

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 Ford Transit з дослідженням динаміки зміни навантаження на
ресорі в підвісці ТЗ.**

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

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Сергій СВЕРГУН
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник Тетяна НАВРОЦЬКА
(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

Наукові дослідження – 1 аркуш формату А1.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 14.11.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Сергій СВЕРГУН

(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Тетяна НАВРОЦЬКА

(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи магістра на тему:

«Проект автотранспортного підприємства для виконання технічного обслуговування та ремонту підвіски та рульового керування автомобілів Ford Transit з дослідженням динаміки зміни навантаження на ресорі в підвісці ТЗ»

студент групи МАм-62 ТНТУ імені Івана Пулюя

Свергуна Сергія Володимировича

Керівник роботи – канд. техн. наук, ст. виклд. Навроцька Т.Д.

Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки: 81 арк. формату А4, графічної частини: 10 аркушів формату А1 та додатків.

В пояснювальній записці приводяться необхідні розрахунки, вона містить усі необхідні розділи і повністю відповідає завданню та встановленим вимогам, Також оформлена графічна частина до кваліфікаційної роботи.

У ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНОМУ РОЗДІЛІ надано комплексну характеристику АТП, проведено аналіз матеріально-технічної бази, інфраструктури та екологічної безпеки підприємства. Обґрунтовано необхідність проекту реконструкції АТП для спеціалізації на обслуговуванні малотоннажних автомобілів Ford Transit. Розглянуто будову та принцип роботи передньої та задньої підвісок, а також системи рульового керування досліджуваних автомобілів. Проведено аналіз типових несправностей цих систем та визначено сучасні методи їх діагностики й усунення.

У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ РОЗДІЛІ розроблено організаційну структуру технічної служби АТП та схему технологічного процесу технічного обслуговування і ремонту. Описано регламентні роботи з технічного обслуговування підвіски та рульового керування. Здійснено розрахунок економічної ефективності від реалізації проектних заходів, що підтверджує доцільність впровадження нових технологій.

У КОНСТРУКТОРСЬКОМУ РОЗДІЛІ проведено аналіз існуючих конструкцій гаражного обладнання та запропоновано конструкцію модернізованого підйомника для полегшення робіт з підвіскою ТЗ. Виконано технологічні розрахунки зусиль для підйому та розрахунки на міцність основних складальних одиниць підйомника, що гарантує його надійність у роботі.

У НАУКОВО-ДОСЛІДНОМУ РОЗДІЛІ проведено дослідження динаміки зміни навантаження на ресорі в підвісці транспортного засобу. Встановлено закономірності розподілу напружень у пружних елементах залежно від режимів експлуатації ТЗ, що дозволяє прогнозувати ресурс деталей підвіски Ford Transit.

У РОЗДІЛІ ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ надано характеристику дільниці щодо небезпечності виконуваних робіт. Розроблено технічні заходи для забезпечення безпеки праці під час обслуговування підвіски та рульового керування, а також сформульовано загальні вимоги з техніки безпеки на дільниці.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНО ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	
1.1. Загальна характеристика АТП.....	8
1.1.1 Аналіз підприємства	8
1.1.2 Режим роботи та організація виробництва	9
1.1.3 Матеріально-технічна база та інфраструктура	10
1.1.4 Енергозабезпечення та екологічна безпека.....	10
1.1.5 Розташування та логістичний потенціал.....	10
1.2. Обґрунтування проекту реконструкції АТП	11
1.3 Загальна характеристика та принцип роботи основних систем Ford Transit	12
1.3.1 Передня підвіска	12
1.3.2 Задня підвіска	16
1.3.3 Рульове керування	22
1.4 Аналіз несправностей, методи діагностики та усунення	32
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
2.1 Організаційна структура технічної служби АТП	35
2.2. Технологічний процес технічного обслуговування та ремонту.....	37
2.3 Технічне обслуговування автомобіля	38
2.4. Розрахунок економічної ефективності від реалізації заходів, передбачених проектом	41
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Аналіз існуючих конструкцій	44
3.2 Конструкція та принцип роботи модернізованого підйомника.....	45
3.3 Технологічні розрахунки.....	50
3.3.1 Визначення стану, необхідного для підйому візка.....	50

3.4 Розрахунки на міцність.....	53
3.4.1 Розрахунки на міцність основних складальних одиниць.....	53
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	
4.1. Дослідження динаміки зміни навантаження на ресорі в підвісці ТЗ	55
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
5.1 Характеристика ділянки щодо небезпечності роботи	70
5.2 Технічні заходи, передбачені в проекті для безпеки праці	71
5.3 Заходи з техніки безпеки на ділянці	75
ВИСНОВКИ.....	78
БІБЛІОГРАФІЯ.....	80
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Сучасний розвиток транспортної галузі та зростання обсягів вантажних перевезень висувають підвищені вимоги до експлуатаційної надійності малотоннажного комерційного транспорту, яскравим представником якого є автомобілі Ford Transit. Ефективність функціонування логістичних систем безпосередньо залежить від технічного стану рухомого складу, де особливу роль відіграють системи підвіски та рульового керування, що відповідають за безпеку руху, керованість та збереження вантажів.

Постійна експлуатація автомобілів у складних дорожніх умовах, що часто супроводжується динамічними перевантаженнями, призводить до прискореного зносу пружних елементів та вузлів керування. У зв'язку з цим виникає гостра потреба у створенні сучасних проектів автотранспортних підприємств, які мають раціональну структуру управління та оптимізовані площі виробничих зон для якісного технічного обслуговування. Проектування таких об'єктів вимагає точного розрахунку виробничої програми, чисельності персоналу та вибору спеціалізованого обладнання, що дозволяє мінімізувати простой техніки та підвищити її коефіцієнт технічної готовності.

Окрім організаційних та технологічних аспектів, важливе значення має наукове обґрунтування процесів, що відбуваються в конструкції автомобіля. Особливої уваги заслуговує дослідження динаміки навантаження на листові ресори. Розуміння пружних характеристик у місцях жорсткої фіксації ресори стременими дозволяє не лише вдосконалити технологію ремонту, а й більш точно прогнозувати залишковий ресурс деталей підвіски. Комплексний підхід, що поєднує інженерне проектування виробничої бази з науковим аналізом роботи ключових вузлів, є запорукою успішного функціонування транспортного підприємства в умовах конкурентного ринку.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Загальна характеристика АТП

1.1.1 Аналіз підприємства

Сучасний етап розвитку ринку транспортних послуг в Україні вимагає від вантажних АТП високої гнучкості та технічної готовності рухомого складу. Об'єктом проектування є автотранспортне підприємство, що спеціалізується на здійсненні внутрішніх та міжнародних перевезень вантажів. Основним завданням технічної служби підприємства є забезпечення безперебійної роботи парку автомобілів шляхом своєчасного проведення технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР).

Управління технічною службою базується на лінійно-функціональній структурі. Начальник підприємства здійснює загальне керівництво, тоді як заступник начальника з технічних питань (головний інженер) безпосередньо відповідає за стан виробничої бази та організацію ремонтних робіт. Взаємодія між інженером-механіком та спеціалізованими бригадами (ТО-1, ТО-2, ПР) дозволяє оперативно реагувати на виникнення технічних несправностей та дотримуватися графіків планово-запобіжних робіт.

Для ефективного планування виробничих потужностей нижче наведено структуру оновленого рухомого складу підприємства, що включає сучасні моделі техніки, зокрема основний об'єкт дослідження — Ford Transit.

Таблиця 1.1 — Характеристика рухомого складу підприємства

<i>Марка та модель автомобіля</i>	<i>Тип рухомого складу</i>	<i>Кількість одиниць</i>	<i>Призначення</i>
Ford Transit (V363)	Малотоннажний фургон	12	Міська розвозка, логістика "останньої милі"
Renault Master IV	Малотоннажний фургон	8	Експрес-доставка малогабаритних вантажів
Mercedes-Benz	Вантажний фургон	10	Перевезення товарів

<i>Марка та модель автомобіля</i>	<i>Тип рухомого складу</i>	<i>Кількість одиниць</i>	<i>Призначення</i>
Sprinter			широкого вжитку
MAN TGL 12.250	Середньотоннажна вантажівка	5	Регіональні перевезення
Scania R450 (Euro 6)	Магістральний тягач	15	Міжнародні та міжміські перевезення

Аналіз структури парку свідчить про переважання комерційної техніки малої та середньої вантажопідйомності, що вимагає особливої уваги до стану підвіски та рульового керування через інтенсивну експлуатацію в міських умовах. Це обґрунтовує необхідність створення спеціалізованої дільниці з обслуговування ходової частини, обладнаної сучасними засобами діагностики та ремонту.

Виробнича база підприємства включає зони ТО та ПР, агрегатну дільницю та складські приміщення, загальна площа яких розрахована на забезпечення річної програми обслуговування згідно з нормативами.

1.1.2 Режим роботи та організація виробництва

Для забезпечення високого коефіцієнта випуску автомобілів на лінію, підприємство працює за змішаним графіком:

- Виробничі зони (ТО та ПР): працюють у дві зміни (по 8 годин) з 08:00 до 23:00, що дозволяє проводити обслуговування автомобілів у вечірній час після повернення з рейсів.
- Адміністративний персонал: працює в одну зміну за п'ятиденним робочим тижнем.
- Рухомий склад: експлуатується переважно за 1,5-змінним графіком, що є оптимальним для міських перевезень на автомобілях Ford Transit та регіональної логістики на тягачах Scania.

1.1.3 Матеріально-технічна база та інфраструктура

Виробнича структура підприємства організована за територіальним принципом і включає:

- Контрольно-технічний пункт (КТП): де проводиться перевірка комплектності та технічного стану автомобілів при виїзді та поверненні.
- Зони зберігання: відкриті майданчики з асфальтобетонним покриттям для великогабаритних вантажівок та криті стоянки для малотоннажних автомобілів Ford Transit.
- Мийний комплекс: обладнаний системою оборотного водопостачання для очищення кузовів та шасі перед заїздом у ремонтну зону.

1.1.4 Енергозабезпечення та екологічна безпека

Енергопостачання здійснюється від міської мережі з наявністю резервного дизель-генератора для підтримки роботи діагностичних стендів.

Теплопостачання відбувається використанням власної котельні, що працює на природному газі, забезпечує підтримання температури у виробничих приміщеннях не нижче +16°C.

Екологія на підприємстві: впроваджено систему збору відпрацьованих мастил та зношених шин для подальшої утилізації, що відповідає вимогам природоохоронного законодавства.

1.1.5 Розташування та логістичний потенціал

Підприємство розташоване поблизу магістральних шляхів, що забезпечує зручний під'їзд для магістральних тягачів Scania та MAN. Територія АТП загальною площею 2,0 га дозволяє розмістити всі необхідні будівлі з урахуванням нормативних протипожежних розривів та радіусів повороту для довгомірного транспорту.

1.2. Обґрунтування проекту реконструкції АТП

Необхідність реконструкції діючого підприємства та впровадження спеціалізованої дільниці для ремонту підвіски та рульового керування автомобілів Ford Transit обумовлена низкою технічних та організаційних чинників.

Сучасні моделі Ford Transit (особливо покоління V363) оснащені складними системами підвіски з використанням стійок типу McPherson та систем рульового керування з електропідсилювачами (EPAS). Існуюча універсальна база АТП, розрахована на обслуговування великовагових вантажівок, не має специфічного обладнання для:

- точного діагностування люфтів у шарових опорах та сайлентблоках малотоннажних автомобілів.
- виконання демонтажно-монтажних робіт із пружинними підвісками, що потребують спеціалізованих знімачів.
- перевірки та налаштування параметрів рульової рейки після заміни компонентів.

Аналіз експлуатації парку Ford Transit показав, що ресорні пакети задньої підвіски часто зазнають передчасного руйнування через динамічні перевантаження. Реконструкція передбачає впровадження контрольно-випробувального стенда, який дозволить:

1. Проводити дослідження динаміки зміни навантаження на ресорі безпосередньо в умовах підприємства.
2. Визначати закономірності прогину ресори в місцях защемлення стременими.
3. Виконувати превентивну заміну окремих листів ресори замість дорогої заміни всього пакета.

Згідно з розрахунками виробничої програми, поточна структура зон ПР не забезпечує необхідної пропускної здатності для 12 одиниць Ford Transit. Проект реконструкції передбачає перепланування існуючих площ (697 м²) для виділення окремих постів, оснащених двостійковими підйомниками вантажопідйомністю до 5 тонн.

Впровадження спеціалізованого ремонту ходової частини та рульового керування в межах власного АТП дозволить:

- знизити витрати на оплату послуг сторонніх СТО (аутсорсингу) на 25-30%.
- скоротити час простою автомобілів в очікуванні ремонту за рахунок наявності власного обмінного фонду відновлених вузлів.
- підвищити безпеку експлуатації, мінімізуючи ризик відмов рульового керування під час рейсів.

Реконструкція АТП є технічно виправданою та економічно доцільною. Вона дозволить трансформувати універсальне підприємство у високотехнологічний комплекс, здатний підтримувати високий коефіцієнт технічної готовності сучасного парку комерційних автомобілів.

1.3 Загальна характеристика та принцип роботи основних систем Ford Transit

Конструкція ходової частини та системи керування автомобілів Ford Transit розроблена з урахуванням високих динамічних навантажень, характерних для комерційної експлуатації.

1.3.1 Передня підвіска

На автомобілях Ford Transit застосовується незалежна передня підвіска типу McPherson.

Принцип роботи: При наїзді на перешкоду колесо переміщується вертикально вздовж осі амортизаційної стійки. Пружина стискається, акумулюючи енергію удару, а телескопічний гідравлічний амортизатор гасить коливання, перетворюючи кінетичну енергію на теплову.

Роль підрамника: Нижній важіль кріпиться до потужного сталевого підрамника через сайлентблоки, які мають різну жорсткість у поздовжньому та поперечному напрямках. Це дозволяє «ізолювати» кузов від дрібних вібрацій дороги.

Особливості конструкції: Посилений поворотний кулак, він

виготовляється з високоміцного чавуну або сталі для витримування навантажень до 1750 кг і більше на передню вісь.

Геометрія анти-клевка: Важелі розташовані під певним кутом, що мінімізує «присідання» передньої частини автомобіля під час інтенсивного гальмування.

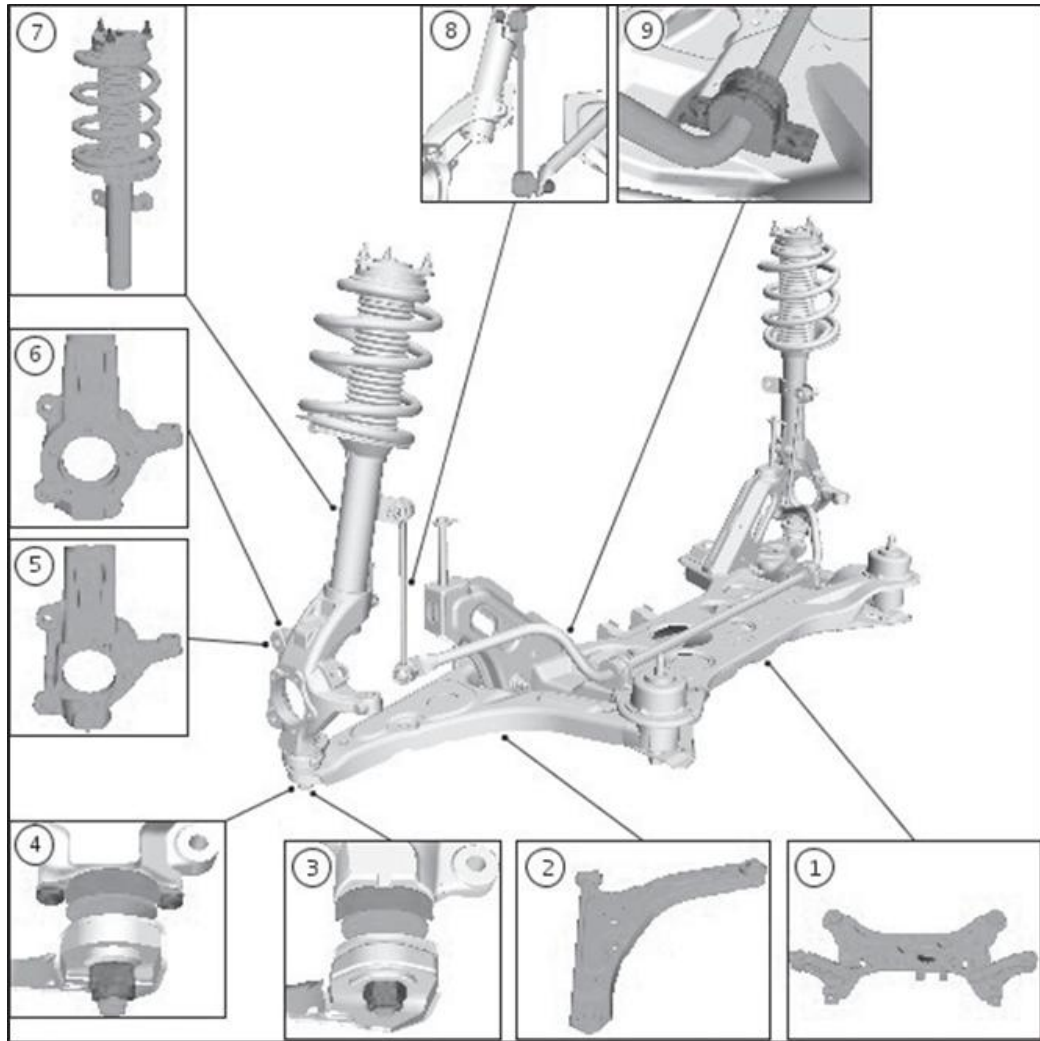


Рисунок 1.1- Загальний вигляд передньої підвіски

1 - Передній підрамник; 2- Нижній важіль підвіски; 3/4 - Кульова опора нижнього важеля (моделі з максимальним навантаженням на передню вісь до/понад 1750 кг); 5/6 - Поворотний кулак (моделі з максимальним навантаженням на передню вісь до/понад 1750 кг); 7 - Амортизаційна стійка підвіски у зборі; 8 - Сійка стабілізатора; 9 - Стабілізатор поперечної стійкості з втулкою та хомутом кріплення

Таблиця 1.2 - Принцип дії компонентів передньої підвіски

№	Компоненти	Принцип дії та функціональне призначення
1	Передній підрамник	Служить силовою основою всієї передньої частини автомобіля. Він жорстко або через віброізолятори кріпиться до кузова, сприймаючи навантаження від двигуна, трансмісії та важелів підвіски, забезпечуючи структурну цілісність.
2	Нижній важіль підвіски	Визначає траєкторію руху колеса у вертикальній площині. Він з'єднує підрамник із поворотним кулаком, сприймаючи поздовжні та поперечні зусилля, що виникають при розгоні, гальмуванні та маневруванні.
3/4	Кульова опора	Виконує роль рухомого шарніра, який дозволяє поворотному кулаку вільно обертатися навколо своєї осі при повороті керма і одночасно переміщатися вгору-вниз при спрацюванні підвіски.
5/6	Поворотний кулак	Є центральним вузлом, на якому монтується маточина колеса, гальмівний супорт та кріпиться рульова тяга. Він передає зусилля від рульового механізму безпосередньо на колеса для зміни напрямку руху.
7	Амортизаційна стійка у зборі	Поєднує в собі пружний елемент (пружину) та гасник коливань (амортизатор). Пружина підтримує вагу кузова, а амортизатор контролює швидкість стиснення та відбою, забезпечуючи постійний контакт колеса з дорогою.
8	Стійка стабілізатора	Передає зусилля від важелів або стійок підвіски на торсіонний вал стабілізатора. Вона забезпечує рухливе з'єднання, що необхідно для коректної роботи системи при односторонніх ходах підвіски.
9	Стабілізатор поперечної стійкості	Працює на скручування (як торсіон). При нахилі кузова в повороті він переносить частину навантаження з одного боку на інший, перешкоджаючи надмірному крену та підвищуючи стійкість автомобіля.

Додаткові особливості експлуатації

Вплив навантаження: Для Ford Transit критично важливим є розмежування деталей за навантаженням (до/понад 1750 кг), оскільки компоненти для важких версій мають більший запас міцності та змінені характеристики жорсткості сайлентблоків.

Взаємодія з рульовим керуванням: Стан кульових опор (поз. 3/4) та стійок (поз. 7) безпосередньо впливає на точність роботи електричного підсилювача керма (EPAS), оскільки будь-які люфти в цих вузлах створюють паразитні вібрації, які електроніка намагається компенсувати.

Особливості передньої підвіски Ford Transit

Конструктивна адаптивність під навантаження: Передня підвіска типу McPherson має два основні варіанти виконання залежно від вантажопідйомності: для навантаження на вісь до 1750 кг та понад 1750 кг (версії HD - Heavy Duty). Основна відмінність полягає у збільшеному діаметрі штока амортизатора, посилених поворотних кулаках та більшому розмірі підшипників маточини.

Використання ізолюваного підрамника: Всі компоненти передньої підвіски та рульового механізму кріпляться до масивного підрамника, який, у свою чергу, з'єднаний з кузовом через спеціальні гумово-металеві опори (сайлентблоки). Це забезпечує «акустичний комфорт», гасячи вібрації від дороги, але створює додаткову точку контролю при діагностиці — знос опор підрамника призводить до порушення кутів встановлення коліс.

Геометрія для стабільності комерційного ТЗ: Передня підвіска спроектована з великим позитивним кутом кастору (поздовжній нахил осі повороту). Це забезпечує ефект «самоповернення» керма в центральне положення та стабільність руху на високих швидкостях, що є критичним для фургонів із великою парусністю.

Специфіка обслуговування кульових опор: У моделях Ford Transit кульові опори є окремими змінними елементами (кріпляться до важеля болтами), що значно спрощує та здешевлює ремонт. Проте через інтенсивні удари від нерівностей доріг саме кульові опори та стійки стабілізатора є «розхідними» матеріалами, які потребують заміни кожні 40-60 тис. км.

Інтеграція з електричним підсилювачем (EPAS): Оскільки рульова рейка кріпиться безпосередньо до підрамника поруч із важелями, будь-який знос сайлентблоків передньої підвіски сприймається датчиками EPAS як «зовнішній вплив». Це може призводити до помилкових мікрокорекцій підсилювача, що водій відчуває як «плавання» автомобіля по дорозі.

Ресурс амортизаційних стійок: Через високу вагу двигуна (особливо дизельних версій 2.0 EcoBlue) амортизатори працюють із великим тепловим навантаженням. Особливістю є те, що при зносі амортизатора автомобіль починає «клевати» носом при гальмуванні, що суттєво збільшує навантаження на передні гальмівні диски та прискорює їх знос.

1.3.2 Задня підвіска

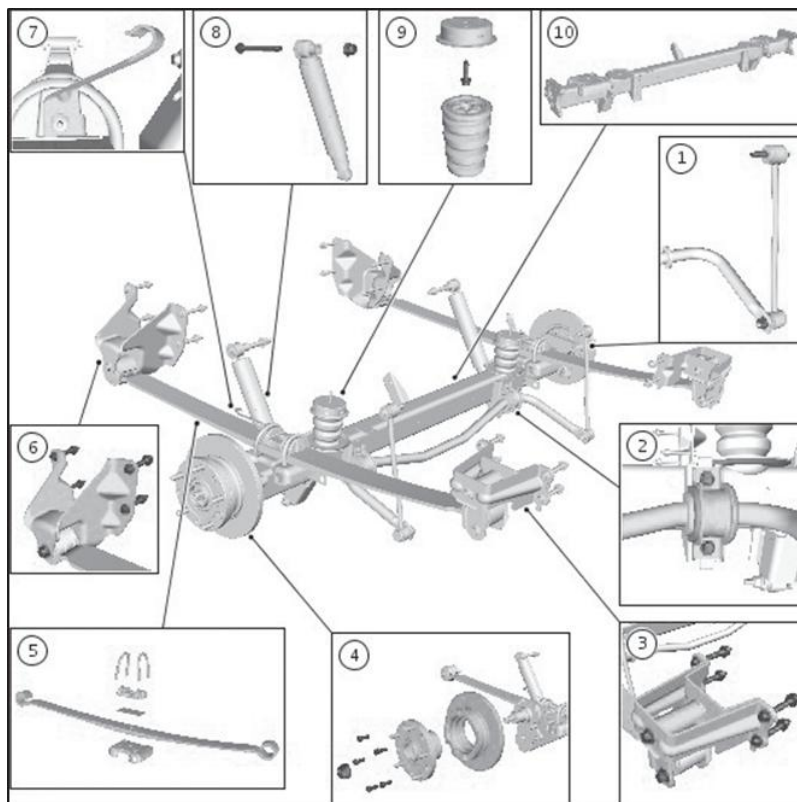
Задня підвіска Ford Transit — це класична залежна схема на поздовжніх напівеліптичних ресорах, що є еталоном для комерційного транспорту.

Принцип роботи: Ресора працює як пружний елемент, що сприймає вертикальні навантаження, та як напрямний апарат, що утримує задній міст від зміщення. При збільшенні ваги вантажу листи ресори випрямляються, збільшуючи загальну жорсткість вузла.

Особливості кріплення (Стремена): Важливою особливістю є жорстке защемлення ресори стременими (U-подібними болтами) посередині пакету. Це створює зону «мертвої фіксації», яка безпосередньо впливає на динаміку прогину вільних кінців ресори.

Прогресивна жорсткість: У багатьох модифікаціях застосовуються «підресорники» (додаткові листи), які вступають у роботу лише при значному завантаженні, забезпечуючи плавність ходу порожнього фургона та стійкість завантаженого.

Моделі «Шасі» (Chassis Cab) автомобіля Ford Transit мають суттєві відмінності в конструкції та експлуатації задньої підвіски порівняно з фургонами, оскільки вони призначені для встановлення важких надбудов (бортових платформ, фургонів-рефрижераторів, маніпуляторів) і роботи з постійним високим навантаженням.



- 1 - Стійка стабілізатора (за наявності);
- 2 - Стабілізатор поперечної стійкості з втулкою та хомутом кріплення (за наявності);
- 3 - Задній кронштейн та серга ресори;
- 4 - Ступиця колеса;
- 5 - Ресора, стремена та напрямна пластина;
- 6 - Передній кронштейн кріплення ресори;
- 7 - Кронштейн регулятора гальмівних зусиль (за наявності);
- 8 - Амортизатор;
- 9 - Буфер ходу стиснення (відбійник);
- 10 - Балка заднього моста

Рисунок 1.2 - Задня підвіска моделей «Шасі»:

Таблиця 1.3 - Принцип дії компонентів задньої підвіски моделей «Шасі»

№	Компоненти	Принцип дії та функціональне призначення
1	Стійка стабілізатора	Передає зусилля від балки моста до штанги стабілізатора під час кренів кузова. Вона забезпечує рухоме з'єднання, дозволяючи підвісці вільно працювати вертикально, але обмежуючи розбіжність рівнів лівого та правого коліс.
2	Стабілізатор поперечної стійкості	Працює як торсіон (пружина, що скручується). При нахилі автомобіля в повороті стабілізатор переносить частину навантаження з «навантаженого» боку на «розвантажений», вирівнюючи положення кузова щодо дороги.
3	Задній кронштейн та серга ресори	Оскільки при прогині ресора подовжується, серга виконує роль рухомого важеля, який дозволяє задньому кінцю ресори вільно переміщатися вздовж поздовжньої осі. Це запобігає заклинюванню підвіски та забезпечує її м'якість.
4	Ступиця (маточина) колеса	Забезпечує вільне обертання колеса на осі через підшипниковий вузол. Вона сприймає всі радіальні та осьові навантаження, що передаються від коліс на міст під час руху та поворотів.
5	Ресора,	Ресора сприймає вагу автомобіля та гасить удари. Стремена (U-

<i>№</i>	<i>Компоненти</i>	<i>Принцип дії та функціональне призначення</i>
	стремена та напрямна пластина	болти) жорстко притискають пакет ресор до балки моста, створюючи надійне з'єднання. Напрямна пластина забезпечує правильне центрування листів та захищає їх від зміщення.
6	Передній кронштейн кріплення ресори	Є головною опорною точкою, через яку передаються штовхальні зусилля від коліс на раму автомобіля під час розгону та гальмівні зусилля — під час зупинки. Тут зазвичай встановлено сайлентблок для гасіння дрібних вібрацій.
7	Кронштейн регулятора гальмівних зусиль	Передає інформацію про поточний прогин підвіски (ступінь завантаження) на клапан регулятора («чаклун»). Чим сильніше стиснута ресора, тим більший тиск гальмівної рідини подається на задні гальма.
8	Амортизатор	Перетворює кінетичну енергію коливань ресори в теплову шляхом перетікання масла через систему клапанів. Він перешкоджає тривалому розгойдуванню автомобіля після наїзду на нерівність, забезпечуючи стабільний контакт колеса з покриттям.
9	Буфер ходу стиснення (відбійник)	Виготовлений з еластичного полімеру або гуми. Його завдання — обмежити максимальний прогин ресори при екстремальному навантаженні або сильному ударі, захищаючи металеві деталі підвіски та раму від прямого зіткнення.
10	Балка заднього моста	Силовий елемент, що об'єднує праву та ліву маточини. Вона сприймає реактивний момент від коліс, утримує масло для змащення диференціала (у задньопривідних версіях) та є платформою для кріплення всіх елементів підвіски.

Специфічні особливості підвіски моделей «Шасі»:

Посилений пакет ресор: На відміну від мікроавтобусів, моделі «Шасі» майже завжди оснащуються багатолистовими ресорами з виокремленим потужним підресорником. Це дозволяє автомобілю зберігати стабільність при перевезенні вантажів із високим центром мас (наприклад, у тентованих фургоні).

Обов'язкова наявність стабілізатора поперечної стійкості: Оскільки надбудови на шасі часто виходять за межі габаритів кабіни за шириною та висотою, задня підвіска обов'язково комплектується потужним стабілізатором. Це критично важливо для зменшення небезпечних кренів кузова при маневруванні на трасі.

Жорсткість заземлення в умовах вібрацій: У моделях «Шасі» через довгу раму виникають додаткові крутильні коливання. Це підвищує вимоги до надійності заземлення ресори стременими. Послаблення стремених на шасі призводить не лише до поломки ресор, а й до порушення геометрії заднього моста, що спричиняє швидкий знос шин.

Специфіка роботи амортизаторів: На шасі амортизатори часто мають інші характеристики демпфування (більш жорсткі на відбій), щоб ефективно гасити розгойдування важких надбудов, які мають велику парусність.

Кріплення ресори до рами: Використовуються посилені передні кронштейни та масивні сержки (сережки), оскільки вони передають великі штовхальні зусилля від коліс безпосередньо на лонжерони рами під час розгону повністю завантаженого автомобіля.

Регулятор гальмівних зусиль: На моделях «Шасі» цей вузол має довший хід важеля, оскільки амплітуда прогину підсиленних ресор від порожнього до максимально завантаженого стану є значно більшою, ніж у пасажирських версіях.



Рисунок 1.3 - Задня підвіска модифікацій Фургон та Мікроавтобус

Таблиця 1.4 - Принцип дії компонентів задньої підвіски модифікацій
Фургон та Мікроавтобус

№	Компонент	Принцип дії
1	Балка моста	Сприймає реактивні моменти, що виникають при розгоні та гальмуванні, передаючи їх через ресори на кузов автомобіля.
2	Буфер ходу стиснення	Працює як додатковий пружний елемент наприкінці ходу стиснення підвіски, поглинаючи енергію удару та захищаючи деталі від руйнування.
3	Серга ресори	Завдяки шарнірному з'єднанню дозволяє задньому вушку ресори переміщатися назад при випрямленні листів під навантаженням, забезпечуючи плавність роботи.
4	Ресора та стремена	Ресора сприймає вертикальне навантаження та перетворює його на деформацію листів. Стремена забезпечують жорстке защемлення пакету в центральній частині, визначаючи пружну характеристику вузла.
5	Ступиця колеса	Сприймає радіальні та осьові зусилля під час руху та маневрування, забезпечуючи стабільне положення колеса відносно балки моста.
6	Кронштейн регулятора	Передає зміну відстані між балкою та кузовом на регулятор гальм, що дозволяє уникнути блокування задніх коліс порожнього автомобіля.
7	Амортизатор	Створює опір перетіканню робочої рідини (масла) через клапани, що призводить до швидкого затухання коливань ресор після проїзду нерівностей.

Для модифікацій «Фургон» та «Мікроавтобус» автомобіля Ford Transit задня підвіска має низку специфічних конструктивних та експлуатаційних особливостей, що зумовлені характером перевезень (високий центр ваги, змінна кількість пасажирів або вантажу).

Особливості конструкції та експлуатації задньої підвіски (Фургон/Мікроавтобус):

Система прогресивної жорсткості (Підресорники): У фургонах та мікроавтобусах часто застосовуються ресори з додатковим листом, який вступає в роботу лише при значному завантаженні кузова.

Це дозволяє підтримувати високий рівень комфорту при низькому навантаженні та забезпечувати необхідну жорсткість для запобігання «просіданню» при повному завантаженні.

Динамічна стійкість (Крени кузова): Фургони та мікроавтобуси мають значну висоту, що створює високий центр ваги та призводить до великих бічних зусиль у поворотах. Через це задня підвіска піддається інтенсивному навантаженню на втулки сережок та сайлентблоки, що потребує регулярного контролю їх стану.

Вплив защемлення ресори: Стабільність пружної характеристики ресори в цих моделях критично залежить від надійності фіксації пакета ресор стременими до балки моста. Навіть незначне послаблення стремени призводить до зміни геометрії підвіски та передчасного втомного руйнування центральної частини ресорних листів у зоні отвору.

Механізм корекції гальмівних зусиль: Обов'язковою особливістю є наявність кронштейна, що з'єднує балку моста з регулятором тиску в гальмівній системі. При завантаженні фургона відстань між балкою та кузовом зменшується, кронштейн переміщує клапан, і тиск у задніх гальмах зростає для забезпечення ефективного сповільнення важкого автомобіля.

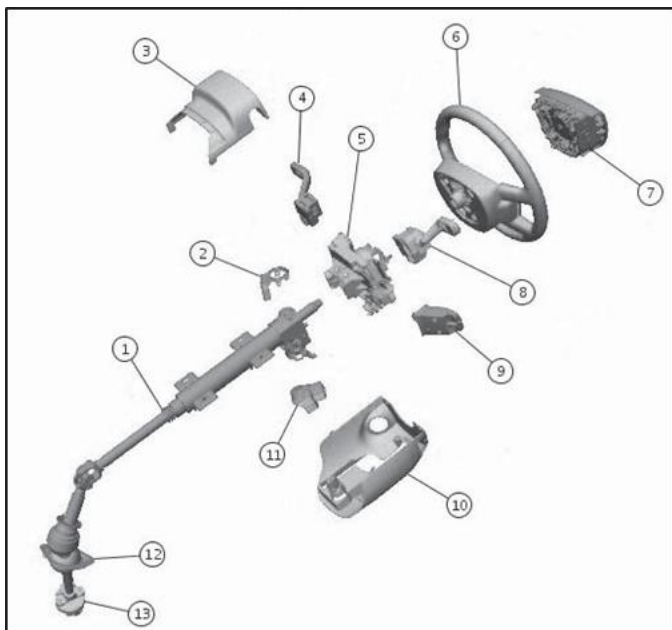
Знос елементів сережки: У міських умовах експлуатації (часті маневри, переїзди через перешкоди) сережка ресори працює з великою амплітудою. Це зумовлює підвищений знос пальців та втулок сережки, що проявляється характерним металевим постукуванням у задній частині автомобіля.

Захист від ударів (Буфер стиснення): Оскільки мікроавтобуси часто експлуатуються на нерівному покритті, роль буфера ходу стиснення (відбійника) є вирішальною для захисту кузова від жорстких ударів при повному прогині ресори.

1.3.3 Рульове керування

Система рульового керування Ford Transit складається з трьох основних блоків: рульової колонки, системи підсилення (ГУР або EPAS) та рульового механізму з приводом.

1. Деталі рульової колонки - це механізм, що передає зусилля від водія до рульового вала. Рульове колесо оснащено подушкою безпеки та кнопками керування мультимедіа. Вал рульової колонки має телескопічну конструкцію для регулювання вильоту та поглинання енергії при ДТП. Карданні шарніри (еластичні муфти) компенсують кут нахилу між колонкою та рульовим механізмом. Механізм регулювання дозволяє водію змінювати висоту та виліт керма.



- 1 - Рульова колонка;
- 2 - Приймально-передавач
імобілайзера;
- 3 - Верхній кожух колонки;
- 4 - Правий підрульовий перемикач;
- 5 - Спиральна пружина з датчиком
кута повороту;
- 6 - Рульове колесо (кермо);
- 7 - Модуль подушки безпеки водія;
- 8 - Лівий підрульовий перемикач;
- 9 - Перемикач ДК аудіосистеми;
- 10 - Нижній кожух колонки;
- 11 - Замок запалювання;
- 12 - Нижній підшипник колонки;
- 13 - Шарнірна муфта (кардан)

Рисунок 1.4 – Деталі рульової колонки:

Таблиця 1.5 - Склад та принцип дії компонентів рульової колонки

№	Назва компонента	Принцип дії та функціональне призначення
1	Рульова колонка	Основний корпусний елемент, що утримує рульовий вал. Забезпечує можливість регулювання положення керма та поглинає енергію удару при зіткненні завдяки телескопічній конструкції.
2	Приймально-передавач іммобілайзера	Антенa, що зчитує код із чіпа в ключі запалювання. Передає сигнал блоку керування двигуном (ECU) для дозволу запуску, забезпечуючи захист від угону.
3	Верхній кожух колонки	Захисний пластиковий елемент, що закриває внутрішні механізми та проводку від зовнішнього впливу та забезпечує естетичний вигляд інтер'єру.
4	Правий підрульовий перемикач	Механічний важіль, що замикає контакти для керування склоочисниками та омивачами (переднім та заднім), а також бортовим комп'ютером.
5	Спіральна пружина з датчиком кута повороту	Забезпечує електричне з'єднання між рухомим кермом та нерухомою колонкою (для подушки та кнопок). Датчик кута передає дані системі стабілізації (ESP) про напрямок руху.
6	Рульове колесо (кермо)	Головний орган керування, через який водій передає обертальний момент на рульовий вал. Служить базою для встановлення подушки безпеки та кнопок керування.
7	Модуль подушки безпеки водія	Пристрій пасивної безпеки. При сигналі від датчиків удару піропатрон миттєво наповнює оболонку газом, захищаючи водія від контакту з кермом.
8	Лівий підрульовий перемикач	Керує покажчиками повороту, перемиканням ближнього/дальнього світла фар та функцією звукового сигналу.
9	Перемикач ДК аудіосистеми	Блок кнопок на кермі для дистанційного керування гучністю, перемикання треків або станцій радіо, що дозволяє водію не відволікатися від дороги.
10	Нижній кожух колонки	Закриває нижню частину механізму, замок запалювання та проводку, захищаючи коліна водія від контакту з металевими деталями.
11	Замок запалювання	Механічний або електронний перемикач, що замикає електричні ланцюги живлення автомобіля, стартера та розблоковує механічний стопор рульового вала.
12	Нижній підшипник колонки	Опорний елемент, що забезпечує легке та плавне обертання рульового вала всередині колонки, мінімізуючи тертя та люфти.
13	Шарнірна муфта (кардан)	Передає обертання від вала колонки до рульового механізму під кутом. Дозволяє компенсувати вібрації та забезпечує травмобезпечність при деформації кузова.

Рульова колонка автомобіля Ford Transit має кілька специфічних конструктивних та експлуатаційних особливостей, які важливо врахувати в проекті реконструкції АТП та в науковому обґрунтуванні роботи.

1. Травмобезпечна конструкція (Телескопічність)

Головною особливістю є здатність колонки до програмованої деформації. У разі фронтального зіткнення вал не зміщується в салон назустріч водію, а складається «трубка в трубку» завдяки спеціальним фіксаторам. Це критично важливо для безпеки водія комерційного транспорту, де посадка є більш вертикальною, ніж у легкових авто.

2. Інтегрований датчик кута повороту (SAS)

У сучасних Ford Transit датчик кута повороту інтегрований у блок спіральної пружини (шлейфа).

Особливість: Дані з цього датчика використовуються одночасно системою стабілізації (ESP) та електричним підсилювачем (EPAS).

Експлуатаційний аспект: Після будь-якого ремонту підвіски (наприклад, заміни наконечників) або зняття самої колонки, обов'язковою є процедура «калібрування нульового положення» за допомогою діагностичного сканера. Без цього система ESP може працювати некоректно.

3. Енергопоглинальні муфти та шарніри

З'єднання колонки з рульовою рейкою здійснюється через двошарнірний проміжний вал.

Особливість: Шарніри захищені спеціальними пиловиками, але через близькість до педального вузла та вплив вологи з взуття водія, нижній карданчик часто піддається корозії.

Симптом: Це викликає «закушування» керма при обертанні, що часто помилково діагностують як несправність самої рульової рейки або насоса ГУР.

4. Блокування та іммобілізатор

У Ford Transit приймальна антена іммобілайзера розташована безпосередньо навколо замка запалювання на колонці.

Особливість: При механічному зносі підшипників колонки виникає вібрація, яка з часом може призвести до пошкодження контактної групи або

роз'єму антени, через що автомобіль перестає «бачити» ключ.

5. Еластичне кріплення до кузова

Колонка кріпиться до поперечної балки (торпеди) через спеціальні кронштейни з демпфуючими елементами.

Особливість: Це зроблено для того, щоб вібрації від дизельного двигуна та ударні навантаження від передньої підвіски McPherson не передавалися на руки водія. При великих пробігах ці кріплення можуть послаблюватися, викликаючи люфт усієї рульової колонки.

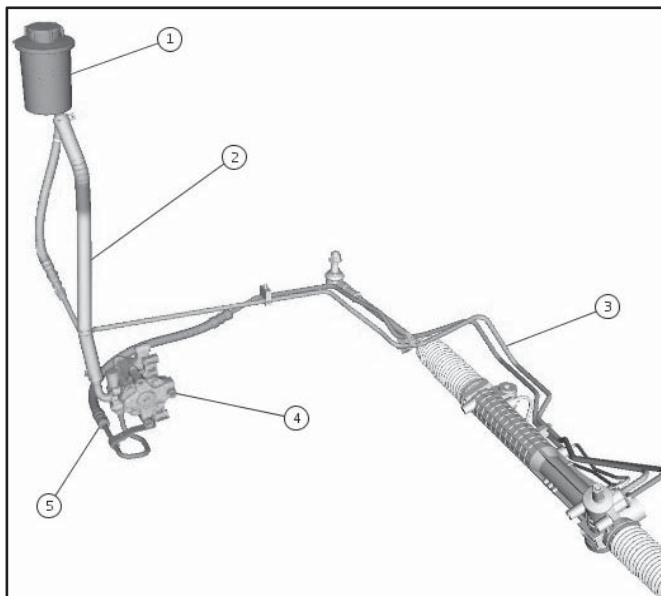
2. Деталі гідронідсилювача (ГУР) залежно від двигуна

Система ГУР забезпечує зниження зусилля на кермі за рахунок тиску робочої рідини. Основні відмінності полягають у приводі та компонованні насоса:

- Моделі 2.2 л (Duratorq TDCi): Насос ГУР зазвичай інтегрований із вакуумним насосом та приводиться в дію безпосередньо від розподільчого вала двигуна (або через окремий проміжний вал). Це компактне рішення, але воно потребує особливої уваги до герметичності з'єднань.

- Моделі 2.3 л (Duratorq TDCi): Насос ГУР має ремінний привід від колінчастого вала через допоміжний ремінь (FEAD). Резервуар для рідини часто винесений окремо на кронштейн двигуна.

- Моделі 2.4 л (Бензин/LPG): Конструкція схожа на 2.4 л (ремінний привід), але відрізняється конфігурацією магістралей високого тиску через інше розташування впускного колектора.



- 1 - Резервуар (бачок) рідини ГУР;
- 2 - Живильний шланг насоса ГУР;
- 3 - Зворотний шланг (магістраль «обратки»);
- 4 - Насос ГУР;
- 5 - Нагнітальний шланг (високого тиску);

Рисунок 1.5 - Компоненти системи гідропідсилювача керма (ГУР) для моделей Ford Transit з двигуном 2.2 л.

Таблиця 1.6 - Склад та принцип дії компонентів ГУР (моделі 2.2 л)

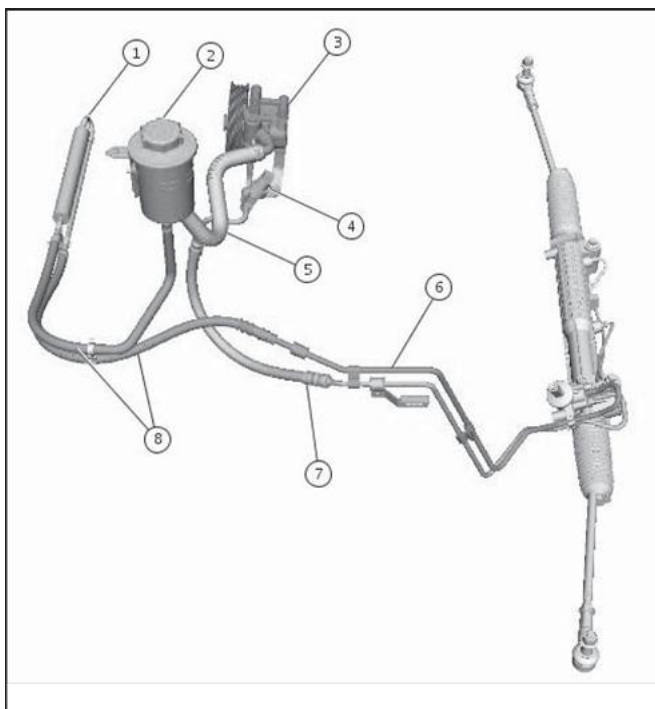
№	Назва компонента	Принцип дії та функціональне призначення
1	Резервуар (бачок) рідини ГУР	Містить запас робочої рідини, необхідної для роботи системи. Забезпечує компенсацію температурних розширень рідини та її відстоювання від бульбашок повітря. Оснащений фільтром для очищення масла.
2	Живильний шланг насоса ГУР	Шланг низького тиску, по якому робоча рідина самотією або під невеликим розрідженням надходить із резервуара до впускного патрубку насоса.
3	Зворотний шланг (магістраль «обратки»)	Повертає відпрацьовану рідину від рульової рейки назад у резервуар. У цій магістралі тиск низький, що дозволяє рідині охолоджуватися під час руху.
4	Насос ГУР	Створює необхідний робочий тиск у системі. У двигунах 2.2 л він перекачує рідину під високим тиском до рульового механізму, значно полегшуючи поворот коліс. Приводиться в дію від двигуна.
5	Нагнітальний шланг (високого тиску)	Армований трубопровід, який передає рідину під високим тиском від насоса до розподільника рульової рейки. Повинен витримувати значні пульсації тиску та вібрації двигуна.

Особливості для моделей 2.2 л:

1. Комбінований вузол: На багатьох модифікаціях двигуна 2.2 Duratorq насос ГУР встановлений «тандемом» із вакуумним насосом. Це означає, що при виході з ладу одного вузла (наприклад, протікання масла ГУР), це може вплинути на ефективність гальмівної системи.

2. Робоча рідина: У цих системах зазвичай використовується рідина стандарту WSS-M2C204-A2 (зелена синтетика). Використання невідповідного масла призводить до швидкого зносу сальників насоса.

3. Чутливість до повітря: Через довжину магістралей у Ford Transit, потрапляння повітря в живильний шланг (поз. 2) викликає кавітацію в насосі, що супроводжується характерним гулом і швидким руйнуванням лопатей насоса.



- 1 - Радіатор рідини ГУР;
- 2 - Резервуар (бачок) рідини ГУР;
- 3 - Насос ГУР;
- 4 - Датчик тиску рідини ГУР;
- 5 - Живильний шланг насоса ГУР;
- 6 - Нагнітальний шланг (високого тиску);
- 7 - Зворотний шланг рідини ГУР;
- 8 - Зворотні лінії моделей з радіатором

Рисунок 1.6 - Компоненти системи гідропідсилювача керма (ГУР) для моделей Ford Transit з двигуном 2.3 л.

Таблиця 1.7 - Склад та принцип дії компонентів ГУР (моделі 2.3 л)

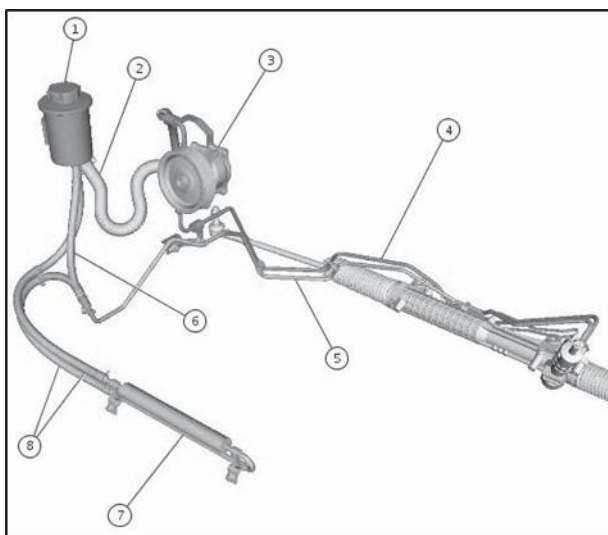
№	Назва компонента	Принцип дії та функціональне призначення
1	Радіатор рідини ГУР	Винесений теплообмінник (зазвичай перед основним радіатором), який охолоджує робочу рідину потоком зустрічного повітря. Запобігає перегріву масла при інтенсивному маневруванні важкого автомобіля.
2	Резервуар (бачок) рідини ГУР	Ємність для зберігання, фільтрації та відстоювання робочої рідини.
3	Насос ГУР	Лопатевий насос із ремінним приводом від колінчастого вала. Створює гідравлічний тиск, необхідний для роботи рульового механізму.
4	Датчик тиску рідини ГУР	Вимірює тиск у нагнітальній магістралі та передає сигнал на ЕБК двигуна. При великих навантаженнях (поворот керма на місці) система автоматично піднімає оберти двигуна, щоб він не заглох.
5	Живильний шланг насоса ГУР	Магістраль низького тиску, що сполучає бачок із всмоктувальним патрубком насоса.
6	Нагнітальний шланг (високого тиску)	Передає рідину під тиском (до 100 бар і більше) від насоса до рульової рейки.
7	Зворотний шланг рідини ГУР	Повертає відпрацьовану рідину від рейки безпосередньо в бачок (у моделях без радіатора) або до радіатора.
8	Зворотні лінії моделей з радіатором	Складна система трубок, яка спрямовує гарячу рідину від рейки спочатку в радіатор (поз. 1), а вже потім в охолоджену стані — назад у бачок.

Особливості для моделей 2.2 л:

1. Наявність охолодження: Бензинові двигуни 2.3 л працюють у більш високому температурному режимі, ніж дизельні, тому радіатор ГУР (поз. 1) тут є критично важливим. Його забруднення або пошкодження призводить до швидкого вигорання масла та виходу з ладу сальників рейки.

2. Інтеграція з ЕБК: На відміну від старих дизелів, тут є датчик тиску (поз. 4). Його несправність часто призводить до нестабільних обертів холостого ходу або зупинки двигуна при повному вивороті керма.

3. Специфіка магістралей: Зворотні лінії (поз. 8) на цих моделях мають більше металевих трубок, ніж гумових шлангів, для кращої тепловіддачі, що робить їх більш вразливими до корозії в умовах українських доріг (вплив реагентів).



- 1 - Резервуар (бачок) рідини ГУР;
- 2 - Живильна лінія насоса ГУР;
- 3 - Насос ГУР;
- 4 - Нагнітальна лінія (високого тиску);
- 5 - Зворотна лінія рідини ГУР;
- 6 - Радіатор рідини ГУР;
- 7 - Зворотні лінії (моделі з радіатором);

Рисунок 1.7 - Компоненти системи гідропідсилювача керма для моделей Ford Transit із двигуном 2.4 л (Duratorq TDCi)

Таблиця 1.8 - Склад та принцип дії компонентів ГУР (моделі 2.4 л)

№	Назва компонента	Принцип дії та функціональне призначення
1	Резервуар (бачок) рідини ГУР	Ємність для зберігання робочої рідини. Оснащена сітчастим фільтром та мітками для контролю рівня. Служить для деаерації (виведення повітря) з масла.
2	Живильна лінія насоса ГУР	Трубопровід низького тиску, що подає робочу рідину з бачка до вхідного отвору насоса.
3	Насос ГУР	Лопатевий насос, що приводиться в дію допоміжним ременем (FEAD) від колінчастого вала. Створює потік рідини під високим тиском.
4	Нагнітальна лінія (високого тиску)	Система металевих трубок та армованих шлангів, що передає масло під тиском від насоса до розподільника рульової рейки.
5	Зворотна лінія рідини ГУР	Магістраль, по якій відпрацьована рідина під низьким тиском повертається від рейки до бачка (у моделях без радіатора).
6	Радіатор рідини ГУР	Додатковий контур охолодження у вигляді вигнутої трубки або повноцінного теплообмінника, встановленого перед

№	Назва компонента	Принцип дії та функціональне призначення
		основним радіатором двигуна.
7	Зворотні лінії (моделі з радіатором)	Розгалужена система магістралей, яка направляє гарячу рідину через радіатор для зниження її температури перед поверненням у бачок.

Особливості моделей з двигуном 2.4 л:

1. Ремінний привід (FEAD): На відміну від моделей 2.2 л, де насос може бути на валу, тут він залежить від стану допоміжного ремня. Знос натяжного ролика або обгінної муфти генератора часто призводить до вібрацій, які передаються на насос ГУР, викликаючи гул або підтікання сальника.

2. Чутливість до «заповітрення»: У цих моделях живильна лінія (поз. 2) має значну довжину. Навіть мікротріщина на шлангу може спричинити підсмоктування повітря, що призводить до спінювання рідини в бачку та кавітаційного зносу дзеркала насоса.

3. Специфіка охолодження: На важких модифікаціях «Шасі» з двигуном 2.4 л радіатор (поз. 6) є обов'язковим. Його відсутність при постійній роботі з великим навантаженням призводить до перегріву масла (воно чорніє та набуває запаху гару), що руйнує тефлонові кільця всередині рульової рейки.

3. Деталі передачі обертання рульового вала до коліс

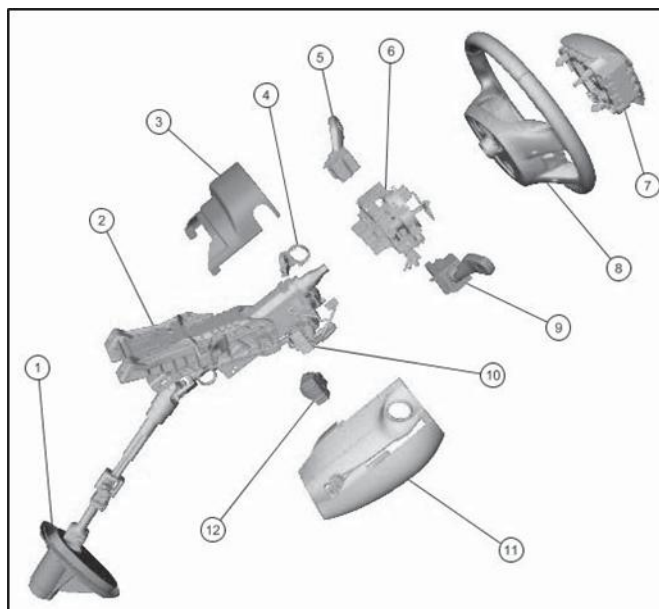
Цей блок перетворює обертальний рух вала у поступальний рух коліс.

Рульовий механізм (Рейка) містить пару «шестерня-рейка». Шестерня обертається валом, переміщуючи зубчасту рейку всередині корпусу.

Рульові тяги з'єднані з рейкою через кульові шарніри, закриті гумовими пиловиками. Вони передають зусилля від рейки до країв підвіски.

Рульові наконечники кінцеві ланки, що кріпляться до поворотних кулаків. Мають шарнірну конструкцію для забезпечення ходу підвіски.

Трубки високого та низького тиску забезпечують циркуляцію гідравлічної рідини між насосом та рейкою.



- 1 - Рульовий механізм (Рейка);
- 2 - Пильовик рульового механізму
- 3 - Рульова тяга
- 4 - Контргайка наконечника тяги
- 5 - Гайка кріплення наконечника
- 6 - Поворотний кулак
- 7 - Наконечник рульової тяги

Рисунок 1.8 - Деталі передачі обертання рульового вала до коліс

Таблиця 1.9 - Склад та принцип дії деталей передачі обертання до коліс

№	Назва компонента	Принцип дії та функціональне призначення
1	Рульовий механізм (Рейка)	Перетворює обертальний рух керма у лінійне переміщення зубчастої рейки. Розподіляє гідравлічний тиск (у моделях з ГУР) для полегшення повороту коліс.
2	Пильовик рульового механізму	Герметичний гофрований чохол, що захищає внутрішні шарніри та робочу поверхню рейки від води, бруду та дорожніх реагентів.
3	Рульова тяга	З'єднує рульову рейку з наконечником. Має внутрішній кульовий шарнір, який дозволяє тязі рухатися разом із підвіскою вгору-вниз.
4	Контргайка наконечника тяги	Надійно фіксує наконечник на рульовій тязі після регулювання кута сходження коліс, запобігаючи самовільному розкручуванню.
5	Гайка кріплення наконечника	Фіксує палець рульового наконечника у конусному отворі поворотного кулака. Зазвичай є самоконтруючою для запобігання відкручуванню від вібрацій.
6	Поворотний кулак	Несний елемент передньої підвіски, який повертається навколо своєї осі під дією зусилля від рульової тяги, змінюючи напрямок руху колеса.
7	Наконечник рульової тяги	Кінцевий шарнірний вузол. Передає зусилля безпосередньо на важіль поворотного кулака, забезпечуючи точність керування та компенсуючи хід підвіски.

Особливості експлуатації та обслуговування:

1. Герметичність пильовиків (поз. 2): Це найкритичніший вузол для Ford Transit. Будь-яка мікротріщина в пильовику призводить до потрапляння вологи на шток рейки. Це спричиняє корозію металу, яка моментально знищує сальники, що призводить до витоку рідини ГУР.
2. Регулювання «сходження»: У моделях Ford Transit регулюється лише кут сходження коліс за допомогою різьбового з'єднання тяги (поз. 3) та наконечника (поз. 7). Після будь-якого втручання в підвіску (заміна сайлентблоків, амортизаторів) ця процедура є обов'язковою.
3. Люфт наконечників (поз. 7): Через високу масу автомобіля та інтенсивну роботу в міських умовах, кульові пальці наконечників піддаються великим ударним навантаженням. Поява люфту в них не лише погіршує керованість («порожнє кермо»), а й призводить до прискореного нерівномірного зносу передніх шин.
4. Конусне з'єднання: Палець наконечника має конусну посадку в кулаку (поз. 6). При демонтажі обов'язково використовувати спеціальний знімач; удари молотком по кулаку можуть призвести до мікротріщин у чавуні та порушити геометрію підвіски.

1.4 Аналіз несправностей, методи діагностики та усунення

Перш ніж приступати до конкретних вузлів, необхідно визначити загальний алгоритм пошуку несправностей. Ефективність ремонту в умовах сучасного АТП залежить від поєднання органолептичних методів (візуальний, слуховий) та інструментальної діагностики.

Така структура дозволяє мінімізувати час на пошук дефекту та уникнути помилкової заміни справних деталей, що є ключовим для економічної ефективності проекту реконструкції АТП. Далі розглянемо детальні несправності кожного вузла.

Таблиця 1.10 – Загальна класифікація методів виявлення несправностей підвіски та рульового керування

Об'єкт контролю	Основні ознаки несправності	Рекомендований метод діагностики	Необхідне обладнання
Елементи підвіски	Стуки, скрипи, втрата курсової стійкості, нерівномірний знос шин.	Візуальний огляд, перевірка люфтів, вимірювання залишкової жорсткості.	Підйомник, люфтомір, стенд «шок-тестер» (вібростенд).
Пружні елементи (ресори)	Просідання кузова, металеві удари, зміщення осей.	Вимірювання контрольних точок кліренсу, перевірка моменту затягування стремени.	Лінійка, динамометричний ключ, гідравлічний стенд.
Рульове керування	Збільшений люфт, важке кермо, сторонні шуми, витоки рідини.	Перевірка вільного ходу керма, аналіз тиску в системі ГУР, комп'ютерна діагностика.	Люфтомір, манометр ГУР, діагностичний сканер (OBD-II).

Таблиця 1.11 – Несправності передньої підвіски (McPherson)

Несправність	Метод діагностування	Метод усунення
Стукіт при проїзді нерівностей	Візуальний огляд пильовиків, перевірка люфту ломуком (монтуванням) на вивішеному колесі.	Заміна кульових опор, стійок стабілізатора або сайлентблоків важелів.
Погіршення керованості, «плавання» авто	Перевірка кутів встановлення коліс на стенді «розвал-сходження», огляд опорних підшипників стійок.	Заміна опорних підшипників або сайлентблоків підрамника; регулювання кутів.
Вертикальне розгойдування кузова, «клевки» при гальмуванні	Тест на розгойдування (візуально) або перевірка на вібростенді; огляд на наявність підтікання масла.	Заміна амортизаційних стійок (парою на вісь).
Нерівномірний знос передніх шин	Візуальна оцінка протектора (пилоподібний або однобічний знос).	Діагностика всієї підвіски, заміна зношених вузлів та обов'язкове регулювання сходження.

Таблиця 1.12 – Несправності задньої підвіски (Ресорна)

<i>Несправність</i>	<i>Метод діагностування</i>	<i>Метод усунення</i>
Просідання кузова, перекіс на один бік	Вимірювання відстані від центру маточини до арки колеса на рівній поверхні.	Заміна пакетів ресор або встановлення додаткових листів (підсилення).
Металевий брязкіт або скрип ззаду	Огляд стану стремен, центрального болта та втулок сержок. Перевірка цілісності листів.	Заміна зламаних листів ресори, заміна втулок сержок, підтяжка стремен.
Руйнування центрального болта або зміщення моста	Візуальний огляд положення моста відносно ресори, перевірка моменту затягування стремен.	Заміна центрального болта, виставлення моста та затягування стремен номінальним моментом.
Жорсткі удари при завантаженні	Огляд буферів ходу стиснення (відбійників).	Заміна зруйнованих буферів стиснення.

Таблиця 1.13 – Несправності рульового керування (з ГУР/EPAS)

<i>Несправність</i>	<i>Метод діагностування</i>	<i>Метод усунення</i>
Збільшений вільний хід (люфт) керма	Перевірка люфтоміром; огляд шарнірів рулевих тяг та наконечників.	Заміна рулевих наконечників або тяг; регулювання або заміна рульової рейки.
Важке обертання керма, сторонній шум (гул)	Перевірка рівня рідини в бачку ГУР, огляд натягу ремня та наявності повітря в системі.	Доливання рідини, видалення повітря, заміна насоса ГУР або ремня приводу.
Підтікання робочої рідини ГУР	Огляд пильовиків рульової рейки та місць з'єднання шлангів.	Заміна сальників рейки (ремкомплект), заміна пошкоджених шлангів або хомутів.
Ривки або вібрація на кермі (для EPAS)	Зчитування кодів помилок сканером (OBD-II), перевірка напруги в мережі.	Калібрування датчика кута повороту керма або ремонт електронного блоку.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Організаційна структура технічної служби АТП

Ефективне управління технічним станом рухомого складу є пріоритетним завданням інженерно-технічної служби (ІТС) автотранспортного підприємства. На сучасному етапі розвиток систем технічного обслуговування (ТО) та ремонту (Р) безпосередньо впливає на продуктивність праці персоналу та загальну рентабельність перевезень.

Проте аналіз поточної діяльності підприємства вказує на недостатній рівень ефективності існуючої системи. Зокрема, напрацювання на відмову (MTBF) у деяких групах автомобілів не перевищує 5000–7000 км, що спричиняє значні простої техніки. Причини низької ефективності доцільно класифікувати на об'єктивні та організаційні (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Структура причин простою транспортних засобів в АТП

<i>Група причин</i>	<i>Найменування причини</i>	<i>Питома вага, %</i>
Об'єктивні чинники	Відсутність запасних частин на ринку/складі	4
	Неналежні умови технічного сервісу	10
	Граничний вік та знос автопарку	18
	Незадовільний стан виробничо-технічної бази	15
	Інші зовнішні чинники	18
Всього за об'єктивними причинами		65
Організаційні чинники	Низький рівень трудової та технологічної дисципліни	11
	Недоліки в управлінні та координації робіт	24
Всього за організаційними причинами		35

У той час як об'єктивні чинники часто залежать від зовнішнього середовища, організаційні недоліки можуть бути усунені шляхом реінжинірингу управлінських процесів та впровадження сучасних методів планування ТО.

Організаційна структура системи ТО та ремонту рухомого складу базується на взаємодії виробничих підрозділів та функціональних відділів (рис.2.1)

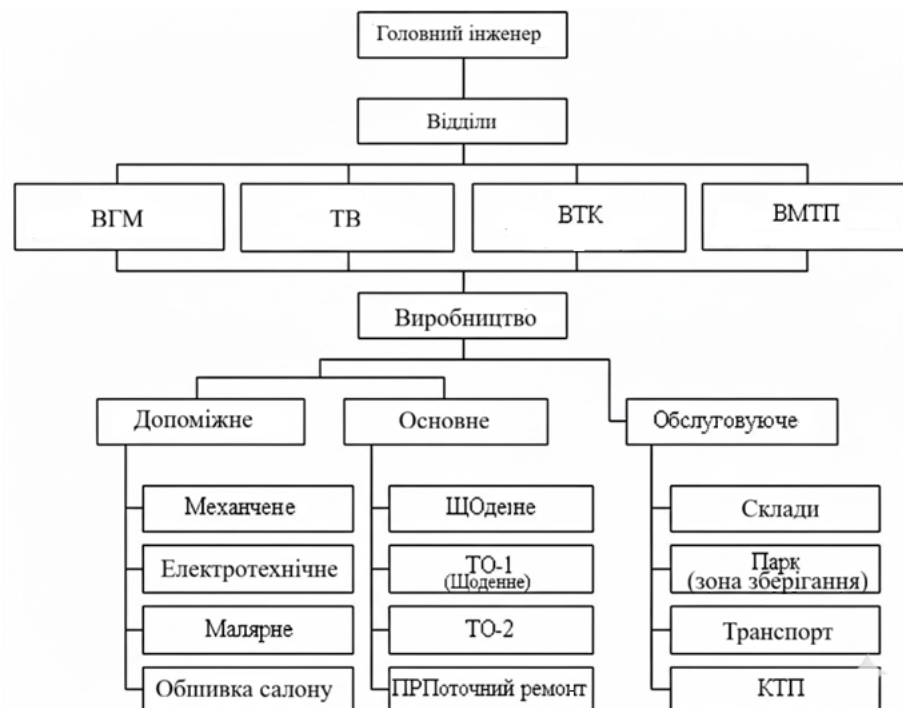


Рисунок 2.1 - Організаційна структура технічної служби АТП

Виробнича структура включає три ключові підсистеми:

1. Основне виробництво: виконання щоденного обслуговування (ЩО), планових ТО-1 та ТО-2, а також поточного ремонту (ПР).
2. Допоміжне виробництво: спеціалізовані дільниці (агрегатна, слюсарно-механічна, електротехнічна, кузовна тощо).
3. Обслуговуюче виробництво: складське господарство, транспортна група та енергогосподарство.

Функціональні підрозділи ІТС:

- Технічний відділ: розробка технологічних карт, впровадження інновацій, облік пробігу шин та витрат ПММ, контроль термінів проведення ТО.
- Відділ головного механіка (ВГМ): забезпечення справності стаціонарного обладнання, споруд та інструментарію.
- Відділ матеріально-технічного постачання: логістика запчастин, агрегатів та експлуатаційних матеріалів.
- Відділ технічного контролю (ВТК): діагностика стану ТЗ при випуску на лінію та поверненні, контроль якості виконаних ремонтних робіт.

2.2. Технологічний процес технічного обслуговування та ремонту

Технологічний процес в АТП — це чітка послідовність операцій, що забезпечують відновлення або підтримку працездатності автомобіля. Рух рухомого складу територією підприємства та послідовність виробничих етапів представлені на схемі (рис. 2.2).

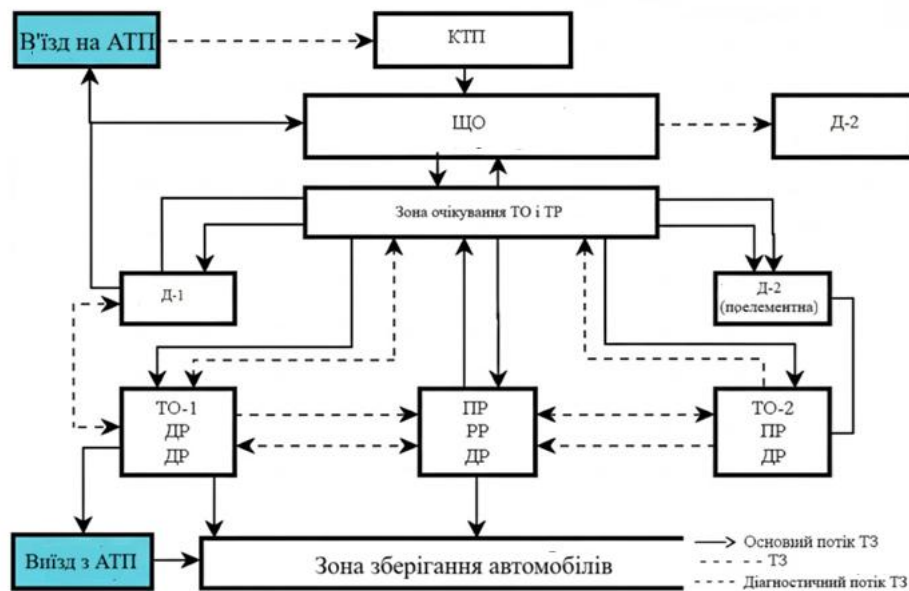


Рисунок 2.2 - Організаційна структура технічної служби АТП

Процес складається з таких етапів:

1. Прийом автомобіля: На контрольно-технічному пункті (КТП) здійснюється огляд ТЗ, фіксація пробігу та приймання заявки від водія у разі виявлення несправностей.

2. Прибирально-мийні роботи: Виконуються в зоні ЩО (щоденного обслуговування).

3. Діагностування: Залежно від плану або симптомів несправності, ТЗ направляється на загальну (Д-1) або поглиблену поелементну діагностику (Д-2).

4. Виконання ТО та ПР: Автомобілі надходять на спеціалізовані пости. При перевищенні пропускної спроможності постів автомобілі очікують у зоні очікування.

5. Зберігання: Справний рухомий склад розміщується в зоні міжзмінного очікування, звідки через КТП здійснюється випуск на лінію.

Заправка автомобілів паливом здійснюється переважно на сторонніх АЗС за паливними картками або безпосередньо перед виїздом на зміну.

2.3 Технічне обслуговування автомобіля

Періодичність технічного обслуговування

Таблиця 2.2 - Періодичність технічного обслуговування рухомого складу

<i>Марка та модель автомобіля</i>	<i>Поглиблене діагностування (Д-2)</i>	<i>Друге технічне обслуговування (ТО-2)</i>	<i>Перше технічне обслуговування (ТО-1)</i>
Ford Transit (V363)	6	94	314
Renault Master IV	1	16	52
Mercedes-Benz Sprinter	2	31	105
MAN TGL 12.250	1	15	103
Scania R450 (Euro 6)	1	18	112
УСЬОГО	11	174	686

Виробнича програма комплексу ТО

Таблиця 2.3 - Річна кількість технічних впливів на рухомий склад за типами

<i>Марка та модель автомобіля</i>	<i>Поглиблене діагностування (Д-2)</i>	<i>Друге технічне обслуговування (ТО-2)</i>	<i>Перше технічне обслуговування (ТО-1)</i>
Ford Transit (V363)	6	94	314
Renault Master IV	1	16	52
Mercedes-Benz Sprinter	2	31	105
MAN TGL 12.250	1	15	103
Scania R450 (Euro 6)	1	18	112
РАЗОМ	11	174	686

Трудовісткість технічного обслуговування і ремонту

Таблиця 2.4 - Трудовісткість технічних впливів за типами та моделями ТЗ

<i>Марка та модель автомобіля</i>	<i>Поточний ремонт (ПР), люд.-год</i>	<i>ТО-1, люд.-год</i>	<i>ТО-2, люд.-год</i>
Ford Transit (V363)	12 476	773	1 081
Renault Master IV	543	122	133
Mercedes-Benz Sprinter	1 423	241	241
MAN TGL 12.250	958	243	123
Scania R450 (Euro 6)	1 389	268	141
УСЬОГО	16 789	1 646	1 717

Розробка річного плану-графіка технічного обслуговування та ремонту

Процес планування роботи дільниць технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР) базується на використанні річного графіка. Цей

документ є ключовим інструментом для координації діяльності виробничих зон та цехів, що дозволяє оптимізувати розподіл ресурсів та забезпечити безперебійну роботу всього підприємства.

Вихідними даними для формування графіка є показники річного бізнес-плану підприємства з деталізацією за кварталами та місяцями. У цьому проекті під час розподілу кількості технічних впливів враховано специфіку перевезень, сезонність експлуатації та природно-кліматичні умови регіону. Помісячний розподіл планових сервісних послуг представлений у таблиці 2.6.

Таблиця 2.5 - Річний розподіл кількості послуг з технічного обслуговування за місяцями

<i>Місяць</i>	<i>Кількість ТО-1</i>	<i>Кількість ТО-2</i>
Січень	137	143
Лютий	132	138
Березень	133	139
Квітень	142	147
Травень	143	148
Червень	144	151
Липень	142	157
Серпень	137	148
Вересень	127	125
Жовтень	128	128
Листопад	131	131
Грудень	138	148
УСЬОГО	1646	1717

2.4. Розрахунок економічної ефективності від реалізації заходів, передбачених проектом

Для оцінки ефективності реалізації проектної діяльності розрахуємо основні економічні показники за двома варіантами організації виробництва підприємства - до реалізації і після неї. Результати проведених розрахунків в табл.2.6.

Таблиця 2.6 - Порівняльна таблиця показників ефективності

№	Показник	Перед впровадженням	Після впровадження
1	Облікова кількість одиниць рухомого складу	29	29
2	Час у наряді, год	8,0	8,0
3	Фактор доступності (коеф. техн. готовності)	0,67	0,8
4	Коефіцієнт випуску флоту (автопарку)	0,629	0,7
5	Середньодобовий пробіг парку, км	8700	9682
6	Загальний річний пробіг, тис. км	3175,5	3533,9
7	Середня вантажопідйомність автопарку, т	24,89	24,89
8	Утилізація пробігу (коеф. використання пробігу)	0,94	0,94
9	Коефіцієнт використання вантажопідйомності	0,975	0,975
10	Середня відстань перевезення, тис. км	0,255	0,255
11	Перевезений вантаж за рік, тис. т	302,205	336,313
12	Виконана робота за рік, тис. т-км	902 073	1 117 187
13	Ціна 1 т бензину / дизельного палива, руб./т	9300 / 8700	9300 / 8700
14	Вартість ОВФ (будівлі + обладнання),	16 100	23 900

<i>№</i>	<i>Показник</i>	<i>Перед впровадженням</i>	<i>Після впровадження</i>
	тис. руб.		
15	Змінні витрати, тис. грн., зокрема:	—	—
	- Витрати на паливо (зниження на 10%)	58 758	55 820
	- Витрати на мастильні та інші матеріали (-15%)	5 876	5 288
	- Витрати на утримання та ремонт РС (-35%)	2 938	2 497
	- Витрати на знос і ремонт шин (-10%)	1 763	1 675
16	Загальні змінні витрати, тис. грн.	69 335	65 281
17	Постійні витрати, тис. грн., зокрема:	—	—
	- Амортизація будівель і споруд (4,1%)	471,5	598,6
	- Амортизація обладнання (8%)	368	1 368
	- Утримання приміщень та обладнання (2%)	322	634
18	Загальні постійні витрати, тис. грн.	1 161,5	2 600,6
19	Собівартість 1 т-км, руб./т-км	0,7815	0,6076
20	Зниження витрат на 1 т-км, грн./т-км	—	0,1739

При розрахунку економічних показників використовуються спеціальні формули та обрахунки. Підсумуємо результати техніко-економічного обґрунтування проекту в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Техніко-економічні показники проекту

<i>Показник</i>	<i>Базовий варіант</i>	<i>Проектований варіант</i>	<i>Порівняння проектного з базовим, %</i>
Фактор доступності (коеф. техн. готовності)	0,67	0,8	120%
Коефіцієнт випуску флоту	0,629	0,7	110%
Обсяг виконаних робіт за рік, тис. т-км	902 073	1 117 187	106%*
Собівартість 1 т-км, руб.	0,78	0,61	78%
Річний економічний ефект, руб.	—	3 274 000	—
Термін окупності, років	—	2,38	—

Аналіз наведених даних показує, що впровадження на підприємстві заходів з організації технічного обслуговування та ремонту рухомого складу, а також заходів з механізації технологічних процесів, розроблених в проекті, дозволяє підвищити коефіцієнт технічної готовності і коефіцієнт випуску на лінії, дозволяє підприємству виконувати додатковий обсяг перевезень. У той же час зниження витрат на проведення технічних заходів з технічного обслуговування і поточного ремонту автомобілів, підвищення продуктивності праці виконавцями, сприяє зниженню вартості транспортних робіт за рахунок змінних витрат, що в свою чергу збільшує випуск продукції на одну автотонну, збільшує дохід підприємства в цілому.

З КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Аналіз існуючих конструкцій

У пунктах обслуговування необхідно мати підйомник, самоскид для кращого обслуговування автомобілів, тягачів і тракторних причепів. Підйомники бувають різних типів: гвинтові, силові, гідравлічні, електромеханічні. Гвинтові підйомники включають в себе ручні домкрати, це найпростіший тип, який використовується в екстрених випадках, в дорожніх умовах. Силові підйомники використовуються на оглядових ямах, де при необхідності необхідно підняти або передню частину рами, або задню. Всі ці підйомники вже мало використовуються, так як вони не дуже ефективні. Ці підйомники піднімають на невеликі висоти і малу вантажопідйомність. Зараз використовуються більш ефективні підйомники, які можна використовувати для підйому всіх марок автомобілів, тягачів і тракторних причепів. Вони характеризуються більшою вантажопідйомністю, висотою підйому і більшою видимістю днища об'єкта, що піднімається.

Чимало витрат несе підйомник типу П-238 для установки тракторних причепів різних типів. Переміщення стійок проводиться вручну, слюсарями і вимагає великої трудомісткості.

Це не дуже ефективно. Проектом пропонується модернізація цього підйомника. Передні стійки підйомника постійно монтуються в бетон і з'єднуються балкою поперечно. Задні стійки також з'єднані балкою поперечно, але пересуваються по рейках на візках і фіксуються. Рух по рейках здійснюється від електродвигуна через редуктор. Така модернізація підйомника звільняє слюсарів від трудомісткого процесу, їм більше не доведеться катати стійки до потрібних розмірів руками на візках.

3.2 Конструкція та принцип роботи модернізованого підйомника

Розроблений у проєкті підйомник відноситься до класу стаціонарних чотиристійкових електромеханічних підйомників. Він призначений для вивішування рам вантажних автомобілів (зокрема Ford Transit різних модифікацій), а також тракторних причепів типу 2ПТС-4 та 2ПТС-6 для проведення технічного обслуговування, ремонту ходової частини та агрегатів трансмісії.

Суть модернізації

Базовою конструкцією слугував підйомник типу П-238. Головним недоліком базової моделі була висока трудомісткість підготовки до роботи: слюсарям доводилося вручну переміщувати важкі стійки для підлаштування під колісну базу автомобіля.

Проектна модернізація полягає у зміні кінематичної схеми встановлення стійок:

1. Передня пара стійок встановлюється стаціонарно (жорстке кріплення анкерами до фундаменту) та з'єднується поперечною балкою для забезпечення жорсткості.

2. Задня пара стійок встановлюється на спеціальні моторизовані візки, що переміщуються по рейкових напрямних. Це дозволяє автоматично змінювати відстань між передніми та задніми стійками в діапазоні від 3,8 до 6,5 метрів, адаптуючи підйомник під будь-який транспортний засіб парку.

На рис.3.1 зображено загальний вигляд (ізометрична проекція) чотиристійкового електромеханічного підйомника, модернізованого для обслуговування автомобілів Ford Transit та причепів.

Креслення наочно демонструє відмінність від стандартного П-238: наявність рейкового шляху (поз. 6) та візків (поз. 7) під задніми стійками. Це дозволяє механіку за допомогою електроприводу або механічної передачі зміщувати задній портал, підлаштовуючи підйомник під довгу базу мікроавтобуса або коротку базу тягача.

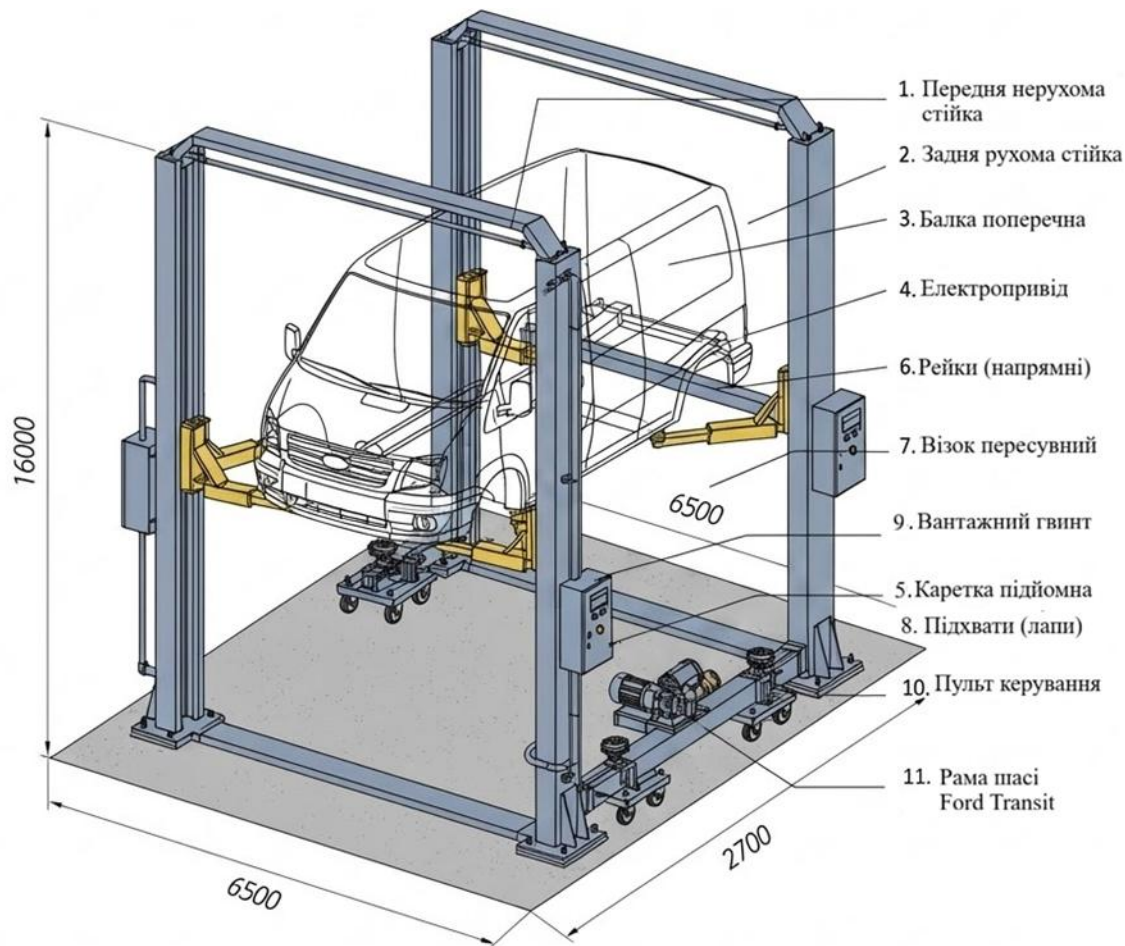


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд (ізометрична проекція) чотиристійкового електромеханічного підйомника, модернізованого для обслуговування автомобілів Ford Transit та причепів

Будова підйомника

Конструктивно підйомник складається з наступних основних вузлів (див. графічну частину):

- Стійки (4 шт.): Зварні коробчасті конструкції, всередині яких розміщено механізм підйому.
- Механізм підйому: Гвинтовий тип (пара «гвинт-гайка»). Вантажний гвинт отримує обертання від індивідуального приводу.
- Привід: Кожна стійка оснащена власним електродвигуном та черв'ячним редуктором. Використання черв'ячної передачі забезпечує ефект

самогальмування, що унеможлиблює самовільне опускання вантажу при вимкненні живлення.

- Вантажна каретка: Рухомий вузол, що переміщується по напрямних усередині стійки. Каретка спирається на робочу бронзову гайку.

- Система безпеки: Під робочою гайкою встановлено сталеву страхувальну гайку. У випадку зносу різьби робочої гайки навантаження переходить на страхувальну, що запобігає падінню автомобіля. Також система передбачає кінцеві вимикачі крайніх положень (верхнього та нижнього).

- Система переміщення (Модернізація): Задні стійки змонтовані на візках з опорними котками. Рух здійснюється по рейкових шляхах за допомогою додаткового електроприводу або механічної передачі.

Принцип роботи

1. У вихідному положенні каретки з підхватами знаходяться в нижній точці.

2. Залежно від типу автомобіля (Ford Transit або причіп), оператор за допомогою пульта керування вмикає привід переміщення задніх стійок, виставляючи необхідну міжосьову відстань.

3. Автомобіль заїжджає в зону обслуговування між стійками.

4. Поворотні підхвати (лапи) заводяться під раму або спеціальні піддомкратні місця автомобіля.

5. З пульта керування подається живлення на електродвигуни підйому. Обертання передається через редуктори на гвинти. Гвинти, обертаючись, примушують гайки разом з каретками рухатися вгору синхронно.

6. Синхронізація роботи чотирьох стійок забезпечується електричною схемою керування, яка відстежує швидкість обертання кожного двигуна, запобігаючи перекосу платформи.

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики модернізованого підйомника:

<i>Параметр</i>	<i>Значення</i>
Тип	Стаціонарний, електромеханічний, чотиристійковий
Вантажопідйомність, кг	16 000
Висота підйому, мм	1600
Швидкість підйому, м/с	0,01
Потужність приводу підйому, кВт	12 (4 x 3,0 кВт)
Спосіб регулювання бази	Автоматичний (переміщення по рейках)
Габаритні розміри стійки, мм	1220 x 1200 x 2760

Таблиця 3.2. - Експлікація та принцип дії вузлів модернізованого підйомника

<i>№ позиції на схемі</i>	<i>Назва вузла / Деталі</i>	<i>Принцип роботи та конструктивні особливості</i>
1	Передня нерухома стійка	Це основний силовий елемент коробчастого перерізу, жорстко закріплений анкерними болтами до фундаменту. Служить напрямною для руху каретки та корпусом для вантажного гвинта. Сприймає основне вертикальне навантаження від передньої осі автомобіля.
2	Задня рухома стійка	Конструктивно повторює передню стійку, але не має жорсткого кріплення до підлоги. Її функція — забезпечення підйому задньої частини автомобіля з можливістю зміни відстані до передньої стійки (зміна міжосьової бази) для обслуговування різних моделей (від коротких Ford Transit до довгих причепів).
3	Балка поперечна (Портал)	Забезпечує поперечну жорсткість П-подібної конструкції, запобігаючи «роз'їжджанню» стійок під навантаженням. Також виконує функцію кабель-каналу, всередині якого прокладено силові дроти живлення двигунів та лінії синхронізації.
4	Електропривід (Двигун з	Асинхронний електродвигун створює обертальний момент, який через черв'ячний редуктор (для

<i>№ позиції на схемі</i>	<i>Назва вузла / Деталі</i>	<i>Принцип роботи та конструктивні особливості</i>
	редуктором)	збільшення зусилля і зменшення обертів) передається на вантажний гвинт. Редуктор забезпечує функцію самогальмування (вантаж не опускається самовільно при вимкненні струму).
5 (на схемі як 6)	Рейковий шлях (Напрямні)	Спеціальні металеві профілі, змонтовані врівень з підлогою або накладені на неї. Вони задають траєкторію руху задніх рухомих стійок, гарантуючи їх паралельність відносно передніх стійок та запобігаючи перекосам конструкції.
6 (на схемі як 6)	Візок пересувний	Вузол в основі задньої стійки, оснащений опорними катками. Дозволяє механічно (або за допомогою окремого електроприводу) переміщувати масивну стійку вздовж рейкового шляху без значних фізичних зусиль з боку оператора.
7	Вантажний гвинт	Головний виконавчий механізм з трапецієвидною різьбою. При обертанні він взаємодіє з вантажною гайкою, перетворюючи обертальний рух приводу у поступальний рух каретки вгору або вниз.
8 (на схемі як 9)	Каретка підйомна	Рухомий вузол, що ковзає всередині стійки. У ній змонтована система з двох гайок: робочої (бронзової) та страхувальної (сталеві). При зносі робочої гайки навантаження переходить на страхувальну, що запобігає падінню вантажу.
9 (на схемі неявний, частина 9)	Підхвати (Лапи)	Телескопічні поворотні важелі, закріплені на каретці. Вони висувуються і заводяться під силові елементи рами або піддомкратні точки кузова Ford Transit, безпосередньо передаючи вагу автомобіля на підйомник.
10	Пульт керування	Електронний блок, що містить контактори, реле контролю фаз та плату синхронізації. Він відстежує кількість обертів гвинтів у кожній стійці, забезпечуючи рівномірний підйом автомобіля без перекосів, та зупиняє систему у разі аварії.
11	Рама шасі Ford Transit	Об'єкт обслуговування. На схемі показана для демонстрації положення точок підхоплення та габаритів робочої зони підйомника.

3.3 Технологічні розрахунки

3.3.1 Визначення стану, необхідного для підйому візка

Оптимальний тип трансмісії визначається з урахуванням ряду факторів: умов експлуатації, характеру зміни навантаження в процесі експлуатації, враховуючи термін служби, вимоги безпеки, простоту обслуговування і ремонту, вартість приводу і його установки.

Залежно від конкретних умов, візьмемо пристрій механічного приводу електродвигуна - редуктора із застосуванням черв'ячної шестерні.

Конструкція приводного пристрою почнеться з розрахунку механічного зусилля гвинта-гайки, що діє на трансмісію, з урахуванням повного завантаження тракторного причепа.

Маса причепа – 2,5 т = 2500кг

Вантажопідйомність – 4,5 т = 4500кг

Визначимо максимальну вагу тракторного причепа

$$P_m = 4500 + 2500 = 7000 = 70 \text{ кН}$$

Отримане зусилля буде розраховано на чотири опори підйомника таким же чином:

$$P_{1-4} = \frac{P_m}{4} \quad (3.1)$$

$$P_{1-4} = 17,5 \text{ кН}$$

Давайте визначимо частоту обертання:

$$n = \frac{60v}{\pi D} \quad (3.2)$$
$$n = \frac{60 \cdot 0,006}{3,14 \cdot 0,082} = 14,4 \approx 14$$

Визначте окружну силу вантажного валу. Він буде визначатися сумою

зусиль, створюваних в гвинтово-гайковому переході, силою тертя гайки і гвинта.

$$T = F_{\text{окр}} \cdot r \quad (3.3)$$

отже:

$$F_{\text{окр}} = \frac{T}{r} = \frac{T}{D/2} = \frac{2T}{D}$$

$$F_{\text{окр}} = \frac{2 \cdot 544}{0,082} = 13,2 \cdot 10^3 \text{ Нм}$$

Визначаємо кутову швидкість на валу редуктора за формулою:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \quad (3.4)$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 14}{30} = 1,46 \text{ с}^{-1}$$

Потужність на повільно рухається валу коробки передач визначаємо за формулою:

$$P = \frac{T \cdot \omega}{1000} = \frac{544 \cdot 1,46}{1000} \quad (3.5)$$

Розрахуємо загальний ККД трансмісії за формулою:

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_{\text{в.п}} \cdot \eta_{\text{ред}} \quad (3.6)$$

$$\eta_{\text{общ}} = 0,97 \cdot 0,98 = 0,95$$

Проектна потужність електродвигуна розраховується за формулою:

$$P_{\text{е-д.}} = \frac{P}{\eta} \quad (3.7)$$

$$P_{\text{е-д.}} = \frac{1,8}{0,95} = 1,89 \text{ кВт}$$

Приймаємо електродвигун: $N = 1,5 \text{ кВт}$; $n = 1500 \text{ об/хв.}$

Розрахуємо загальне передавальне число

$$I_{\text{заг}} = \frac{n_{\text{эл.д.}}}{n_p} \quad (3.8)$$

$$I_{\text{заг}} = \frac{1500}{26} = 57,6$$

Приймаємо за стандартом поблизу $I = 57$

Крутний момент електродвигуна розраховується за формулою:

$$T_{\text{елект.}} = \frac{P_{\text{эл.д.}}}{n_{\text{эл.д.}}} \cdot 9550 \quad (3.9)$$

$$T_{\text{елект.}} = \frac{1,55}{1450} \cdot 9550 = 10,1 \text{ Н.м.}$$

Звідси ми знаходимо крутний момент повільно рухається вала коробки передач

$$T = T_{\text{підсумок.}} \cdot i = 12,8 \cdot 56 = 716,8 \text{ Н.м.} \quad (3.10)$$

Приймаємо стандартну коробку передач RUU-100 з передавальним числом $i=40$.

3.4 Розрахунки на міцність

3.4.1 Розрахунки на міцність основних складальних одиниць

Основною причиною виходу з ладу гвинтів і зубчастих гайок є знос різьблення. Як критерій зносостійкості різьблення гвинтової пари візьмемо тиск між різьбленнями гвинта і гайки, яке не повинно перевищувати допустимого тиску в залежності від матеріалів гвинтової пари і умов її експлуатації. При проектному розрахунку саморізів і гайок для зносостійкості різьблення використовують формулу:

$$d_2 = \sqrt{2F(\pi k \cdot [g])} \quad (3.11)$$

Розрахуємо гвинт і гайку гвинтового підйомника вантажопідйомністю $F = 160$ кН для підйому вантажу на висоту $l = 1600$ мм.

Для визначення за формулою 3.11 середнього діаметра різьблення гвинта і гайки за швидкістю різьблення по зносостійкості візьмемо відношення висоти гайки до середнього діаметра різьблення

$$\frac{H}{k=d_2} = 1.6$$

і допустимий тиск різьблення $[g]=10$ МПа. Потім:

$$d_2 = \sqrt{2F(\pi k \cdot [g])} = \sqrt{2 \cdot 160 \cdot 10^3 (3,14 \cdot 1,6 \cdot 10)} = 80 \text{ мм}$$

Розміри різьблення. Висота різьбового профілю.

$$h=0,1 \cdot D_2 \quad (3.11)$$

$$h=0,1 \cdot 80=8\text{мм}$$

Зовнішній діаметр різьблення:

$$d = d_2 + h \quad (3.12)$$

$$d=80+8=88\text{мм}$$

Внутрішній діаметр різьблення:

$$d_1 = d_2 - h \quad (3.13)$$

$$d_1=80-8=72\text{мм}$$

Крок різьблення:

$$P=2 \cdot h \quad (3.14)$$

$$P=2 \cdot 8=16\text{мм}$$

Обведення нитки визначається за формулою:

$$P_h = n \cdot P \quad (3.15)$$

кількість входів потоку $n=1$

$$P_h=1 \cdot 16=16\text{мм}$$

З формули:

$$P_h = \pi d_2 \operatorname{tg} \psi \quad (3.16)$$

знайти кут підйому нитки

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{P_h}{\pi d_2} \quad (3.17)$$

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{16}{3,14 \cdot 80} = 0,064$$

Тому кут піднесення нитки $\psi = 3^\circ 40'$

Коефіцієнт тертя $f = 0,1$.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1. Дослідження динаміки зміни навантаження на ресорі в підвісці ТЗ

Сучасне виробництво ресор в Україні, особливо в умовах розширення номенклатури продукції та орієнтації на міжнародні ринки, стикається з низкою системних труднощів. Основна проблема полягає у відсутності сучасної нормативної бази, яка б забезпечувала повний цикл сертифікації – від випробувань до підтвердження відповідності. Адже продати продукцію без сертифіката неможливо, отримати сертифікат – без проведення випробувань також, а провести випробування складно через нестачу сучасних методик і стендів. Розробити ж такі методики важко, оскільки чинні технічні документи, що дісталися ще з радянських часів, давно застаріли й не відповідають сучасним вимогам європейських стандартів.

Особливо це помітно у випадках, коли нормативи регламентують лише класичні типи ресор –наприклад, напівеліптичні або одношарові конструкції з лінійною характеристикою пружності. Проте сучасне українське машинобудування вже активно використовує комбіновані, консольні, багатошарові або навіть ресори з нелінійною жорсткістю, які забезпечують кращу керованість і комфорт, але залишаються поза дією чинних технічних умов. Це стає суттєвою перешкодою для серійного виробництва та експорту такої продукції.

Тому сьогодні надзвичайно важливо адаптувати нормативну систему України до європейських вимог, оновити методики випробувань та створити сучасні лабораторії з цифровими засобами вимірювання і комп'ютерним моделюванням процесів навантаження. Такий підхід не лише підвищить якість і надійність українських ресор, а й зміцнить позиції нашого машинобудування на внутрішньому та зовнішньому ринках.

Не зупиняючись на усіх параметрах режимів таких випробувань, варто звернути увагу на ключовий з них – хід S випробувального стенда. Згідно зі стандартом, незалежно від типу конструкції ресори (рис. 4.1), цей хід

визначається з умови, що амплітуда зміни динамічних напружень під час циклічних навантажень у затисненні хомутами повинна становити ± 300 МПа.

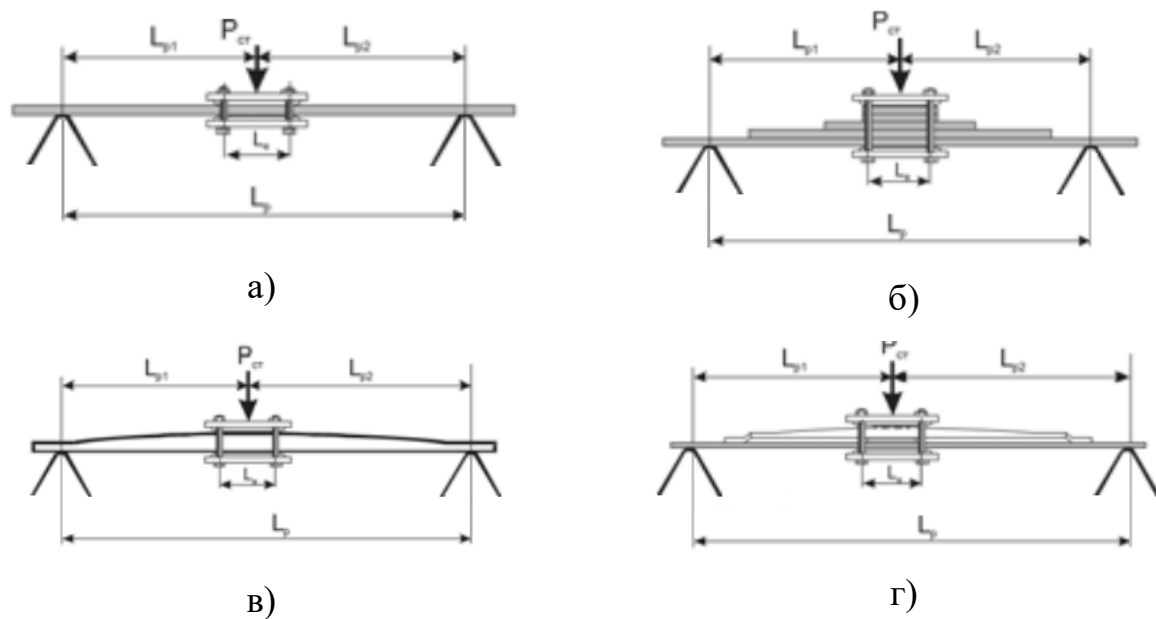


Рисунок 4.1 – Схеми навантаження ресор: (а) – багатолистової, (б) – однолистової, (в) – параболічної, (г) – комбінованої

При цьому формула для визначення S базується на лінійній залежності між діапазонами змін деформацій і напружень, аналогічно до класичних методик випробувань матеріалів на втомленість:

$$S = \frac{2\sigma_{\alpha}}{\sigma_y} \quad (4.1)$$

З цієї залежності можна отримати еквівалентне канонічне рівняння, відоме з методики випробувань металів і сплавів на циклічну міцність. Іншими словами, методика, закріплена у стандарті, фактично ототожнює випробування ресори як складного машинобудівного виробу з випробуванням звичайного зразка матеріалу.

Проте між цими двома процесами існує принципова різниця. Матеріал – це однорідне середовище, де напруження та деформації розподіляються рівномірно, тоді як ресора – це конструкція зі складною геометрією, з'єднаннями, зонами концентрації напружень, зміною перерізів і термічною обробкою. Вона працює не лише як елемент, що сприймає навантаження, а й як

частина системи підвіски, взаємодіючи з амортизаторами, ресорними кріпленнями та елементами рами.

Тому застосування «матеріального» підходу до оцінювання довговічності ресор призводить до спотворених результатів і не відображає реальних умов експлуатації.

Для українських виробників доцільно розробити оновлену методику випробувань, що враховує:

- реальні умови роботи ресор у складі ТЗ;
- вплив асиметрії навантажень, тертя між листами, температурних факторів;
- використання моделювання (CAE/FEM) для прогнозування зон концентрації напружень;
- можливість регулювання амплітуди навантаження залежно від типу ресори.

Запровадження такої методики сприятиме створенню власної національної бази стандартів для випробувань елементів підвіски в Україні, що відповідатиме сучасним вимогам і дозволить підвищити конкурентоспроможність вітчизняних підприємств.

Випробування матеріалів на втому є універсальними і не залежать від умов, у яких працюють зразки поза межами лабораторних тестів. Тому результати стендових випробувань ресор на довговічність, отримані в таких умовах, не можуть бути достовірно пов'язані з реальними результатами дорожніх випробувань. Це надзвичайно важливий висновок, адже прийнята в деяких нормативних підходах практика передбачає, що циклічні стендові випробування здатні відображати поведінку ресори під час експлуатації автомобіля на дорозі. Проте фактичні дані свідчать про протилежне – лабораторні умови не відтворюють реальне навантаження та динаміку руху.

Друге суттєве спостереження пов'язане з припущенням про лінійну залежність між прогином ресори та рівнем напруження. Насправді така залежність відповідає лише обмеженій ділянці пружної характеристики, коли ресора перебуває майже у плоскому положенні або поблизу нього. Дослідження

показують, що навіть для звичайних напівеліптичних ресор із двома ковзними кінцями, якщо вони мають значну стрілу вигину та малий радіус кривизни, пружна характеристика стає нелінійною.

Отже, застосування спрощених лінійних методик випробувань є некоректним для більшості сучасних ресор, особливо комбінованих або багатошарових. Вони не враховують реальні умови навантаження – зміну жорсткості під час роботи, вплив температури, зношення шарнірів і фрикційних з'єднань.

Для сучасного українського машинобудування це означає потребу створення власних адаптованих стандартів і методик оцінки довговічності ресор, що враховують:

- динамічні особливості роботи підвіски в реальних дорожніх умовах,
- нелінійну поведінку матеріалу при змінних навантаженнях,
- моделювання процесів старіння та корозійного зносу,
- використання систем аналізу напружень (CAE, FEM) для прогнозування ресурсу.

Запровадження таких підходів дозволить підвищити точність випробувань, скоротити витрати на розробку та гарантувати високу надійність продукції, що є ключовим кроком до конкурентоспроможності українських виробників на міжнародному ринку.

Ще одна суттєва відмінність між умовами випробувань зразків матеріалів і листових ресор полягає у методиці визначення статичних напружень.

Як показує залежність величина статичного напруження є однією з двох компонент загального напруження, відносно якої визначається прогин елемента:

$$S = F_3(\sigma_{\max}) - F_3(\sigma_{\min}) \quad (4.2)$$

Для матеріального зразка під час випробувань на втому, коли навантаження є симетричним або несиметричним, ця величина розраховується:

$$\sigma_{\text{ст}} = P_{\text{к}} \frac{L_{\text{p}}}{4W} = P_{\text{к}} \frac{L_{\text{p1}} L_{\text{p2}}}{L_{\text{p}} W} \quad (4.3)$$

Під час переходу до реальних випробувань ресори вона набуває вигляду яка дає середнє значення напруження в центральному перерізі ресори:

$$\sigma_{\text{ст}_{\text{серед}}} = P_{\text{к}} \frac{L_{\text{p1}} L_{\text{p2}}}{L_{\text{p}} \Sigma W_i} \quad (4.4)$$

Однак ця формула не відповідає реальним умовам роботи ресори. З аналізу напружень, що відповідає схемі випробування (рис. 4.1), видно, що максимальні значення напружень не збігаються з точками прикладання навантаження. Це зумовлено впливом фіксації ресори за допомогою драбин – тобто фіксацією її кінців, яка зменшує ефективну довжину плеча вигинального моменту та зміщує критичний переріз у бік точок опори. Саме там зазвичай і виникають руйнування матеріалу.

Такий підхід можна вважати прийнятним для оцінки втомної міцності окремого листа ресори, коли метою є вивчення властивостей металу. Проте з практичного погляду використання одного ізольованого листа постійного профілю як самотійної ресори є нераціональним. Ефективність використання матеріалу у цьому випадку не перевищує 10 – 12 %, тоді як у повноцінної ресори оптимальної конструкції цей показник може досягати 30 – 35 %.

Таким чином, традиційні методи випробувань не відображають реальну роботу ресори в складі підвіски, де взаємодія листів, сила тертя між ними, різна жорсткість шарів і умови закріплення суттєво впливають на напружений стан.

Для українських підприємств машинобудівної галузі це означає необхідність розробки нових експериментальних і розрахункових методик, які:

- моделюють реальні умови закріплення ресори в підвісці;
- враховують нерівномірний розподіл напружень і температурні впливи;

- використовують числове моделювання (метод скінченних елементів) для прогнозування зон втомного руйнування;
- дають змогу створювати ресори з оптимізованою формою і профілем листів для підвищення ресурсу та зменшення маси.

Упровадження таких методів сприятиме підвищенню точності оцінки міцності, скороченню часу випробувань і покращенню конкурентоспроможності українських виробників на ринку підвіскових систем.

Із рисунка 4.2 видно, що координати домінуючих піків напружень не збігаються з точками, де спостерігаються максимальні згинальні моменти, визначені стандартною методикою. Це підтверджують і результати практичних випробувань: лише у поодиноких випадках місце руйнування листа збігається з ділянкою максимального згину. Значно частіше причинами руйнування стають локальні концентрації напружень або технологічні дефекти, пов'язані з особливостями виготовлення листів (наприклад, неоднорідністю матеріалу, мікротріщинами чи напруженнями після термообробки).

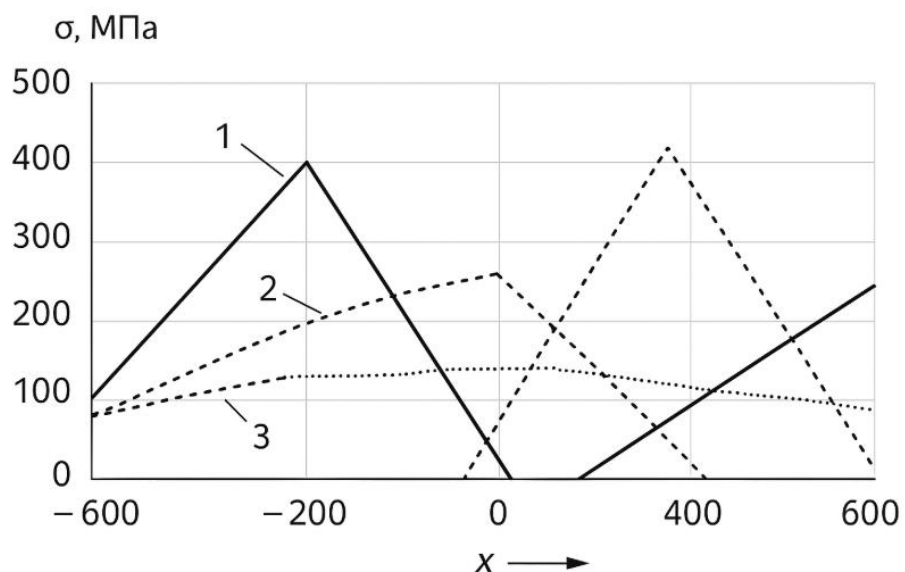


Рисунок 4.2 – Епюра напружень для: (X – відстань від центрального перерізу напівеліптичної ресори з двома ковзними кінцями).

Ці результати вказують на те, що традиційні методи розрахунку та випробувань не повною мірою відображають реальну картину роботи багатолистової ресори під навантаженням. Фактично, розподіл напружень у ній

формується під дією взаємодії між листами, сил тертя, затиснення стрем'янками та різних радіусів кривизни окремих шарів.

Важливою особливістю досліджуваної конструкції є те, що останній (нижній) лист ресори виконано подвоєним. Це свідчить про можливість регулювання параметрів центрального перерізу без істотної зміни загальних характеристик ресори. Інакше кажучи, така конструкція дозволяє локально підвищувати міцність у найбільш навантаженій зоні (центральної частині), не впливаючи на гнучкість і пружність робочої частини.

Для українських виробників автомобільних підвісок цей підхід відкриває нові шляхи оптимізації ресор, зокрема:

- локальне упрочнення або використання комбінованих матеріалів у центральній зоні;
- модульне проектування листів, що дає змогу легко змінювати їхню кількість або товщину під вимоги конкретного автомобіля;
- цифрове моделювання розподілу напружень із урахуванням тертя між листами та впливу кріплень;
- застосування контролю залишкових напружень після виробництва для прогнозування ресурсу.

У результаті це дає змогу підвищити довговічність ресор, зменшити масу конструкції та адаптувати її до різних умов експлуатації, що є важливим для українських транспортних засобів, які працюють у змінних кліматичних і дорожніх умовах.

Подібна властивість характерна і для ресор, виготовлених із листів параболічного профілю. Це добре видно на рис. 4.3, де подано епюру напружень однолистової параболічної ресори. Як видно з рисунка, найвищі значення напружень спостерігаються на робочій (параболічній) ділянці ресори, і вони жодним чином не пов'язані з розрахунковим перерізом, рекомендованим традиційними методиками. Навпаки, зона кріплення, розташована на частині центральної ділянки постійної товщини, завдяки спеціальному збільшенню її перерізу, характеризується низьким рівнем напружень. Це означає, що така

зона не впливає на довговічність ресори та може бути виключена з розгляду як критичний елемент конструкції.

З урахуванням викладеного можна зробити важливий висновок: Стендові випробування листових ресор для визначення їх циклічної довговічності принципово відрізняються від випробувань матеріалів на втому. Причина полягає в тому, що ресора – це не просто металевий зразок, а складна конструкція, і на її працездатність впливають не лише властивості матеріалу листів, а й особливості геометрії, форми профілю, способу кріплення, технології виготовлення та взаємодії між листами.

Таким чином, традиційні підходи до визначення величини ходу преса під час стендових циклічних випробувань ресор є методично некоректними, навіть якщо мова йде про класичні листові ресори. Основна причина – механічне перенесення методів випробувань матеріалів на втому до конструкцій, що працюють у значно складніших умовах. Це спрощення призводить до спотворення результатів випробувань і, відповідно, до недостовірної оцінки ресурсу ресори в реальних умовах експлуатації.

Отже, такі методики можна застосовувати лише для випробування окремих листів, і то в контексті оцінки міцності матеріалу, а не для визначення ресурсу всієї ресорної конструкції.

Крім того, існує ще один важливий аспект, що унеможливорює пряме застосування методів випробування матеріалів на втому до ресор – це неоднозначність самого поняття “статичне напруження в ресорі”. На відміну від однорідного зразка, у ресорі розподіл напружень залежить від багатьох чинників: тертя між листами, наявності зазорів, форми вигину, типу навантаження тощо. Тому визначення “середнього статичного напруження” у такій системі є неточним і не може бути базою для розрахунку її довговічності.

Це означає, що необхідно оновлювати підходи до стандартизації випробувань ресор, орієнтуючись не лише на властивості матеріалу, а й на повну систему взаємодії елементів конструкції. Використання цифрового моделювання, експериментальних вимірювань напружень і натурних дорожніх

тестів має стати основою нової методології оцінки надійності та довговічності автомобільних ресор.

Таким чином, традиційні методики визначення ходу преса під час стендових циклічних випробувань ресор не можна вважати коректними, навіть у разі застосування їх до класичних листових ресор. Основна причина полягає в механічному перенесенні принципів випробувань зразків матеріалів на втому до випробувань складних конструкцій, які працюють у динамічних та багатofакторних умовах. Таке спрощення призводить до спотворення результатів експериментів і, відповідно, до неточної оцінки реального ресурсу ресори під час експлуатації транспортного засобу.

Отже, подібні методи можна застосовувати лише для випробування окремих листів ресори – і лише з метою оцінки втомної міцності матеріалу, а не для визначення довговічності всієї конструкції.

Ще один важливий аспект, який унеможливорює безпосереднє застосування методів випробування матеріалів на втому до ресор, полягає в нечіткості поняття “статичне напруження в ресорі”. На відміну від однорідного матеріального зразка, у ресорі розподіл напружень нерівномірний і залежить від багатьох чинників – тертя між листами, наявності зазорів, радіуса кривизни, характеру навантаження тощо. Тому визначення середнього статичного напруження для такої системи є умовним і не може бути достовірною основою для розрахунку довговічності.

Треба модернізувати підходи до стандартизації та випробування ресор, орієнтуючись не лише на матеріальні властивості, а й на повну конструктивну взаємодію елементів системи.

Сучасна методика має базуватися на комплексному поєднанні цифрового моделювання, експериментальних вимірювань напружень і натурних дорожніх випробувань, що дозволить підвищити точність оцінки надійності та довговічності українських автомобільних ресор.

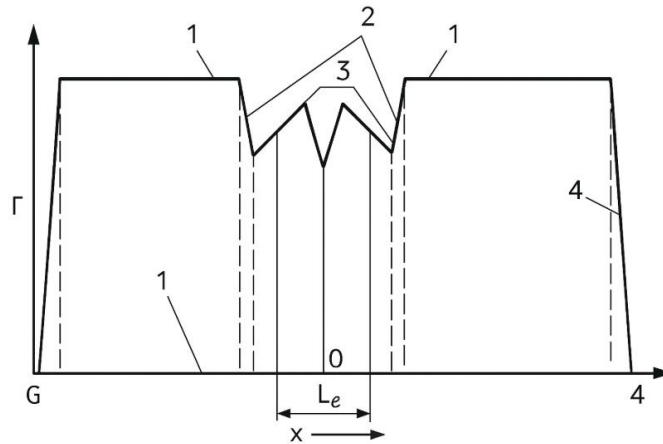


Рисунок 4.3. Епюра напружень для однолистової параболічної ресори, схема випробувань якої наведена на рис. 4.1, в: 1 – робочі ділянки (змінні, товщина яких змінюється за параболічним законом); 2 – перехідні ділянки від центральної частини постійної товщини до робочих (параболічних) зон; 3 – межі центральної ділянки постійної товщини; 4 – кінцева ділянка постійної товщини; L_e – довжина зони закріплення ресори.

Третій принцип визначення статичного напруження полягає у прирівнюванні його до максимального значення напруження в центральному перерізі листів ресори. Або, інакше кажучи, – до напруження в найбільш навантаженому листі ресори:

$$\sigma_{\text{ст}_{\max}} = P_{\text{к}} \frac{L_{p1} L_{p2} Z_{\max}}{L_p \sum_i J_i} \quad (4.5)$$

Саме цей підхід було закладено в основу розрахунку осідання ресори на вимогу представників автомобільного заводу, які довели: якби використовувався перший принцип, а не цей, то під час випробувань ресор, зокрема тих, що мають листи різної товщини, виникали б напруження, що перевищують межу міцності матеріалу. Це, своєю чергою, могло б призвести до руйнування ресори ще на етапі випробувань на осідання.

Проте принцип №3 у межах чинної нормативної методики застосовується лише для розрахунку осідання ресори і не поширюється на визначення параметрів циклічних випробувань.

З огляду на це, доцільно було б розробити оновлену модифікацію методики, яка б враховувала вплив фіксації ресори за допомогою стрем'янок (відповідно до реальних умов закріплення, тобто запровадити четвертий принцип):

$$\sigma_{\text{ст}_{\text{max}}} = P_{\text{к}} \frac{L_{\text{p}_1} L_{\text{p}_2} Z_{\text{max}}}{L_{\text{p}} \sum_i J_i} \sqrt[3]{C/C_3} \quad (4.6).$$

На жаль, така адаптація досі не реалізована, що обмежує точність розрахунків і створює розрив між умовами лабораторних випробувань та реальною роботою ресори в транспортному засобі.

Оскільки для параболічного профілю характерна рівність напружень на його робочій частині, тут відсутня прив'язка до будь-якого конкретного локального перетину. Цей принцип обґрунтований тим, що для листів параболічного профілю розміри центрального перетину абсолютно не пов'язані з розмірами перетинів робочої частини, що робить застосування принципів № 1 – 4 недоцільним.

Проте принцип № 5 також не вирішує проблему, оскільки він працює лише для канонічної конструкції малолистової (параболічної) ресори, тобто коли всі листи мають однаковий параболічний профіль. Відхилення від цієї конструкції — наявність листів з різним параболічним профілем у трапецієвидно-параболічних ресорах, комбінованих з листів постійного та параболічного профілю, а також двоступеневих ресор зі зв'язки двох пакетів із різним початком роботи та динамікою навантаження – знову створює проблему невизначеності.

У результаті виникає потреба у принципі № 6: «статичне напруження в листовій ресорі – це максимальне розтягуюче напруження в її листах під дією статичного навантаження».

Цей підхід не прив'язаний до конкретного локального перетину – ні до центрального, ні до перетинів робочої частини листів. Тобто формулювання

цього принципу повністю відповідає вимозі визначення напруження в найбільш навантаженому листі ресори, але без обов'язкової прив'язки до центрального перетину.

Різноманітність принципів визначення величини статичного напруження $\sigma_{ст}$ у листових ресорах тісно пов'язана з їх конструктивною різноманітністю, що саме по собі створює умови для невизначеності $\sigma_{ст}$, як наслідок, для невизначеності параметрів режиму випробувань ресор. Тому задача точного розрахунку ходу преса при стендових циклічних випробуваннях ресор на довговічність через невизначеність величини статичних напружень фізично не має однозначного рішення. Це питання давно враховується фахівцями, які займаються цією проблематикою.

Проте ситуація не безнадійна. Якщо стендовими циклічними випробуваннями ресор займаються не лише прихильники стандартного підходу, то можливі й інші методи вирішення проблеми. Таке рішення існує і полягає у наступному.

Якщо $P_3(P)$ – Залежність прогину ресори в зоні жорсткої фіксації стременими від прикладеного навантаження P , визначена під час статичних стендових випробувань ресори, то величину ходу преса S розраховують за формулою:

$$S = F_3(P_{max}) - F_3(P_{min}) \quad (4.7)$$

Саме такий підхід використовують у сучасній практиці. Проте значення $P_{тах}$ і P_{min} у різних країнах відрізняються: в Італії – $P_{тах} = 1,5 P_{Ее}$ і $P_{min} = 100$ даН; у Швеції – $P_{тах} = 5P/3$ і $P_{min} = P/3$; в Індії – $P_{тах} = 2P_e$ і $P_{min} = 0,5P_k$.

Порівняння залежностей показує, що вони подібні, але одна використовує в якості аргументів напруження σ , тоді як інша – навантаження P . При цьому переваги другої методики очевидні:

1. Метод використовує зовнішній параметр, пов'язаний із $P_{тах}$ (статичним навантаженням на ресору у підвісці транспортного засобу), що усуває проблему його визначення та дозволяє безпосередньо порівнювати

результати стендових випробувань із результатами дорожніх випробувань ресори.

2. Метод не пов'язаний із випробуванням лише матеріалу ресори, а є тестуванням циклічної довговічності самої ресори як складного пружного елемента підвіски.
3. Він не залежить від внутрішніх параметрів ресори (зокрема від статичних напружень $\sigma_{ст}$, значення яких невизначені), що дає змогу проводити порівняльний аналіз результатів стендових випробувань ресор з різними конструкціями, матеріалами та технологіями виробництва, призначених для роботи в однакових експлуатаційних умовах.

При цьому відпадає потреба в подвійних статичних випробуваннях. Достатньо одного випробування для визначення пружної характеристики ресори із защемленням стременами.

Таким чином, є всі підстави стверджувати, що необхідність комплексного оновлення чинних методик випробувань і розрахунку листових ресор є очевидною та актуальною. Лише системна модернізація нормативної бази дозволить розширити сферу її застосування, забезпечити відповідність сучасним вимогам та усунути суттєві обмеження, які перешкоджають виробництву конкурентоспроможних конструкцій ресор.

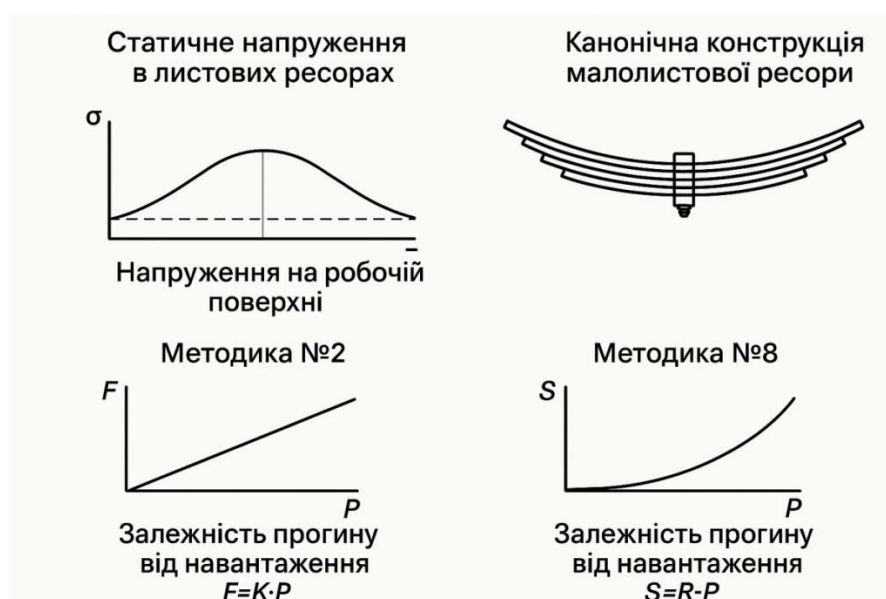


Рисунок 4.5 – Різниця між підходами та принципами визначення статичного напруження

На рисунку 4.6 показано, як під час руху автомобіля змінюється навантаження на ресору. Колесо сприймає удари від нерівностей дороги й передає їх через ресору та амортизатор на раму транспортного засобу. На графіку справа видно, що сила навантаження постійно коливається між значеннями P_{max} і P_{min} . Відстань між ними показує хід ресори S , тобто, наскільки вона стискається і розтягується під час роботи. Такий характер зміни навантаження відображає динамічний режим роботи ресори, який враховується під час стендових і дорожніх випробувань.

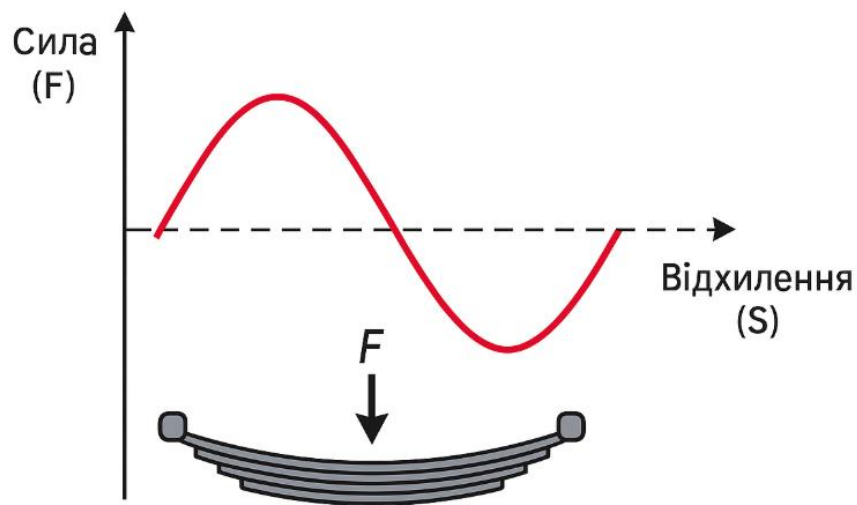


Рисунок 4.6 – Динаміка зміни навантаження на ресорі в підвісці ТЗ

Без такого оновлення неможливо гарантувати надійність і довговічність підвісок сучасних транспортних засобів, а також адаптацію якості українських ресор до вимог міжнародних виробників автомобільної техніки.

Подальша модернізація методичної бази має передбачати перехід від матеріального до конструкційного підходу в оцінюванні довговічності ресор. Це означає, що під час випробувань необхідно враховувати реальні умови роботи ресори у складі підвіски транспортного засобу, а також вплив динамічних навантажень, тертя між листами, зміни температури та особливості кріплення.

Ключовими напрямками удосконалення є:

- розроблення нових стандартів випробувань, адаптованих до різних типів ресор (багатолистових, параболічних, комбінованих);

- впровадження цифрового моделювання (CAE, FEM) для прогнозування зон концентрації напружень і визначення ресурсу;
- створення сучасних випробувальних стендів з можливістю регулювання амплітуди навантаження;
- формування національної бази даних результатів випробувань, що забезпечить уніфікацію та порівнянність результатів.

Реалізація цих заходів забезпечить точнішу оцінку ресурсу ресор, скоротить час випробувань і підвищить надійність та конкурентоспроможність українських підвісок на міжнародному ринку.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Характеристика ділянки щодо небезпечності роботи

До першого виду потенційної небезпеки відноситься динамічний вплив на людину (поштовхи, удари та ін.) виконавчих пристроїв чи інших механізмів верстатів, що рухаються.

До другого виду потенційної небезпеки відноситься механічний вплив на людину (захоплення, притиски, здавлювання та ін.) виконавчими пристроями або механічними елементами, які переміщуються один відносно одного.

До третього виду потенційних небезпек відносяться фактори, властиві для експлуатації електрообладнання: електричний струм, електричний удар, електродуга.

При роботі на ділянках ремонтного виробництва основним небезпечним фактором, загрожуючим життю працюючих є враження їх електричним струмом.

Основними причинами електротравматизму являються:

1. Поява напруги на частинах установки і машин, що не знаходяться під напругою в нормальних умовах експлуатації (корпуса, пульти та інше). Найчастіше це відбувається при пошкодженні ізоляції в електродвигунах, кабелях і проводах.

2. Поява крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання струмоведучих проводів на землі.

3. До інших можна віднести неузгодженість і помилкові дії персоналу та відсутність нагляду за електроустаткуванням.

У відношенні небезпеки враження електричним струмом, ділянку можна віднести до категорії приміщень без підвищеної небезпеки враження людини електричним струмом, тобто це приміщення з нормальною температурою, вологістю до 60%, із ізольованими підлогами та невеликою кількістю заземлених предметів.

Також небезпечним фактором є наявність у відділенні мостового крану і кран-балок, які використовуються для переміщення важких та великогабаритних предметів.

При роботі із кран-балкою необхідно дотримуватися норм і правил техніки безпеки при роботі з підйомно-транспортними машинами.

5.2 Технічні заходи, передбачені в проекті для безпеки праці

При розробці і організації на АРЗ технологічних процесів із них по мірі можливості необхідно вилучити операції і роботи, які супроводжуються виділенням надлишкового тепла, вологи і шкідливих речовин, а при монтажі і експлуатації технологічного обладнання слід передбачувати заходи по попередженню або зменшенню до мінімуму шкідливих виділень в повітря приміщення.

Нормальні метеорологічні умови можуть бути забезпечені такими основними організаційними і інженерно-технічними заходами: механізацією; дистанційним керуванням виробничими процесами; засобами особистої гігієни; обладнанням ефективної вентиляції і опалення.

Важка фізична праця при високих температурах повітря сприяє більш швидкому порушенню терморегуляції організму, тому в першу чергу механізувати ручну роботу необхідно в приміщеннях із значним надлишком тепла.

В якості основних заходів по захисту від шкідливих речовин необхідно виділити: розробку інструкцій по безпеці праці при застосуванні шкідливих речовин; своєчасний контроль за вмістом шкідливих речовин в повітрі робочої зони; спеціальну підготовку і інструктаж обслуговуючого персоналу; обладнання місцевої витяжної вентиляції; застосування засобів індивідуального захисту робітників.

Вентиляція передбачається для забезпечення в виробничих, допоміжних і побутових приміщеннях АРЗ параметрів повітряного середовища, які задовольняють санітарно-гігієнічним вимогам. В основному на АРЗ

проектуються загальнообмінна механічна приточно-витяжна вентиляція, місцева витяжна і в деяких випадках місцева приточна вентиляція. При проектуванні вентиляції повинні виконуватися вимоги ДБН В.2.5-67:2013 – «Опалення, вентиляція та кондиціонування» і ДСТУ 16798-3:2020 – «Енергоефективність будівель. Вентиляція приміщень. Частина 3: Виконання вимог до вентиляції та кондиціонування повітря».

В приміщеннях, в яких виділяються шкідливі гази і пари 1-3 класів небезпеки, при приляганні до них приміщень з виробництвом категорій В, Г і Д і допоміжних приміщень повинні передбачуватися продуктивність приточної вентиляції на 5% менше продуктивності витяжної вентиляції. При цьому розрідження не слід передбачати, якщо прилягаючі приміщення відділені стінами або перегородками без дверних або інших прорізів.

Загальнообмінна витяжка і місцева витяжна вентиляція (місцеві відсоси) повинні бути відокремлені.

Окремо від інших місцевих відсосів повинні проектуватися місцеві відсоси від робочих постів.

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 передбачені 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 пилу $0,2 \text{ м/с}$; 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 $d_{\text{ае}}$ – 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 зонти, м;

$d_{âê}$ – еквівалентний діаметр зонти 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 зонти v_u , м/с

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

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

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

При $\alpha = 60^\circ$ визначаємо поправочний коефіцієнт $\eta = 1$.

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

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 Заходи з техніки безпеки на дільниці

Роботи повинні виконуватися тільки на дільницях, які оснащені примусовою вентиляцією і засобами пожежної техніки.

Всі особи, які зв'язані з роботами на дільниці, повинні проходити попередні і періодичні медичні огляди. До самостійної роботи вони можуть бути допущені тільки після навчання, інструктажу і перевірки знань правил безпечної роботи і протипожежної безпеки.

При очищенні поверхонь від іржі, старої фарби, при шліфуванні поверхонь робітники повинні використовувати безклапанний респіратор.

При небезпечних роботах робітник повинен застосовувати спецодяг, респіратор, захисні окуляри і захисні дерматологічні засоби.

При використанні переносного електрифікованого інструменту (електрощітки, електрошліфовки) необхідно надівати діелектричні гумові рукавички, а в вологих місцях – діелектричні калоші. При перерві в роботі електрофікований інструмент повинен бути відключений.

Основними причинами ураження персоналу електричним струмом є доторкання до відкритих струмоведучих частин або струмопровідних не струмоведучих елементів обладнання, які опинилися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції або з інших причин.

Джерела живлення обладнання живляться від мережі із змінним струмом з напругою 380 В, тому ми застосовуємо занулення для захисту від ураження струмом в аварійному стані.

Зануленню підлягає електрообладнання у виробничих приміщеннях, що живиться струмом з напругою понад 42 В змінного та 110 В постійного струму. Нульовий провід додатково заземлено (багатократно), у разі не спрацювання занулення він виступить в ролі заземлення.

Двері шаф, при відкриванні яких можливий доступ до відкритих частин, що знаходиться під напругою понад 42 В змінного чи 110 В постійного струму, мають блокування, що забезпечує відключення пристроїв, що знаходяться всередині шафи, які живляться від мережі. При цьому вхідні затиски, що залишаються під напругою, захищені від випадкових доторкань, а блокування не має відкритих струмоведучих частин, що знаходяться під напругою.

На видних місцях шаф, що мають пристрої, які знаходяться під напругою понад 42 В змінного чи 110 В постійного струму, нанесений попереджувальний знак за ДСТУ ISO 7010:2019.

Як засоби безпеки на механічному обладнанні (наприклад, на пресі гвинтовому) використовуємо механічні огороження (панелі) із блокуючими пристроями, що виключають можливість проникнення людини в небезпечну зону при роботі обладнання. Огороження зовні пофарбовані жовто-чорними смугами, які нахилені під кутом 45°.

Освітлення має істотне значення в зниженні виробничого травматизму, зменшуючи потенційну небезпеку багатьох виробничих факторів, захворювання органів зору, створює нормальні умови праці та підвищує загальну працездатність організму.

З метою оптимізації виробничого освітлення передбачено:

- використання газорозрядних джерел світла, що дає можливість підвищити рівень освітлення при електрозварювальних роботах до 300 лк при загальному освітленні без додаткових витрат електроенергії;
- обмеження прямої блискучості за рахунок вибору конструкції світильників;
- очищення світильників та вікон від забруднень один раз на три місяці;
- фарбування стін титановим або цинковим білилом з високим коефіцієнтом відбивання для видимого світла та низьким коефіцієнтом для ультрафіолетових променів.

Чистити обладнання потрібно інструментом з кольорового металу, який не дає іскри (алюміній, мідь, латунь).

Порожня тара з-під паливо-мастильних матеріалів повинна зберігатися на спеціально виділеній площадці на відстані не менше 25 м від приміщення дільниці.

На дільниці забороняється палити, користуватися відкритим вогнем, нагрітими паяльниками і переносними ручними лампами, зберігати харчові продукти і їсти.

Після закінчення роботи необхідно вимкнути пускове пристосування і рубильники; очистити від забруднень механізми, обладнання і інструменти; очистити робоче місце прибрати обладнання, інструмент, захисне приладдя і спецодяг; ретельно вимити з допомогою щітки руки теплою водою з милом. Якщо робота проводилася з речовинами, які містять свинцеві з'єднання, необхідно попередньо вимити руки 1%-ним розчином кальцеюваної соди, а потім вимити з милом, потім вимити лице теплою водою з милом, прополоскати рот і почистити зуби.

ВИСНОВКИ

На основі проведеного комплексного аналізу діяльності та техніко-економічних показників автотранспортного підприємства (АТП), а також за результатами розроблених проектних рішень, можна сформулювати наступні висновки:

1. Результати аналізу поточного стану:

- Встановлено, що рівень оснащення підприємства сучасним технологічним обладнанням для обслуговування підвіски та рульового керування є недостатнім.

- Існуюча система організації технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР) рухомого складу (зокрема малотоннажних автомобілів Ford Transit) вимагає суттєвого вдосконалення через високий рівень простоїв.

- Виявлено необхідність розробки та впровадження комплексу заходів щодо модернізації виробничо-технічної бази для підвищення надійності рухомого складу.

2. Запропоновані проектні та технологічні рішення:

- Розроблено раціональну організаційну структуру технічної служби АТП, що забезпечує чітку координацію між відділами та виробничими дільницями.

- Запропоновано сучасний комплект обладнання для діагностування та технічного обслуговування підвіски, що дозволяє виявляти несправності на ранніх стадіях.

- Визначено оптимальну чисельність штату працівників (слюсарів, діагностів), виходячи з розрахованої річної трудомісткості робіт у 16 789 люд.-год для ПР та 3 363 люд.-год для ТО-1/ТО-2.

3. Науково-конструкторська розробка:

- З метою підвищення ефективності роботи в холодну пору року та зменшення зносу деталей підвіски при передрейсовій підготовці, запропоновано модернізовану установку для прогріву.

- Досліджено динаміку зміни навантаження на ресорі, що дозволило обґрунтувати вибір конструктивних параметрів підйомного обладнання та режимів обслуговування.

4. Економічна ефективність проекту:

- Впровадження запропонованої установки прогріву дозволяє досягти економії ресурсів на суму близько 3 247 тис. грн.

- Сумарний річний економічний ефект від реалізації проекту реконструкції становить 3 274 тис. грн..

- Термін окупності капітальних інвестицій складає 2,38 року, що свідчить про високу інвестиційну привабливість та доцільність проекту.

Запропонований проект повністю відповідає сучасним вимогам технічної експлуатації автомобільного транспорту та забезпечує сталий розвиток виробничого потенціалу АТП.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, М.Г. Левкович, Д.В. Міронов, В.О. Тесля. – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – 60 с.
2. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / О.М. Коробочка, Е.С. Скорняков, О.О. Сасов – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.
3. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів. Технологія: підручник / О.А. Лудченко. – Київ: Знання-Прес, 2007. – 527с.
4. Будова й експлуатація автомобілів / В.Ф. Кисликов, В.В. Лущик – К.: Либідь, 2016. – 400 с.
5. Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Підручник: У 2 кн. / О.П. Строков, М.Г. Макаренко, В.Ф. Фролов. – К.: Грамота, 2005.
6. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів / І.Б. Гевко, Р.М. Рогатинський, О.Л. Ляшук, М.Г. Левкович, В.З. Гудь, М.Я. Сташків, М.Д. Сіправська – Тернопіль: ТНТУ, 2021. – 550 с.
7. Основи технічного сервісу транспортних засобів / Є.Ю. Форнальчик, Р.Я. Качмар. – Львівська політехніка, 2017 – 324 с.
8. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю.Ю. Кукурудзяк, В.В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.
9. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека»: навчальний посібник / В.С. Стручок.– Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. – 156 с.
10. Безпека в надзвичайних ситуаціях: методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня "магістр" всіх спец. денної та заочної (дистанційної) форм навч. / В.С. Стручок.– Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. – 156 с.
11. Будова й експлуатація автомобілів / В.Ф. Кисляков, В.В. Лущик. –

Київ: Либідь, 2000. – 400 с.

12. Технологічне проектування автотранспортних підприємств / В.З. Докуніхін, Н.Ф. Кущевська, В.В. Малишев/ – Видавництво: Університет "Україна", 2021.– 146 с.

13. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: навч. посіб. / С.І. Андрусенко, В.О. Білецький, П.І. Бортницький; за ред. проф. С.І. Андрусенка. – К. : Каравела, 2009. – 368 с.

14. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП: Навчальний посібник / І.Б. Гевко, О.Л. Ляшук, І.В. Луциків, У.М. Плекан, В.М. Клендій - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.

16. 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.

17. 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 .

18. Підвіски транспортних засобів: динаміка та міцність: монографія / В.П. Волков, С.В. Пєвнєв та ін. – Харків : ХНАДУ, 2012. – 240 с.

19. Основи теорії та розрахунку автомобіля : навч. посіб. / В.П. Сахно. – К. : Вища школа, 2004. – 210 с.

20. Гандзюк М. П. Основи охорони праці : підручник / М. П. Гандзюк, Є. П. Желібо, М. О. Халімовський ; за ред. М. П. Гандзюка. – 5-те вид. – К. : Каравела, 2011. – 384 с.

21. Ford Transit. Посібник з ремонту та експлуатації. – Моноліт, 2019. – 442 с.

22. Інтернет ресурси.