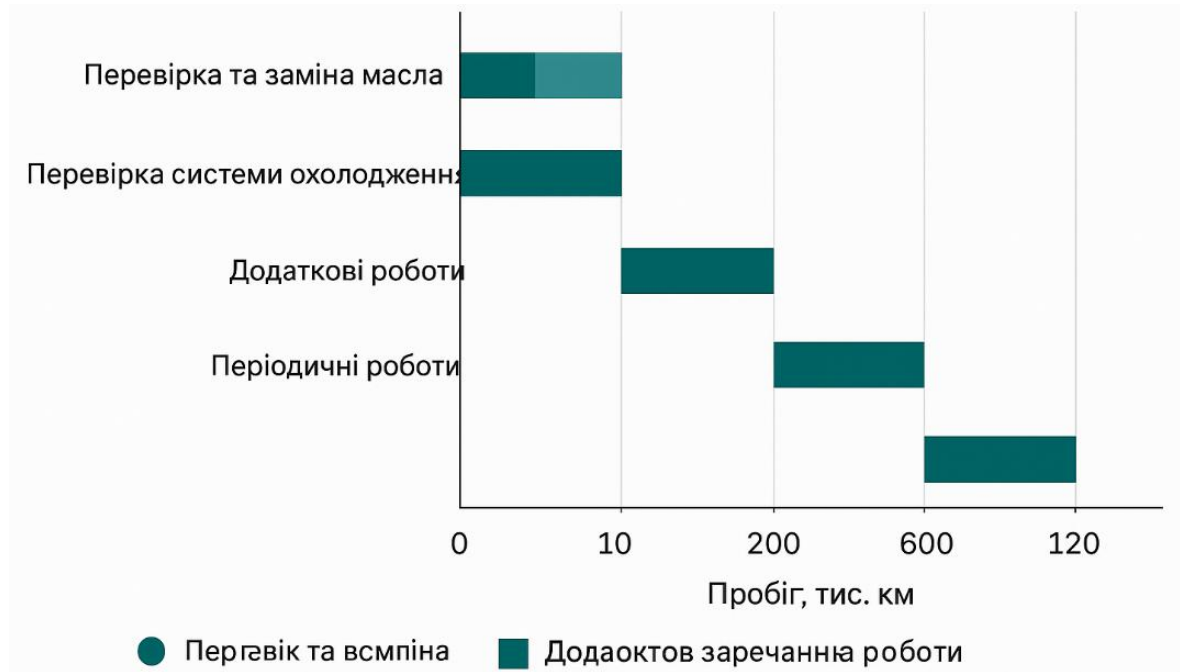


Рисунок 2.2 – План ТО Opel Omega (B)

2.13 Обслуговування та ремонт підвіски та рульового керування

Передня стійка

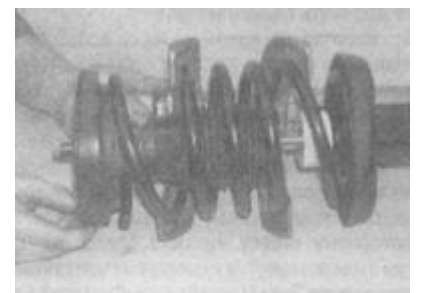
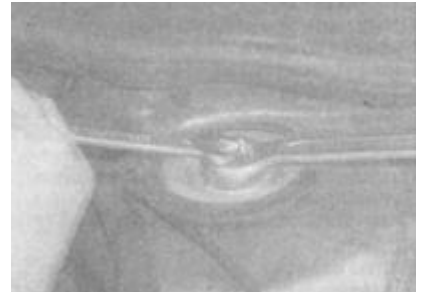
При роботі над передньою підвіскою автомобіля спочатку потрібно затягнути ручне гальмо, підняти передню частину машини домкратом і встановити її на надійні опори. Далі знімають переднє колесо та гальмівний супорт, який підвішують до кузова, щоб не пошкодити шланг. Після цього від'єднують гідравлічний шланг від кронштейна, а також датчик швидкості колеса разом із проводкою. Потім знімають тягну стабілізатора, позначають положення стійки



відносно поворотного кулака для збереження розвалу коліс і відкручують нижні болти кріплення. Після від'єднання стійки її верхню частину розбирають, знімаючи кришку, гайку та опорну пластину, утримуючи шток амортизатора ключем. Стійку обережно витягують через арку колеса.

Під час розбирання стійку затискають у лежцях із м'якими накладками, стискають пружину спеціальним знімачем і відкручують гайку штока амортизатора. Знімають підшипник, шайбу, верхню опору з гумовими елементами, відбійник та пілозахисний кожух. Амортизатор і корпус стійки становлять єдине ціле — при його несправності змінюють усю збірку. Всі деталі оглядають на наявність зносу чи тріщин, особливо перевіряють корпус і шток амортизатора. Якщо спостерігаються підтікання або нерівномірний опір при русі штока, стійку потрібно замінити. Пружину оглядають на деформацію, тріщини чи ослаблення, за потреби — замінюють.

Перед складанням нового амортизатора кілька разів повністю переміщують його шток для прокачування. Потім у нижню опору встановлюють гумову подушку, стискають пружину настільки, щоб зручно було змонтувати верхнє кріплення, і слідкують, щоб кінці пружини правильно сідали у свої гнізда. Після встановлення всіх елементів (пружини, подушок, відбійника, пілозахисту, опори, підшипника та шайби) гайку штока



затягують із потрібним зусиллям, утримуючи шток шестигранником.

Під час встановлення стійку вставляють у верхнє кріплення, закручують нову гайку, потім з'єднують її нижню частину з поворотним кулаком, дотримуючись зроблених міток. Далі під'єднують тягу стабілізатора, датчик швидкості колеса та гальмівний шланг із кронштейном. Після цього ставлять супорт і переднє колесо, опускають автомобіль і затягують болти колеса з регламентованим зусиллям. На завершення варто провести перевірку та, за потреби, відрегулювати сходження передніх коліс.



Передній стабілізатор поперечної стійкості

Перед зняттям стабілізатора поперечної стійкості потрібно затягнути ручне гальмо, підняти авто та встановити на опори. Далі відкручують гайки та від'єднують нижні кінці тяг від стабілізатора. Потім знімають підрамник двигуна, а в моторному відсіку відкручують болти кріплення затискачів стабілізатора та знімають їх. Після цього сам стабілізатор виймають.



Встановлення перевіряють гумові подушки – якщо вони пошкоджені або зношені, їх потрібно замінити. Їх покривають силіконовим аерозолем і встановлюють, щоб розрізи були спрямовані назад. Потім стабілізатор розміщують у робоче положення, ставлять затискачі й наживляють болти. Далі приєднують тяги до його кінців і фіксують. Після цього остаточно затягують болти

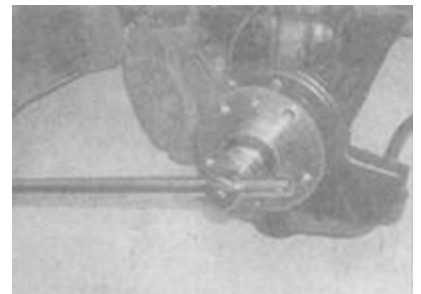


кріплення стабілізатора, встановлюють колеса та опускають автомобіль на землю.



Ступиця та підшипники (передні)

Спочатку знімається ковпачок зі ступиці, знову встановити колесо та опустити автомобіль на землю, щоб послабити гайку ступиці. Колеса блокують, а гайку послаблюють приблизно на пів оберта – для цього знадобиться значне зусилля. Після цього передню частину автомобіля знову піднімають, ставлять на опори й остаточно знімають колесо. Далі демонтують супорт і гальмівний диск, після чого відкручують гайку ступиці й виймають ступицю з поворотного кулака. Якщо внутрішнє кільце підшипника залишилося на кулаку, його знімають спеціальним знімачем, а сальник видаляють. Підшипники змінюють лише разом зі ступицею, оскільки вони є невід'ємною частиною вузла. Якщо виявлено знос або витік мастила, ступицю потрібно замінити новою. Нова деталь зазвичай постачається з пластиковою втулкою, яка утримує підшипники. Під час встановлення ступицю разом із втулкою надягають на поворотний кулак, після чого акуратно осаджують внутрішні кільця за допомогою труби або відповідного інструмента, а потім видаляють втулку.



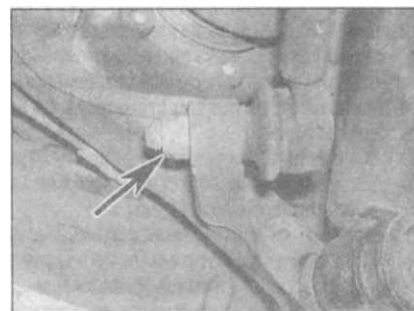
Монтаж виконують у зворотній послідовності.

Реактивна штанга задньої підвіски

Фіксуються колеса, після чого піднімається задня частина авто і встановлюється її на осьові підставки. Потім відкручують гайку, яка кріпить реактивну тягу до діагонального важеля, і від'єднують її за допомогою спеціального знімача шарових з'єднань. Після цього тягу відкріплюють від задньої поперечини та знімають з автомобіля.

Якщо потрібно розібрати реактивну тягу, перед цим обов'язково вимірюють її довжину, щоб під час зворотного складання можна було правильно відновити кути встановлення задніх коліс.

Монтаж виконують у зворотній послідовності. При складанні варто використовувати нові гайки та болти, якщо це передбачено технічними вимогами. Усі кріпильні елементи необхідно затягнути зусиллям, указаним у специфікації.

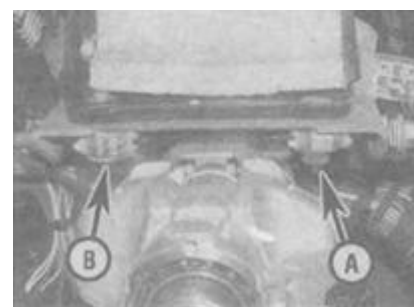


Рюльова колонка

У зоні для ніг водія знімають облицювання приладової панелі. Після цього послаблюють кріплення й знімають верхню та нижню частини кожуха рульової колонки.

Далі від'єднують електропроводку й виймають приймач іммобілайзера, розташований у корпусі замка запалювання. У циліндр вставляють ключ і повертають його в положення «I». Натискають приховану фіксувальну кнопку й витягують циліндр замка разом із ключем.

За потреби фіксатор відсувають униз пласкою викруткою. Далі циліндр замка вставляють у



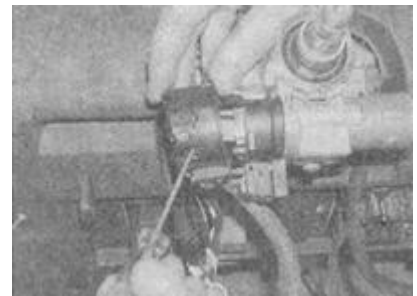
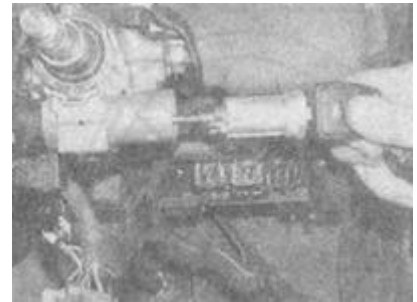
корпус до упору. Потім встановлюють приймач іммобілайзера на місце та під'єднують електропроводку.

Після цього монтують кожух рульової колонки, надійно закручують усі гвинти й під'єднують мінусову клему АКБ.

Замок запалювання

Зняти кермове колесо. Після цього від'єднують циліндр замка запалювання. На задній частині контактної блока знаходиться багатоканальний роз'єм, який необхідно відключити, натиснувши на фіксатор за допомогою тонкої пласкої викрутки. Роз'єм обережно відсувають від блока, щоб не пошкодити контакти. Далі натискають на блокувальну кнопку відповідним інструментом і витягують контактний блок із корпусу замка запалювання.

Під час встановлення всі дії виконують у зворотній послідовності, перевіряючи надійність з'єднань і правильність посадки елементів.



Рульовий механізм

Для автомобілів із шестициліндровими ДВЗ при демонтажі рульового механізму позначають положення рульової сошки, відкручують кріплення та знімають її з вала механізму за допомогою знімача. Потім демонтують тепловий екран, від'єднують проводку датчика рульового управління, а також знімають праву опору двигуна для полегшення доступу. Наступним етапом є розгерметизація паливної системи, від'єднання паливопроводів, вакуумного шланга підсилювача гальм і бачка охолоджувальної рідини. Трубки

гідропідсилювача позначають, від'єднують і закривають їх кінці, щоб уникнути витоку рідини.

Усередині салону знімають нижню панель приладової дошки, від'єднують еластичну муфту рульової колонки та послаблюють її кріплення. Потім опускають нижній захисний щиток моторного відсіку, злегка піднімають двигун лебідкою й витягують рульовий механізм із-під автомобіля.

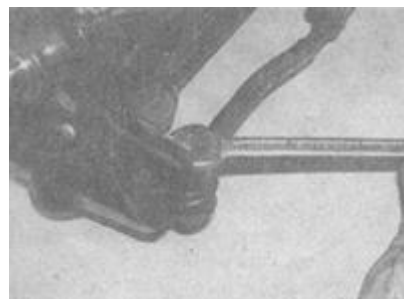
Монтаж здійснюють у зворотному порядку. На новий рульовий механізм встановлюють ущільнювач, центрують кермо, ставлять механізм на місце та послідовно затягують болти.

Після цього під'єднують електропроводку, вакуумний шланг, паливопроводи, трубки гідропідсилювача, бачок охолоджувальної рідини й праву опору двигуна. На завершення перевіряють правильність положення, встановлюють захисні елементи. Кілька разів повертають кермо з одного крайнього положення в інше для прокачування системи й повторно перевіряють рівень рідини.



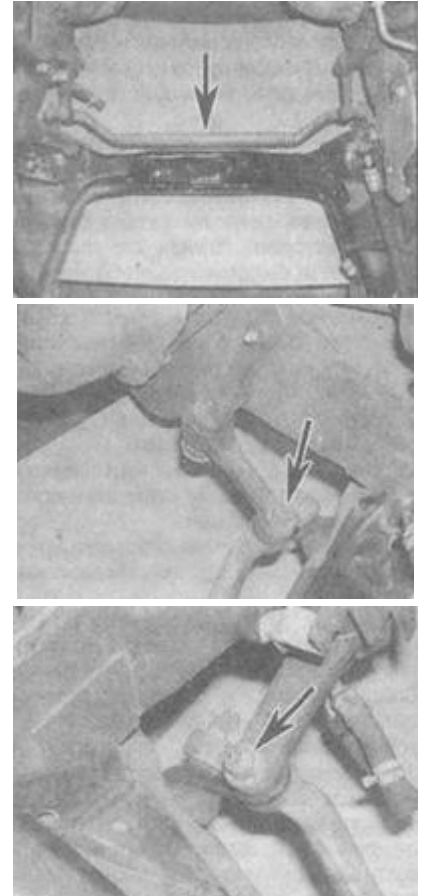
Рульові тяги

Щоб демонтувати бокову поперечну рульову тягу, потрібно відкрутити гайки та за допомогою знімача від'єднати шарові пальці. Якщо необхідно замінити лише один наконечник тяги, від'єднується тільки цей елемент. Далі послаблюють болти кріплення та відкручують наконечники від тяги, рахуючи кількість обертів, щоб під час встановлення зберегти правильну довжину. Для зняття центральної рульової тяги спочатку від'єднують від неї бокові. Важливо запам'ятати правильне положення: світлий гумовий кожух розташований біля маятникового важеля, а темний



— біля важеля рульового механізму. Після цього відкручують гайки та від'єднують центральну тягу від рульової сошки й маятникового важеля, використовуючи знімач шарових шарнірів.

Установлення Монтаж виконують у зворотній послідовності. Наконечники накручують на тягу на ту саму кількість обертів, що й при знятті. Усі гайки та болти затягують із потрібним моментом, використовуючи нові самоконтрні гайки. Після складання необхідно перевірити та за потреби відрегулювати сходження передніх коліс.



Насос гідропідсилювача

Для авто із 4-цил. зняття насоса гідропідсилювача рульового управління починають зі зняття допоміжного приводного ремня. Під насос підставляють ємність для рідини, після чого від'єднують напірну трубку, послаблюють хомут і знімають зворотний шланг, даючи рідині стекти. Потім підтримують насос і відкручують три кріпильні болти, щоб вийняти його з моторного відсіку.

Під час встановлення насос монтують у зворотному порядку. Перед збиранням обов'язково замінюють ущільнювальне кільце на напірній трубці, а всі гайки та болти затягують із необхідним зусиллям. Далі встановлюють допоміжний ремінь, доливають свіжу рідину до позначки «MAX», запускають двигун, коротко дають йому попрацювати та знову перевіряють рівень. Цю процедуру повторюють доти, доки рівень не стабілізується. Потім при працюючому двигуні повільно кілька разів повертають кермо від упору до упору, щоб видалити повітря із системи. Після зупинки двигуна перевіряють рівень рідини ще раз і доводять його до норми.

Для авто із 6-цил. процедура складніша. Знімають допоміжний ремінь, фіксують шків насоса спеціальним ключем, відкручують болти кріплення та знімають шків. Під насос ставлять ємність і від'єднують трубки, даючи рідині стекти. Передню частину авто піднімають і встановлюють на опори, після чого знімають нижній захисний щиток двигуна. Далі від'єднують дрід заземлення, знімають кронштейни клапана рециркуляції відпрацьованих газів і компресор кондиціонера, який закріплений на тому ж кронштейні. Потім відгвинчують три болти кріплення та виймають насос разом із кронштейном, після чого відділяють насос від кронштейна.

Під час зворотного встановлення дотримуються тієї ж послідовності в зворотному порядку. Ставлять нове ущільнювальне кільце, надійно затягують усі з'єднання, встановлюють допоміжний ремінь і, за потреби, знову заряджають систему кондиціонування. Після складання доливають рідину до максимальної позначки, кілька разів запускають і глушать двигун, доки рівень не стабілізується, потім повільно повертають кермо для видалення повітря з гідросистеми. Наприкінці перевіряють і вирівнюють рівень рідини.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Огляд пристроїв для обслуговування підвіски

Для складання амортизаційних стійок у сервісах використовують декілька типів пристроїв. Найпоширенішими є ручні стяжки пружин. Вони складаються з двох гвинтів і гачків, які зачіпляють витки пружини. Такі стяжки компактні та дешеві, але вони не забезпечують рівномірного навантаження. У випадку зношення різьби або неправильного зачеплення існує високий ризик зриву пружини. Цей варіант підходить лише для найпростіших операцій і не рекомендується для складних стійок.

Інший варіант – гідравлічні стенди для стиснення пружин. Це великі стаціонарні пристрої з вертикальною станіною. Вони працюють від гідроциліндра та забезпечують сильне і рівномірне стиснення. Такі стенди безпечні та зручні, але коштують дорого і займають багато місця. Їх використовують у великих сервісних центрах.

Існують також універсальні пресові пристрої, у яких стиснення здійснюється за допомогою гідравлічного домкрата. Вони забезпечують хороший тиск, але їх конструкція не завжди має фіксатори, що гарантують правильне положення пружини. Іноколи під час роботи виникають перекоси, які ускладнюють складання.

Порівняно з цими аналогами, запропонована в роботі конструкція є компактною та безпечною. Вона не потребує дорогого обладнання та працює без застосування гідравлічних систем. Рух важелів забезпечує поступове й рівномірне стискання пружини. Пристосування стабільно утримує амортизатор у правильному положенні, тому помилки при складанні практично виключені.

Таким чином запропонована конструкція поєднує переваги простих ручних пристроїв та безпеку стаціонарних стендів, забезпечуючи надійний затиск пружини, стійкість конструкції та зручність роботи.

3.2 Приспособа для складання пружини зі стійкою передньої підвіски

Приспособа використовується для безпечного стискання пружини та складання амортизаційної стійки передньої підвіски. Вона потрібна під час відновлення або заміни амортизаторів, пружин і опорних елементів. Цей вузол працює під великим навантаженням, тому неправильне складання може призвести до пошкодження деталей або травм працівника. Конструкція пристосування забезпечує рівномірне стискання пружини та надійну фіксацію всіх елементів.

Пристосування має жорстку раму, на якій закріплена опорна частина для встановлення амортизаційної стійки. Пружина фіксується захватами, які охоплюють її витки. Рухомі важелі утворюють механізм типу «ножиці». Під час обертання рукоятки приводний механізм переміщує важелі, і вони стискають пружину. Стиснення відбувається плавно, тому робота виконується без ривків і перекосів. Після стиснення встановлюється верхня опора, затягується гайка штока амортизатора, а потім пружина розвантажується до робочого положення.

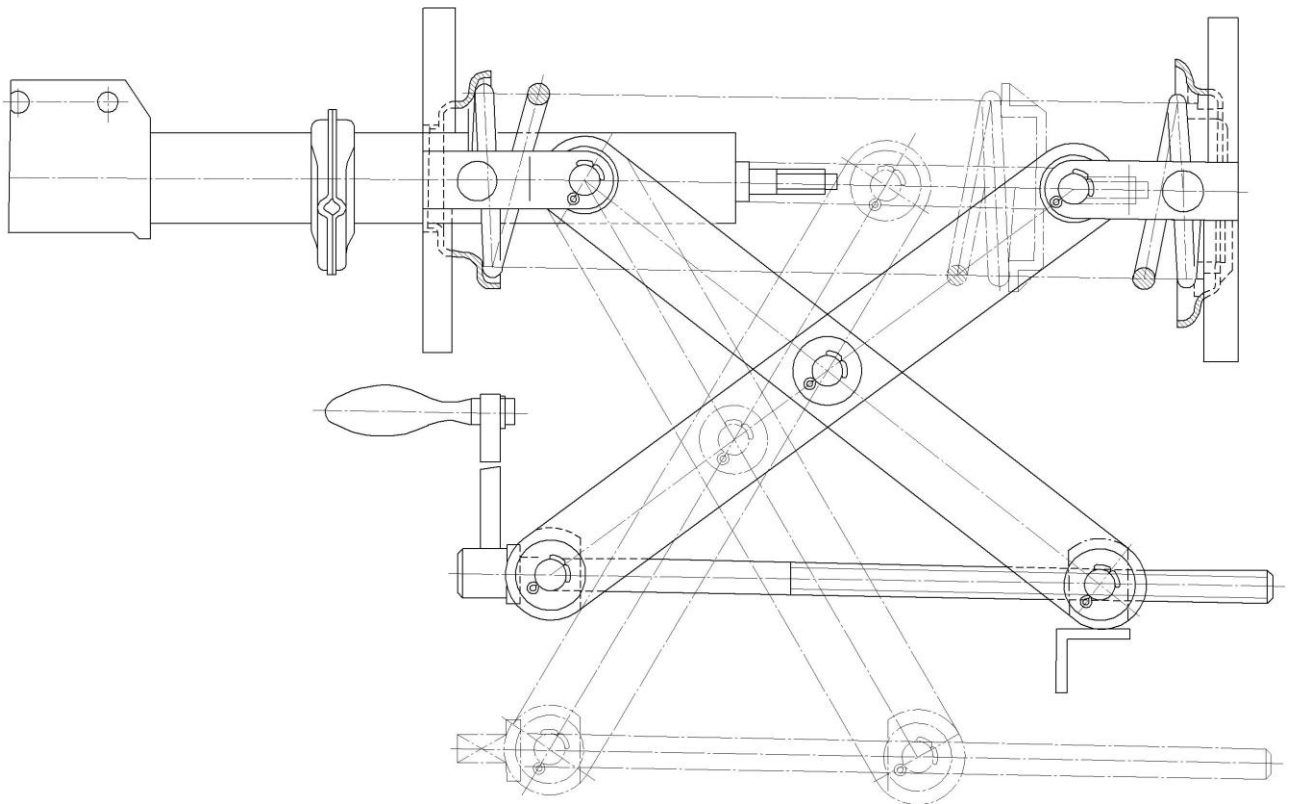


Рисунок 3.1 – Приспособа для складання пружини зі стійкою передньої підвіски

Конструкція забезпечує точне центрування пружини та запобігає її вискакуванню. Рама і важелі виготовлені з міцної сталі. Захватні елементи мають форму, яка запобігає ковзанню витків. Рукоятка забезпечує достатнє передавальне зусилля, тому оператор може виконувати роботу без надмірного навантаження.

Приспосо́ба проста в експлуатації. Вона не потребує постійного регулювання, окрім підлаштування захватів під діаметр пружини. В роботі не застосовуються складні механізми, тому конструкція є надійною та довговічною. Таке рішення зменшує ризики для працівника та підвищує якість складання вузла підвіски.

3.3 Розрахунок міцності елементів пристосування

Пристосування пружина створює осьове зусилля. Це зусилля передається через важелі, штифти і гвинт приводу. Для розрахунку приймаємо розрахункове зусилля стиснення пружини $F = 10000$ Н. Це з запасом перекриває робочий діапазон зусиль для пружини передньої підвіски легкового автомобіля.

Спочатку розглядаємо гвинт приводу. Він працює на розтяг і частково на згин. Для спрощення вважаємо, що основне напруження – осьове. Напруження розтягу в перерізі гвинта визначаємо за формулою:

$$\sigma = \frac{4F}{\pi d^2} \quad (3.1)$$

Допустиме напруження розтягу беремо $[\sigma] = 150 - 180$ МПа. Отримане значення значно менше за допустиме.

Далі перевіряємо штифти у шарнірних з'єднаннях важелів. Кожен штифт сприймає частину зусилля. Для спрощення приймаємо, що на один штифт діє половина сили, тобто:

$$F_{\text{ш}} = F/2 = 5\,000 \text{ Н.}$$

Напруження зрізу в штифті визначаємо за формулою:

$$\tau = \frac{F_{\text{ш}}}{A} \quad (3.2)$$

При $d = 16$ мм, тоді $\tau \approx 25$ МПа. Доп. напруження зрізу приймаємо $[\tau] = 90 - 100$ МПа. Таким чином, міцність штифтів по зрізу забезпечена з великим запасом.

Перевіряємо штифти також на зминання в отворах важелів:

$$p = \frac{F_{\text{ш}}}{d \cdot t} \quad (3.3)$$

Приймаємо $[p] = 150$ МПа. Отже, умова міцності по зминанню також виконується.

Потім виконуємо перевірку важелів на згин в середній частині. Момент визначаємо:

$$M = F_{\text{плече}} \cdot l. \quad (3.4)$$

Для прямокутного перерізу важеля момент опору згину:

$$W = \frac{bh^2}{6} \quad (3.5)$$

За кресленням приймаємо, що ширина важеля $b=40$, а товщина $h = 20$ мм. При розрахунковому моменті порядку $M \approx 400$ Нм одержуємо $\sigma_{\text{зг}} \approx 150$ МПа. Це значення близьке до допустимого напруження для сталі, тому вибрані розміри важеля є раціональними. Якщо в уточненому розрахунку напруження буде більшим за допустиме, товщину важеля можна збільшити на 2..4 мм.

Окремо перевіряємо опорну плиту та приварені до неї елементи. У розрахунку вважаємо, що опорна плита працює як балка на вигин і місцеве зминання. Товщину плити вибираємо так, щоб прогин був малим, а напруження не перевищували $[\sigma]$. Для сталі товщиною 10 ... 12 мм при площі опори, яка більша за діаметр пружини, напруження зминання залишаються у межах 40..60 МПа, що менше за допустимі значення.

Після перевірки всіх основних елементів робимо висновок. Напруження в гвинті, штифтах, важелях та опорній плиті не перевищують допустимі значення для конструкційної сталі. Запас міцності становить не менше двох. Це дозволяє гарантувати безпечну роботу пристосування при складанні пружини зі стійкою передньої підвіски та забезпечує надійність конструкції в умовах АТП.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1. Технічна діагностики автомобіля із застосуванням об'єднаних параметрів

Автоматизація процесів діагностики автомобілів є давно назрілою та водночас досить складною задачею. Для визначення несправності зазвичай використовують не одну, а цілу сукупність ознак. Людина-діагност, спираючись на свій досвід та знання, може інтуїтивно визначити найбільш ймовірну причину несправності. Натомість автоматизована система діагностики повинна працювати строго за алгоритмом, адже без нього її функціонування неможливе. Тому основою такої системи є чітко сформований алгоритм постановки діагнозу, реалізований у вигляді певної схеми чи обчислювальної машини.

Разом з тим існує складність: у процесі зміни тех. стану автомобіля різні несправності можуть проявлятися схожими симптомами. Значення діагностичних параметрів мають випадкові відхилення, що зумовлено похибками вимірювань, зміною режимів роботи окремих елементів конструкції та іншими чинниками. До того ж наявність або відсутність певного діагностичного параметра Y_j при конкретному діагнозі D_i не можна вважати абсолютно достовірною подією, а лише подією з певною умовною ймовірністю: $0 < P^d(Y_j) < 1$.

За великою вибіркою автомобілів можна визначити частоту появи окремих діагнозів D_j , тобто їхню ймовірність $P(D_j)$. Окрім цього, можна оцінити ймовірність появи певних діагностичних параметрів Y_j при конкретних діагнозах, що в теорії ймовірностей позначається як $P(Y_j|D_j)$.

Для визначення найбільш імовірного діагнозу при спостереженні ознаки Y_j використовується залежність, яка у застосуванні до діагностування подається у вигляді:

$$P_{Y_j}(D_i) = \frac{P(D_i)P_{D_i}(Y_j)}{P(Y_j)} \quad (4.1)$$

Вона дозволяє обчислити умовну ймовірність виникнення діагнозу D , виходячи з наявності чи відсутності конкретного параметра.

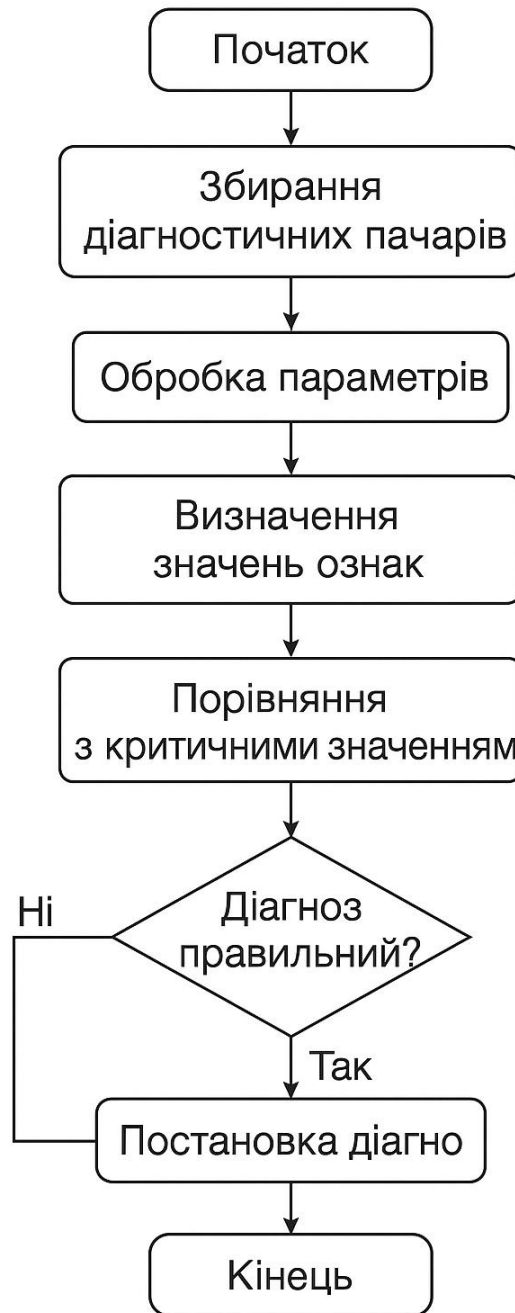


Рисунок 4.1 – Блок-схема діагностування

У випадках, коли діагноз встановлюється не за однією ознакою, а за їх сукупністю, замість одного параметра Y_j у формулу підставляється комплекс параметрів:

$$Y = \{Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n\}.$$

Ймовірність сумісного спостереження незалежних параметрів із цього комплексу розраховується як добуток ймовірностей появи кожного з них. Це відповідає принципу статистичної незалежності:

$$P_{Dt}(Y_j^*) = P_{Dt}(Y_1) \cdot P_{Dt}(Y_2) \cdot \dots \cdot P_{Dt}(Y_g) \quad (4.2)$$

Якщо ж у конкретному випадку певні ознаки відсутні, то у формулу вводиться також ймовірність їх відсутності, що враховується у вигляді додаткового множника:

$$P_{D_i}(\tilde{Y}_k) = 1 - P_{D_i}(Y_k) \quad (4.3)$$

Загальна ймовірність появи всього комплексу ознак за всіма можливими діагнозами визначається як математичне сподівання, тобто:

$$P(Y_j^*) = \sum_{i=1}^m P(D_i) P_{D_i}(Y_j^*) \quad (4.4)$$

$$P(D_i)' = \frac{N_i}{N+1} = \frac{N_i}{N} \cdot \frac{N}{N+1} = P(D_i) \cdot \frac{N}{N+1} \quad (4.5)$$

$$P(D_k)' = \frac{N_k+1}{N+1} = P(D_k) \frac{N}{N+1} + \frac{1}{N+1} \quad (4.6)$$

$$P_{D_k}(Y_j)' = \frac{n_{k_j}}{N_{k_j}+1} = \frac{n_{k_j}}{N_{k_j}} \cdot \frac{N_{k_j}}{(N_{k_j}+1)} = \frac{P_{D_k}(Y_j) N_{k_j}}{N_{k_j}+1} \quad (4.7)$$

$$P_{D_k}(Y_j)' = \frac{n_{k_j}+1}{N_{k_j}+1} = P_{D_k}(Y_j) \cdot \frac{N_{k_j}}{N_{k_j}+1} + \frac{1}{N_{k_j}+1} \quad (4.8)$$

Це дозволяє оцінити вірогідність того чи іншого діагнозу з урахуванням усіх можливих комбінацій ознак.

При проведенні спостережень за великою вибіркою автомобілів можливо кількісно визначити частоту виникнення окремих діагнозів DjD , що відповідає їхній ймовірності $P(Dj)$. Окрім цього, проводиться оцінка ймовірності появи конкретних діагностичних ознак або параметрів Yj за наявності певного діагнозу, що в теорії ймовірностей позначається як $P(Yj | Dj)$. Такий підхід

дозволяє формалізувати взаємозв'язок між симптомами та потенційними несправностями транспортного засобу, що є важливим для підвищення точності діагностичних процедур.

Для технічної діагностики залежність дозволяє розрахувати умовну ймовірність появи діагнозу з урахуванням наявності або відсутності конкретного параметра. Використання цього підходу забезпечує системний і статистично обґрунтований метод прийняття рішень при встановленні діагнозу.

У випадках, коли встановлення діагнозу здійснюється не на підставі однієї ознаки, а за сукупністю параметрів, замість одного Y_j у формулу вводиться комплекс ознак:

$$Y = \{Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n\}.$$

Ймовірність сумісного спостереження незалежних ознак із цього комплексу визначається як добуток ймовірностей появи кожної з них. Це відповідає принципу статистичної незалежності параметрів і дозволяє оцінювати комплексний вплив декількох ознак на ймовірність виникнення того чи іншого діагнозу.

У випадках, коли окремі ознаки відсутні або їх неможливо зафіксувати, у розрахунок вводиться ймовірність їх відсутності у вигляді додаткового множника. Такий підхід дозволяє забезпечити більш точне прогнозування діагнозу навіть за неповної інформації, зменшуючи ймовірність хибнопозитивних чи хибнонегативних результатів.

Загальна ймовірність появи всього комплексу ознак для всіх можливих діагнозів визначається за повної ймовірності, що фактично є математичним сподіванням. Це забезпечує можливість комплексної оцінки ймовірності кожного діагнозу з урахуванням комбінацій наявних ознак, що підвищує об'єктивність і надійність процесу технічної діагностики автомобіля.

Застосування даної методики дозволяє формалізувати процес прийняття діагностичних рішень і забезпечує науково обґрунтований підхід до прогнозування несправностей, що є важливим у сучасних системах ТО.

Розглянутий вище метод розрахунку найбільш ймовірного діагнозу справедливий лише за умови, що діагностичні параметри не залежать один від одного. Якщо ж між ними існує певний зв'язок, точність обчислень може суттєво знижуватися.

Наприклад, ймовірність спостереження комплексу з трьох незалежних параметрів, кожен з яких проявляється при певному діагнозі з ймовірністю $PD(Y_j) = 0,5$ обчислюється як добуток ймовірностей:

$$PD(Y) = 0,5^3 = 0,125.$$

Проте, якщо ці параметри жорстко зв'язані між собою, тобто фактично представляють один і той же параметр, то ймовірність спостереження їх комплексу дорівнює $PD(Y_j) = 0,5$.

В загальному випадку ймовірність спостереження комплексу ознак повинна визначатися на основі відомої у теорії ймовірностей формули умовної ймовірності:

$$P_{D_i}(Y_j^*) = P_{D_i}(Y_1) \cdot P_{D_i}(Y_2/Y_1) \cdot P_{D_i}(Y_3/Y_1 Y_2) \times \\ \times P_{D_i}(Y_4/Y_1 Y_2 Y_3) \cdot \dots \cdot P_{D_i}(Y_g/Y_1 Y_2 \dots Y_{g-1}) \quad (4.9)$$

При експериментальному визначенні умовної ймовірності (наприклад, ймовірності $PD(Y_2 | Y_1)$ із загальної кількості N авто, що перебувають під спостереженням і мають діагноз Dt , потрібно підрахувати число автомобілів, які одночасно мають діагностичні параметри Y_2 та Y_1 , і поділити його на загальну кількість автомобілів з першим параметром. Очевидно, що якщо $PD(Y_1) < 1$, то кількість автомобілів з Y_1 буде меншою за обсяг вибірки N . Це означає, що умовні ймовірності розраховуються на основі зменшуваних статистичних вибірок, що, як відомо, знижує точність отриманих результатів. Тому закладати цю ідеологію безпосередньо в автоматизовану систему діагностування навряд чи доцільно.

Проте це лише на перший погляд. Досвідчені практики-діагності знають, що у багатьох випадках саме стійке поєднання взаємопов'язаних ознак є найбільш інформативною характеристикою діагнозу, навіть якщо комплекс таких ознак зустрічається рідко.

Отже, якщо вирішити проблему виявлення зв'язків між випадк. величинами, розглядувана задача стає розв'язуваною. Це цілком можливо за допомогою кореляційного аналізу, зокрема шляхом найпростішого способу його реалізації – графічного представлення результатів спостережень. При цьому на одній осі відкладаються значення одного фактора, а на іншій осі – значення відповідного того ж об'єкта спостереження іншого фактора Y . Такий підхід дозволяє наочно виявити взаємозв'язки між ознаками і використовувати їх для більш точного прогнозування діагнозу.

При хаотичному розташуванні великої кількості точок на графіку можна зробити висновок про відсутність парного зв'язку між X_i та Z . Однак, якщо точки групуються таким чином, що спостерігається зростання Z при збільшенні X_i , це свідчить про наявність прямого парного зв'язку між випадковими величинами. Кількісно міцність цього зв'язку може бути оцінена за коефіцієнтом кореляції:

$$r = \frac{\mu_{x/z}}{\sigma_x \sigma_z} \quad (4.10)$$

При розробці автоматизованої системи діагностування наявність діагностичного параметра $Y1$ або $Y2$ можна кодувати як «1», а відсутність – як «0». Тоді за результатами спостереження N :

- $w11$ – кількість авто, у яких спостерігаються обидва діагностичні параметри;
- $w00$ – кількість автомобілів, у яких обидва параметри відсутні;
- $w10$ – коли параметр $Y1$ є, а $Y2$ відсутній;
- $w01$ – коли параметр $Y1$ відсутній, а $Y2$ спостерігається.
- Очевидно, що кількість авто, які мають діагностичний параметр $Y1$, дорівнює:
 - $N1 = w10 + w11$,
 - а кількість авто, що не мають цього параметра:
 - $N - N1 = w01 + w00$.

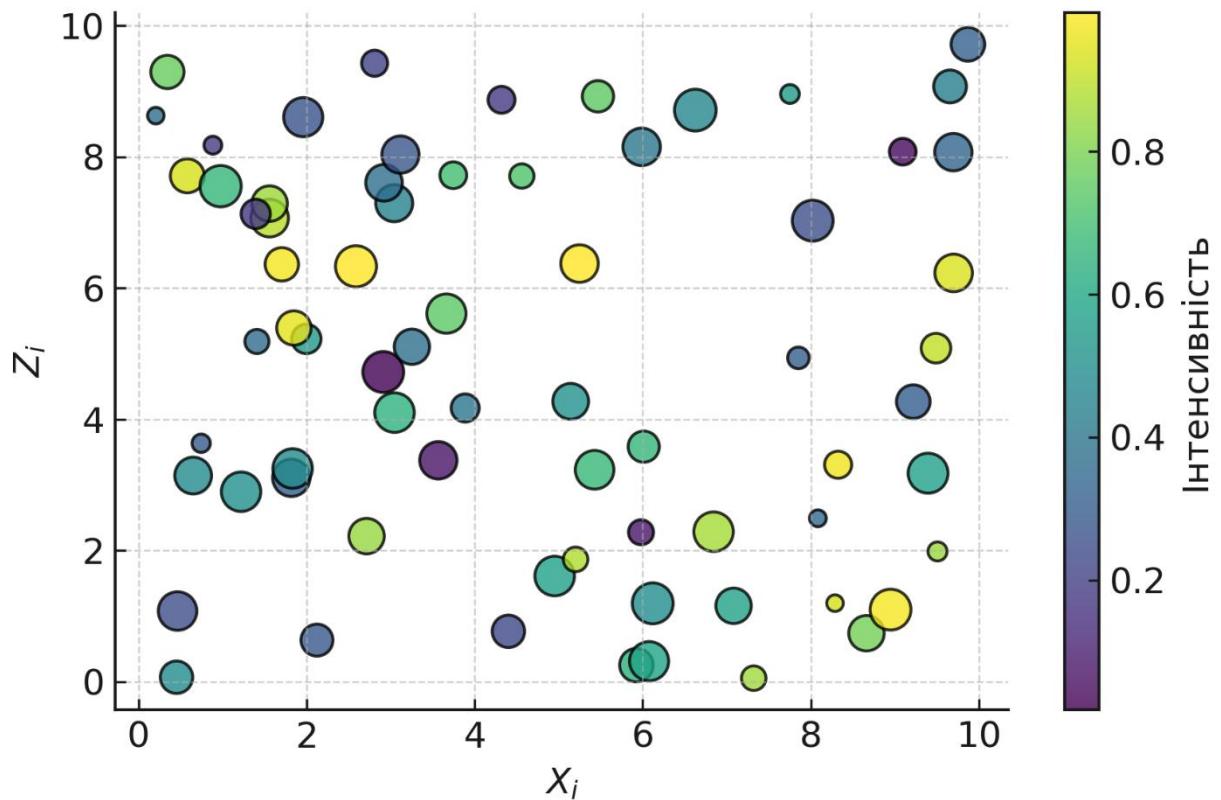


Рисунок 4.2 – Значення факторів

Середнє значення параметрів Y_1 та Y_2 по всій вибірці N авто можна визначити як математичне сподівання:

$$\bar{Y}_1 = \frac{1 \cdot N + 0 \cdot \tilde{N}_1}{N} = \frac{n_{10} + n_{11}}{N}; \quad \bar{Y}_2 = \frac{n_{01} + n_{11}}{N} \quad (4.11)$$

Середнє квадратичне відхилення параметра Y_1 :

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{(1 - \bar{Y}_1)^2 (n_{10} + n_{11}) + (0 - \bar{Y}_1)^2 (n_{01} + n_{00})}{N}} \quad (4.12)$$

Аналогічно обчислюється середнє квадратичне відхилення σ_2 другого діагностичного параметра Y_2 .

Кореляційний момент μ_{12} для досліджуваної задачі обчислюється:

$$\mu_{1/2} = \{(1 - \bar{Y}_1)(1 - \bar{Y}_2)n_{11} + (1 - \bar{Y}_1)n_{10} + (0 - \bar{Y}_1)(1 - \bar{Y}_2)n_{01} + (0 - \bar{Y}_1)(0 - \bar{Y}_2)n_{00}\}/N \quad (4.13)$$

Використовуючи залежності, отримується залежність для розрахунку коефіцієнта парної кореляції r . Цей розрахунок дозволяє кількісно оцінити

ступінь взаємозв'язку між двома діагностичними параметрами та врахувати його при автоматизованому встановленні діагнозу.

Таблиця 4.1 – Частоти для двох діагностичних параметрів Y_1 і Y_2 .

	$Y_2 = 1$	$Y_2 = 0$	Всього
$Y_1 = 1$	$\omega_{11} = 30$	$\omega_{10} = 20$	$N_1 = 50$
$Y_1 = 0$	$\omega_{01} = 10$	$\omega_{00} = 40$	$N - N_1 = 50$
Всього	$N_2 = 40$	$N - N_2 = 60$	$N = 100$

Ймовірності спостереження діагностичних параметрів за певного діагнозу виражаються:

$$P(Y_1) = \frac{n_{10} + n_{11}}{N}; P(Y_2) = \frac{n_{01} + n_{11}}{N}$$

$$P(Y_2/Y_1) = \frac{n_{11}}{n_{10} + n_{11}} \quad (4.14)$$

Після відповідних математичних перетворень отримується остаточна формула для коефіцієнта парної кореляції діагностичних параметрів:

$$r = \frac{P(Y_1) \cdot [P(Y_2/Y_1) - P(Y_2)]}{\sqrt{\{[1 - P(Y_1)] \cdot [1 - P(Y_2)] \cdot P(Y_1) \cdot P(Y_2)\}}} \quad (4.15)$$

Справедливість цієї формули можна підтвердити наступними міркуваннями.

Якщо діагностичні параметри Y_1 та Y_2 перебувають у жорсткому зв'язку і завжди спостерігаються лише разом, то $P(Y_2 | Y_1) = 1$ і $P(Y_1) = P(Y_2)$. У цьому випадку коефіцієнт парної кореляції, розрахований та дорівнює одиниці, що підтверджує правильність.

Якщо ж частка автомобілів, що мають параметр Y_2 , у загальній кількості вибірки N дорівнює частці автомобілів, які мають обидва параметри Y_1 та Y_2 , тобто спостереження одного параметра не пов'язане з наявністю іншого, тоді $P(Y_2 | Y_1) = P(Y_2)$ і коефіцієнт парної кореляції $r = 0$. Це відповідає відсутності зв'язку між параметрами, що логічно підтверджує справедливість.

Суттєвою перевагою використання коефіцієнта кореляції для кількісного вираження парного зв'язку випадкових величин є можливість об'єктивної оцінки значущості його величини за допомогою t -критерію:

$$t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \cdot \sqrt{N-2} \quad (4.16)$$

$$C_g^2 = \frac{g!}{2!(g-2)!} \quad (4.17)$$

Проте, якщо об'єктів у вибірці було лише п'ять і їх представляють точки, обведені подвійним кружком, можна зробити хибний висновок про існування зв'язку між випадковими величинами, що підкреслює важливість достатнього обсягу даних при статистичному аналізі.

Для зв'язку між параметрами, використовують критерій Стюдента. Спочатку обчислюють його значення за формулою. Потім отриманий результат порівнюють із табличним значенням. Якщо розраховане значення більше табличного, то коефіцієнт кореляції вважають значущим і зв'язок між параметрами підтверджується. Якщо розраховане значення менше табличного, то доказів зв'язку немає.

При перевірці 20,0 авто отримали коефіцієнт кореляції 0,65. Після розрахунку критерій Стюдента дорівнював 3,630. У таблиці для цього випадку значення становило 2,84. Оскільки 3,630 більше за 2,84, зв'язок між параметрами можна вважати достовірним із імовірністю 99%. Якщо ж брати тільки 10 авто, то значення критерію було б 2,420, а табличне значення 3,353. У такій ситуації зв'язок не підтверджується.

Коли для діагностики вибирають кілька параметрів, між ними можна утворити пари. Кількість таких пар обчислюють за спеціальною формулою. Потім для всіх пар визначають коефіцієнти кореляції. Залишають лише ті, що виявилися значущими.

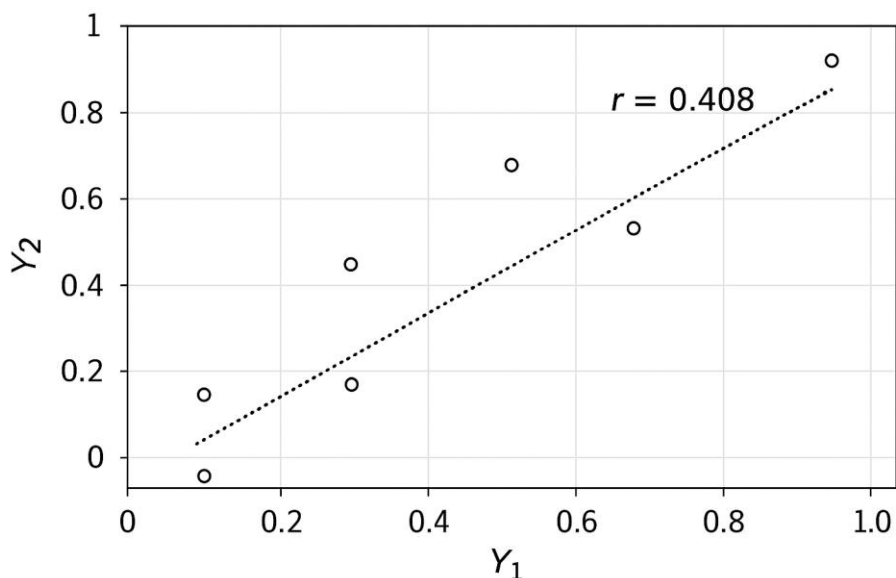


Рисунок 4.3 – Діаграма розсіювання

Результати зручно подавати у вигляді матриці коефіцієнтів кореляції. Така матриця допомагає побачити, які параметри пов'язані між собою, виключити зайві показники та зробити висновок.

Наприклад, автомобіль має параметри Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5 . Під час діагностики виявили тільки Y_1, Y_2 і Y_5 . Параметри Y_3 і Y_4 не проявилися. Використавши матрицю кореляцій, можна оцінити, як ці параметри завязані між собою, і зробити висновок про тех. стан.

Для певного набору параметрів була розрахована ймовірність правильного діагнозу. Додатково визначили середнє значення коефіцієнтів кореляції між усіма можливими парами параметрів у даному комплексі. Воно дорівнювало 0,24, що свідчить про наявність певних залежностей між параметрами.

Для іншого автомобіля з іншим комплексом діагностичних параметрів ймовірність правильного діагнозу виявилася трохи вищою – 0,75. Проте середній коефіцієнт кореляції між його параметрами становив лише 0,10. Це означає, що хоча сама ймовірність спостереження комплексу ознак у другого автомобіля формально вища, надійність діагнозу є нижчою, ніж у першого. Для першого автомобіля ознаки тісніше пов'язані між собою, і тому діагностичне рішення базується на більш узгодженій інформації.

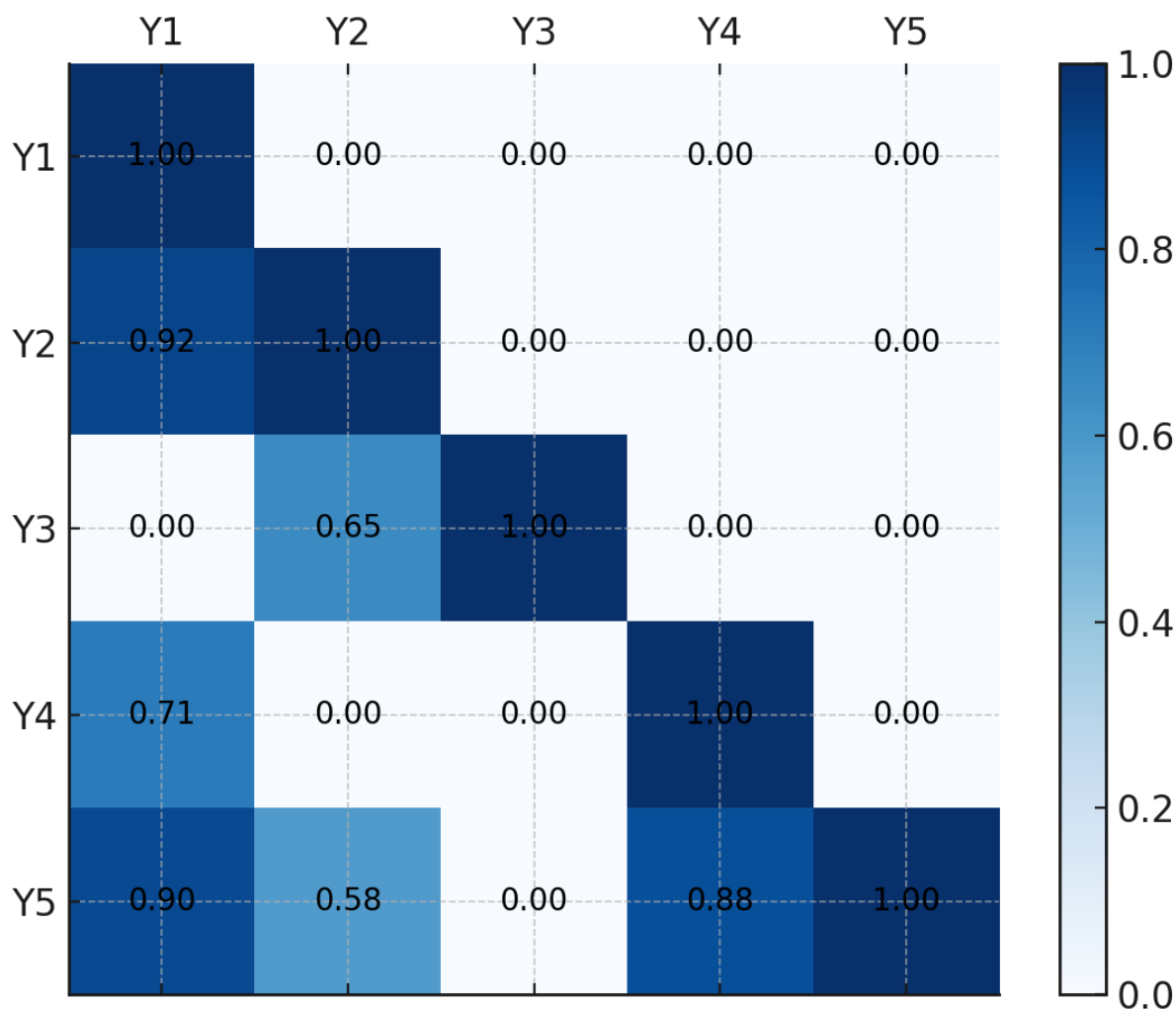


Рисунок 4.4 – Матриця зав'язків

Важливо зазначити, що під час обчислення ймовірностей у розрахунках робилося припущення про повну незалежність діагностичних параметрів один від одного. Насправді ж таке припущення виконується рідко. У більшості випадків між параметрами існує суттєвий взаємозв'язок. Ігнорування цього зв'язку призводить до зниження точності діагностики.

Саме тому метод, який базується лише на формулі Байеса і враховує параметри як незалежні, не завжди придатний для практичного застосування в автоматичних системах. Щоб підвищити достовірність результатів, його слід доповнити обчисленням коефіцієнтів парної кореляції. Значущість цих коефіцієнтів перевіряють за допомогою критерію Стюдента, що оцінює, наскільки сильний взаємозв'язок між параметрами, і виключити випадкові збіги.

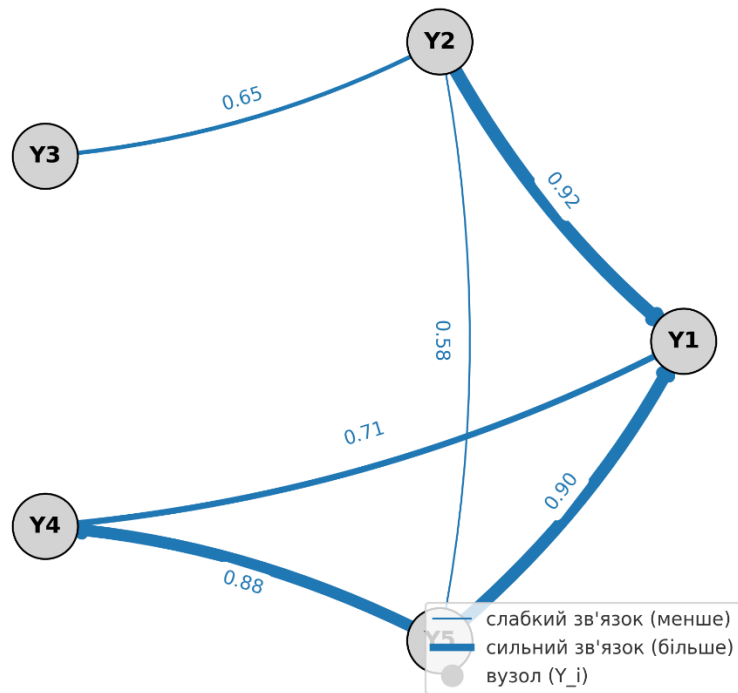


Рисунок 4.5 – Мережевий граф на основі матриці

Таким чином, найбільш ефективним підходом є одночасне використання двох інструментів – матриці ймовірностей спостереження діагностичних параметрів та матриці коефіцієнтів їх парної кореляції. Поєднання цих даних дає змогу враховувати і частоту появи ознак, і силу їх взаємозв'язку. У результаті точність діагнозу зростає, а сама система діагностування стає більш надійною та стійкою до випадкових помилок.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Організація та проведення дослідження стійкості роботи автотранспортного підприємства

Основні фактори, що впливають на стійкість роботи АТП.

1. Технічні фактори.

Стійкість підприємства залежить від:

- справності підйомників, стендів та інструментів;
- стану пневмосистем та гідравліки;
- зносу комунікацій;
- стабільності електроживлення.

Підвіска Opel Omega (B) має масивні елементи (важелі, підрамник, амортизатори), і роботи з їх демонтажу створюють механічні навантаження на обладнання та персонал.

2. Технологічні ризики.

Під час діагностики об'єднаними параметрами здійснюється:

- вимір геометрії коліс;
- оцінка ступеня зносу шарнірів;
- аналіз люфтів рульової трапеції;
- навантажувальні випробування амортизаторів.

Для цих процесів потрібні стенди, що можуть створювати вібрації, ударні навантаження або перевантаження механічних вузлів.

3. Організаційні фактори.

Стійкість знижується за умов:

- відсутності інструкцій дій у НС;
- низької кваліфікації персоналу;
- порушення технології обслуговування.

4. Екологічні та зовнішні фактори.

До них належать:

- різкі зміни температури;

- порушення подачі електроенергії;
- можливі техногенні аварії поблизу підприємства.

Оцінка стійкості роботи підприємства.

Оцінка проводиться за чотирма основними напрямками: інженерна стійкість, технологічна стійкість, організаційна стійкість, експлуатаційна стійкість.

1. Інженерна стійкість будівель і споруд.

Перевіряється:

- несуча спроможність конструкцій;
- стан підлоги та фундаментів під підйомники;
- стійкість стін до можливих вібрацій стендів;
- пожежостійкість приміщень.

Будівлі АТП повинні відповідати протистійкості до вторинних уражальних факторів (пожежа, вибух, обвал), що зазначено у методичних документах ЦЗ.

2. Стійкість технологічного обладнання.

Особливу увагу приділяють:

- двостійковим і ножичним підйомникам;
- пресам для амортизаторів;
- стендам розвал-сходження;
- люфтомірам і віброплатформам.

Важливо:

- проводити регламентний контроль;
- перевіряти зазори і механічні фіксатори;
- оцінювати стійкість обладнання при перевантаженнях.

3. Електротехнічна стійкість.

Діагностичне обладнання Opel Omega (B) потребує стабільного:

- живлення 220/380 В;
- автоматичного вимкнення при перевантаженнях;
- якісного заземлення.

В разі відключення електрики стенд, підйомник або віброплатформа можуть зупинитися в аварійному положенні, що знижує стійкість роботи підприємства.

4. Стійкість персоналу та організаційної структури.

Персонал повинен:

- бути навченим діям під час НС;
- знати маршрути евакуації;
- вміти працювати з аварійними фіксаторами підйомників;
- застосовувати ЗІЗ при роботі з рульовою системою.

5.2 Розрахунок забезпечення необхідної вентиляції

Приміщення дільниці розбирання ДВЗ обладнується витяжною вентиляцією, яка повинна бути від всіх місць можливого виділення шкідливих речовин: стендів, робочих місць та столів. Проточне повітря на дільницю необхідно подавати розсіяно в робочу або верхню зону. Витяжку слід робити з нижньої зони на висоті 0,5-0,7 м від підлоги. Місцеві відсоси повинні бути передбаченні також від стендів розбирання.

В виробничих приміщеннях не допускається безпосереднє розміщення вентиляції, крім віконних. Працювати в приміщеннях, де несправна або не увімкнена вентиляція, заборонено.

Вентиляційне обладнання повинне працювати по графіку, який складається з розрахунком часу прибуття машини на ремонтні пости, вибуттям з них і рух по ним. Графік затверджується головним інженером ремонтно-механічного заводу за згодою з профспілковим комітетом. Графік повинен знаходитися біля пульта управління вентиляційної установки.

За експлуатацію вентиляційних установок відповідає особа, яка назначається наказом по АРЗ, з числа інженерно-технічних працівників.

Кількість повітря, яке необхідно подавати в приміщення для забезпечення необхідних параметрів повітряного середовища, визначають на основі кількості тепла, вологи і шкідливих речовин, які поступають в приміщення. При цьому повинно враховуватися кількість повітря, яке видаляється місцевим підсосом від обладнання загально обмінної вентиляції, на технологічні або інші потреби. Визначати необхідну кількість повітря, яке подається, необхідно окремо для

теплого, перехідного і холодного періодів року. Густина повітря необхідно приймати рівною $1,2 \text{ кг/м}^3$. В тому випадку, коли необхідно враховувати дійсну густину повітря, виконується перерахунок.

Визначаємо об'єм повітря, яке відсмоктується зонтом, встановленим над столом комплектувальним.

Розмір столу $1 \times 1,5 \text{ м}$; швидкість розповсюдження парів речовин та пилю $0,2 \text{ м/с}$; швидкість всмоктування їх біля поверхні ванни $v_{xy} = 0,3 \text{ м/с}$; габарити зонти на $0,2 \text{ м}$ більша за габарити ванни по всьому параметру: $a \times b = 1,7 \times 1,2 \text{ м}$; висота від борта ванни до зонти $0,6 \text{ м}$; кут розкриття зонти $\alpha = 60^\circ$; висота зонти $H = 1,4 \text{ м}$.

Визначаємо еквівалентний діаметр зонти прямокутної форми $d_{ек}$, м

$$d_{ек} = \frac{2ab}{(a+b)}, \quad (5.1)$$

де a – довжина зонти, м; b – ширина зонти, м.

$$d_{ек} = \frac{2 \cdot 1,7 \cdot 1,2}{(1,7 + 1,2)} = 1,4. \quad (5.2)$$

Визначаємо відносні величини в долях еквівалентного діаметру

$$x_0 = \frac{x_0}{d_{ек}}, \quad (5.3)$$

де $d_{ек}$ – еквівалентний діаметр зонти прямокутної форми.

$$x_0 = \frac{0,85}{1,4} = 0,67. \quad (5.4)$$

$$y_1 = \frac{y_1}{d_{ек}}, \quad (5.5)$$

Тоді одержимо:

$$y_1 = \frac{0,6}{1,4} = 0,42. \quad (5.6)$$

$$x = \frac{x}{d_{ек}}, \quad (5.7)$$

Тоді:

$$x = \frac{0,5}{1,4} = 0,35. \quad (5.8)$$

$$H = \frac{H}{d_{ек}}, \quad (5.9)$$

де H – висота зонта, м;

$d_{ек}$ – еквівалентний діаметр зонта прямокутної форми.

Тоді

$$H = \frac{1,4}{1,4} = 1,0. \quad (5.10)$$

Знаходимо $y=0,42$ значення $\frac{v_y}{v_u}=0,31$.

Визначаємо значення швидкості повітря в центрі зонта v_u , м/с:

$$v_{\delta} = \frac{v_{xy}}{\left[\frac{v_y}{v_{\delta}} - 0,1 \frac{x^2}{x_0^2 - (y_1 + 0,27)H} \right]}, \quad (5.11)$$

де v_{xy} – швидкість всмоктування парів біля поверхні ванни, м/с;

x , x_0 , y_1 , H – відносні величини в долях еквівалентного діаметру.

$$v_u = \frac{0,3}{\left[0,31 - 0,1 \frac{0,35^2}{0,67^2 - (0,42 + 0,27) \cdot 1,4} \right]} = 0,83. \quad (5.12)$$

Середня швидкість всмоктування v_0 , м/с

$$v_0 = \eta v_u, \quad (5.13)$$

$$v_0 = 1 \cdot 0,83 = 0,83. \quad (5.14)$$

Об'єм відсмоктуючого повітря L , м³/год., визначається з формули

$$L = abv_0 \cdot 3600, \quad (5.15)$$

де a, b – габарити ванни, м;

v_0 – середня швидкість всмоктування, м/с.

Тоді одержимо:

$$L = 1,7 \cdot 1,2 \cdot 0,83 \cdot 3600 = 6095. \quad (5.16)$$

5.3 Розрахунок штучних заземлюючих пристроїв для заземлення стенда

Розрахунок заземлюючого пристрою полягає у визначенні кількості вертикальних і горизонтальних електродів згідно з вимогами ПУЕ за опором заземлення, питомим опором ґрунту, прийнятими розмірами електродів і конфігурацією заземлення та в порівнянні розрахункового опору заземлення з нормативним значенням.

Визначаємо нормативний опір заземлення R_z (згідно з вимогами ПУЕ) – 10 Ом або 4 Ом.

Обчислюємо розрахунковий питомий опір ґрунту ρ_{ϵ} , Ом×м, для вертикальних електродів

$$\rho_{\epsilon} = \rho_{\text{вим}} \cdot \psi_{\epsilon} = 220 \cdot 1,3 = 286, \quad (5.17)$$

де ψ_{ϵ} – розрахунковий коефіцієнт сезонності для вертикальних електродів;

$\rho_{\text{вим}}$ – питомий опір ґрунту, виміряний у лабораторних умовах, Ом×м.

3 Визначаємо опір розтіканню вертикальних електродів R_{ϵ} , Ом, із круглої сталі:

$$R_{\epsilon} = \frac{\rho_{\epsilon}}{2\pi\ell} \left(\ln \frac{2\ell}{d} + 0,5 \ln \frac{4t_1 + \ell}{4t_1 - \ell} \right) = \frac{286}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 2}{0,05} + \ln \frac{4 \cdot 1,6 + 2}{4 \cdot 1,6 - 2} \right) = 114,5, \quad (5.18)$$

де d – зовнішній діаметр електрода, м.

Попередньо встановлюємо необхідну кількість n , шт, паралельно з'єднаних заземлювачів

$$n = \frac{R_{\epsilon}}{R_z \eta_{\epsilon}} = \frac{114,5}{10 \cdot 0,88} = 13, \quad (5.19)$$

де η_{ϵ} – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів.

Обчислюємо довжину горизонтального електрода:

$$\text{– при контурному влаштуванні } \ell_{\Gamma} = a \times n, \ell_{\Gamma} = 2 \cdot 13 = 26 \text{ м}; \quad (5.20)$$

де a – відстань між вертикальними електродами, м;

n – прийнята кількість вертикальних електродів, шт.

Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту ρ_z , Ом×м, для горизонтального електрода

$$\rho_z = \rho_{\text{вим}} \psi_z = 220 \cdot 2,5 = 550, \quad (5.21)$$

де ψ_z – розрахунковий коефіцієнт сезонності для горизонтальних електродів.

Установлюємо опір розтіканню струму R_z , Ом, для горизонтального електрода за формулою

$$R_z = \frac{\rho_z}{2\pi \ell_z} \ln \frac{\ell_z^2}{b_1 t_0}, \quad (5.22)$$

де b_1 – ширина штаби, м (для круглої сталі $b_1 = 2d$, де d – діаметр, м).

Тоді

$$R_z = \frac{550}{2 \cdot 3,14 \cdot 26} \ln \frac{26^2}{0,2 \cdot 0,6} = 28,56. \quad (5.23)$$

Загальний опір заземлюючого пристрою R_0 , Ом

$$R_0 = \frac{R_g R_z}{R_g \eta_z + R_z \eta_g} \leq R_z, \quad (5.24)$$

де η_z – коефіцієнт використання горизонтальних електродів з урахуванням вертикальних електродів.

Тоді одержимо:

$$R_0 = \frac{114,5 \cdot 28,6}{114,5 \cdot 0,57 + 28,6 \cdot 0,88} = 9,9 \leq 10. \quad (5.25)$$

Уточнюємо вибрані параметри заземлення. Якщо знайдені значення R_0 та R_z значно відрізняються одне від одного, то необхідно змінити кількість електродів (їх довжину, діаметр, товщину тощо), після чого повторити розрахунок, починаючи з п. 5 до виконання умови:

$$\begin{cases} R_0 \leq R_z & , & \begin{cases} 9,9 \leq 10 \\ 9,9 \approx 10 \end{cases} \end{cases}$$

При збільшенні кількості вертикальних електродів значення R_0 зменшується.

Розрахунки заземлюючих пристроїв є приблизними, тому треба округляти проміжні й кінцеві наслідки в запас.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано комплексне дослідження, пов'язане з проектуванням автотранспортного підприємства для ТО та ремонту підвіски і рульового керування автомобілів Opel Omega (B). Основною метою роботи було обґрунтувати необхідність створення спеціалізованої виробничої зони, визначити технологічні параметри її роботи та розробити конструктивні рішення, що підвищують безпеку і якість обслуговування автомобілів.

Проведено аналіз підприємств м. Тернополя, що займаються ремонтом ходової частини. Встановлено, що більшість майстерень виконують широкий спектр робіт, але не забезпечують повну діагностику підвіски та рульового керування за об'єднаними параметрами. Це підтвердило доцільність створення спеціалізованого поста, орієнтованого на поглиблене обслуговування цих систем.

У роботі досліджено діагностичні параметри техн. стану підвіски та рульового керування і визначено інформативність об'єднаних критеріїв. Показано, що використання сукупних діагностичних ознак дає можливість точніше оцінювати техн. стан та своєчасно виявляти приховані дефекти.

Проведено аналіз конструкції підвіски та рульового керування Opel Omega (B). Виявлено типові несправності, їх причини та характерні прояви під час експлуатації. Порівняно ефективність різних методів діагностики і визначено найбільш результативні способи для умов автотранспортного підприємства.

У технологічному розділі виконано всі необхідні розрахунки: коригування нормативів ТО, визначення трудомісткості робіт, розрахунок річної програми ТО та ПР. Встановлено чисельність персоналу, кількість постів та їх завантаження. Розроблено план ТО та організацію робочого процесу на спеціалізованому посту.

Визначено склад приміщень підприємства та виконано їх розрахунок. Проведено аналіз генерального плану. Показано, що запропоноване планувальне рішення забезпечує компактність забудови, безпечний рух транспорту та ефективну взаємодію виробничих зон.

У конструкторському розділі створено пристосування для складання пружини зі стійкою передньої підвіски. Виконано його огляд, описано конструкцію та принцип роботи. Проведено розрахунок міцності основних елементів. Доведено, що конструкція має міцність та може безпечно використовуватися в умовах автотранспортного підприємства.

У науково-дослідному розділі виконано діагностику автомобіля із застосуванням об'єднаних параметрів. Результати підтвердили ефективність комплексного підходу до оцінки стану рульового та підвіски.

У підсумку можна відзначити, що поставлені завдання виконані повністю. Розроблене автотранспортне підприємство є технологічно обґрунтованим, економічно доцільним та безпечним у експлуатації. Запропоновані рішення дозволяють підвищити якість, зменшити витрати часу при ТО Opel Omega (B).

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Opel Omega B. Service Manual. — General Motors Europe, 1994–2003. – 712 р.
2. Автомобілі. Теорія: навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.
3. Андрусенко С. І. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: навч. посіб. / Андрусенко С. І., Білецький В. О., Бортницький П. І.; за ред. проф. С. І. Андрусенка. – К. : Каравела, 2009. – 368 с.
4. Канарчук В.Є. та ін. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах - К.: Логос, 1996. - 348 с.
5. Канарчук В.Є. та ін. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У 3-х кн. Кн.2. Організація, планування й управління: Підручник / В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко, А.Д. Чигринець, - К.: Вища шк., 1994. – 383 с.
6. Кисляков В.Ф., Лущик В.В. Будова і експлуатація автомобілів: Підручник. – К.: Либідь. 2006. – 400 с.
7. Кіркач Н.Ф. Розрахунок і проектування деталей машин. – м. Харків, 1991р.-274с.
8. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів» для здобувачів освітнього ступеня магістр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Ткаченко І.Г., Левкович М.Г. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2024. – 118 с .
9. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. – К.: Знання-Прес, 2003. – 511 с.
10. Мигаль, В. Д. Методи технічної діагностики автомобілів: навч. посібник / В.Д. Мигаль, В. П. Мигаль. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2014
11. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.

12. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів / Уклад. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 550 с.
13. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108
14. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За ред.. В.Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.
15. Сахно В. П., Григоращенко О. В., Вакуліч А. В. Автомобілі. Всеколісне керування. К.: Національний транспортний університет, 2013. 200 с.
16. Стручок В.С. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» / Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., –156 с.
17. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі: Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.
18. Ткаченко І. Г., Левкович М. Г. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів». Тернопіль : ТНТУ, 2024. 118 с.
19. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017 – 324 с.

ДОДАТКИ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

2.1 Вибір і коректування вихідних нормативів ТО

A – кількість автомобілів у групі;

Ідоб – середньодобовий пробіг, км.

2.3 Розрахунок річної трудомісткості ПР

$q_{\text{ТР}}$ – питома трудомісткість поточного ремонту, люд·год/1000 км.

2.4 Кількість ТО Р

k_1 – коефіцієнт умов експлуатації (категорія доріг, характер навантажень);

k_2 – коефіцієнт, що враховує модифікацію рухомого складу та організацію його роботи;

k_3 – коефіцієнт природно-кліматичних умов;

k_4 – коефіцієнт пробігу з початку експлуатації;

k_5 – коефіцієнт розміру автотранспортного підприємства.

2.8 Коефіцієнт технічної готовності та перехід від циклу до року та річна кількість ТО

Текспл – час роботи автомобіля в експлуатації;

Тпр – сумарний час простою в ТО та ремонтах;

Мс – спискова кількість автомобілів у групі;

Дрг – кількість робочих днів у році (прийнято $D_{\text{рг}}=249$ днів);

Дц – тривалість циклу в днях з урахуванням експлуатації та простоїв;

Мс – спискова кількість автомобілів у групі.

2.9 Штат робітників та кількість постів

ТТО – трудомісткість робіт відповідного виду ТО, люд·год;

НТО – кількість технічних обслуговувань за рік;

d – норматив трудомісткості одного ТО, люд·год.;

Няв – явочна (фактично присутня) чисельність робітників, осіб;

Тзаг – загальні трудові витрати за рік, люд·год;

Fn – номінальний річний фонд часу одного робітника, год/рік;

Твідп – тривалість відпустки, год;

$p_{\text{ув}}$ – коефіцієнт виходу на роботу (враховує неявки з поважних причин);

Тзаг – загальна річна трудомісткість робіт, люд·год;

Гпоста – ефективний річний фонд часу роботи одного поста, год/рік;

n – коефіцієнт змінності роботи поста (прийнято n=1);

c – кількість робітників, що працюють на посту одночасно;

n₃ – коефіцієнт завантаження поста (прийнято n₃=0,9).

2.7 Розрахунок площ

Sавт – площа горизонтальної проєкції авто;

Nп – кількість постів;

Kп=4 – коефіцієнт щільності;

Ac=77 – кількість авто;

f_y=1,8 м².

2.11 Склад приміщень підприємства і розрахунок їх площ

nпост – кількість постів;

Гп – розрахункова площа поста (32–45 м² для легкових авто);

Kз – коефіцієнт запасу (1,1–1,2 для проходів і маневрування).

3.3 Розрахунок міцності елементів пристосування

d – діаметр стержня гвинта;

$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ – площа поперечного перерізу штифта;

d – діаметр штифта, мм

t – товщина стінки важеля в місці отвору;

F_{плече} – зусилля, що діє на важіль (беремо частину зусилля пружини);

l – розрахункове плече від точки прикладання сили до небезпечного перерізу;

b – ширина, мм;

h – висота перерізу, мм.

4.1. Дослідження величини гальмівного моменту в барабанному гальмі

P_{Yi}(D_i) – ймовірність діагнозу D_i при спостереженні Y_i діагн. параметра;

P D_i – ймовірність спостереження Y_i параметра для всіх можливих діагнозів;

g – кількість діагностичних параметрів;

$PD_i(\bar{Y}_k)$ – ймовірність відсутності ознаки Y_k ;

$PD_i(Y_k)$ – ймовірність наявності ознаки Y_k ;

N – кількість досліджуваних авто;

N_i – кількість автомобілів з діагнозом D_i ;

$P'(D_k)$ і $P(D_k)$ – нове і попереднє значення ймовірності діагнозу D_k ;

N_k – кількість автомобілів з діагнозом D_k ;

$P_{Dk}(Y_j)$ і $P_{Dk}(Y_j)$ – нове і попереднє значення ймовірності спостереження параметра Y_j при діагнозі D ;

n_k – кількість об'єктів, у яких спостерігається ознака Y_j ;

N_k – загальна кількість об'єктів, для яких розраховується ймовірність появи ознаки;

$P_{Di}(Y_1)$ – ймовірність спостереження першого параметра;

$P_{Di}(Y_1/Y_{12})$ – ймовірність спостереження другого параметра за умови;

x, μ_y – середні значення випадкових величин x та y ;

σ_x, σ_y – середні квадратичні відхилення цих величин;

$m_{xy} = \sum (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y)/N$ – кореляційний момент.