

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проектування другого технічного обслуговування автобусів Etalon A12210 з дослідженням циліндро-поршневої групи дизельних двз.

Виконав: студент 6 курсу, групи МАМ-61
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Андрій ГАЛУНЬКА
(підпис) (Ім'я та прізвище)

Керівник Віктор ГУДЬ
(підпис) (Ім'я та прізвище)

Нормоконтроль Михайло ЛЕВКОВИЧ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зав. кафедри Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (Ім'я та прізвище)

Рецензент
(підпис) (Ім'я та прізвище)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)
«14» листопада 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Галуниць Андрію Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування другого технічного обслуговування автобусів Etalon A12210 з дослідженням циліндро-поршневої групи дизельних двз.

Керівник роботи Гудь Віктор Зіновійович., д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 14 » листопада 2025 року № 4/7-970

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 грудня 2025

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес другого технічного обслуговування автобусів Etalon A12210

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

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.
4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Конвеєр штовхаючого типу – 1А1.

Канавний пілійомник – 1А1.

Гайковерт – 1А1.

Салідолонагнітач – 1А1.

Стенд для перевірки генераторів, стартерів і реле-регуляторів – 1А1.

Результати наукових досліджень – 2А1.

Зона ТО-2 – 1А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання 14.11.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	19.11.25	
2	Технологічний розділ	26.11.25	
3	Конструкторський розділ	03.12.25	
4	Науково-дослідний розділ	10.12.25	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	17.12.25	
6	Оформлення графічної частини	17.12.25	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра		

Студент

(підпис)

Андрій ГАЛУНЬКА

(Ім'я та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Віктор ГУДЬ

(Ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Проектування другого технічного обслуговування автобусів Etalon A12210 з дослідженням циліндро-поршневої групи дизельних двз.».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра д.т.н. Гудь В.З.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 80 сторінок формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини 3 сторінки додатків.

Ключові слова: ремонтпридатність, моторесурс, циліндро-поршнева група, діагностика двигуна, технічне обслуговування.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1 Огляд автобусів на контрольно-технічному пункті (КТП).....	8
1.2 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра.....	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	16
2.1 Розроблення технологічного процесу ТО автобусів.....	16
2.2 Розрахунок необхідної кількості обладнання в зоні ТО-2.....	33
2.3 Планувальне рішення зони ТО-2 автобусів.....	37
2.3.1 Загальні вимоги до проектування зони ТО-2.....	37
2.3.2 Розрахунок площі зони ТО-2.....	39
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	40
3.1 Конструктивні особливості та принципова будова канавного гідравлічного підйомника.....	40
3.1.1 Розрахунок гідравлічного приводу.....	41
3.1.2 Розрахунок геометричних параметрів шестеренного насоса.....	45
3.2 Електромеханічний нагнітач консистентних мастил.....	46
3.2.1 Розрахунок циліндрової пружини стискання насоса високого тиску електромеханічного нагнітача консистентних мастил.....	47
3.2.2 Розрахунок шпонкового з'єднання вихідного вала електродвигуна електромеханічного нагнітача консистентних мастил.....	50
3.3 Стенд для обкатки та випробування автобусів.....	51
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	62
4.1 Дослідження параметрів технічного стану циліндро-поршневої групи дизельних двигунів вакуумметричним методом	62
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	70
5.1 Заходи по поліпшенню умов праці.....	70
5.2 Заходи з цивільного захисту при надзвичайних ситуаціях.....	73
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	77
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	78

ВСТУП

Ефективність функціонування автомобільного транспорту значною мірою визначається рівнем технічної готовності рухомого складу та раціональною організацією його технічного обслуговування. Автобуси марки Etalon, що широко застосовуються в міських і приміських перевезеннях, працюють в інтенсивних умовах експлуатації, характеризуються значними циклограмами навантажень і потребують своєчасного проведення регламентних робіт. Система технічного обслуговування таких транспортних засобів повинна забезпечувати стабільний технічний стан основних агрегатів, мінімізацію простоїв і зниження витрат на експлуатацію.

Серед вузлів, що суттєво впливають на надійність і ресурс дизельного двигуна, провідне місце займає циліндро-поршнева група (ЦПГ). Її технічний стан визначає компресію, потужнісні характеристики, паливну економічність, рівень токсичності відпрацьованих газів та загальний моторесурс. Інтенсивне тертя, високі температури згоряння, циклічні навантаження і можливі порушення у мастильній та охолоджувальній системах призводять до зношування поверхонь циліндрів, поршнів, кілець і пальців. Вчасна діагностика й контроль параметрів зношування ЦПГ дозволяють попередити ранні відмови двигуна та оптимізувати регламентні операції ТО-2.

Проектування технології другого технічного обслуговування (ТО-2) для автобусів Etalon із поглибленим дослідженням стану циліндро-поршневої групи є актуальним завданням, спрямованим на підвищення ефективності технічної експлуатації, скорочення витрат на ремонт та підвищення безпеки пасажирських перевезень. Належна організація ТО-2 передбачає удосконалення переліку регламентних робіт, оптимізацію трудових і матеріальних витрат, використання сучасних методів діагностики та оцінки технічного стану елементів двигуна.

Актуальність теми також зумовлена потребою адаптації традиційних підходів до технічного обслуговування з урахуванням сучасних вимог енергоефективності, надійності та екологічної безпеки. Дослідження технічного стану ЦПГ дозволяє оцінити закономірності її зношування у реальних умовах

експлуатації, сформувавши рекомендації щодо продовження ресурсу, удосконалити структуру і зміст ТО-2, а також підвищити загальну ефективність сервісної інфраструктури автотранспортних підприємств.

Таким чином, дана кваліфікаційна робота спрямована на розроблення проєктних рішень для виконання другого технічного обслуговування автобусів Etalon, а також на комплексне дослідження технічного стану циліндро-поршневої групи дизельних двигунів з метою підвищення надійності, довговічності та економічності їх експлуатації.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Огляд автобусів на контрольно-технічному пункті (КТП)

Організація якісного контролю технічного стану рухомого складу перед виїздом на маршрут та після його завершення є ключовою складовою системи технічної експлуатації автомобільного транспорту. На рис. 1.1 наведено узагальнену схему основних транспортно-технологічних потоків автотранспортного підприємства, що відображає логістичну взаємодію зон обслуговування, діагностики та забезпечення.

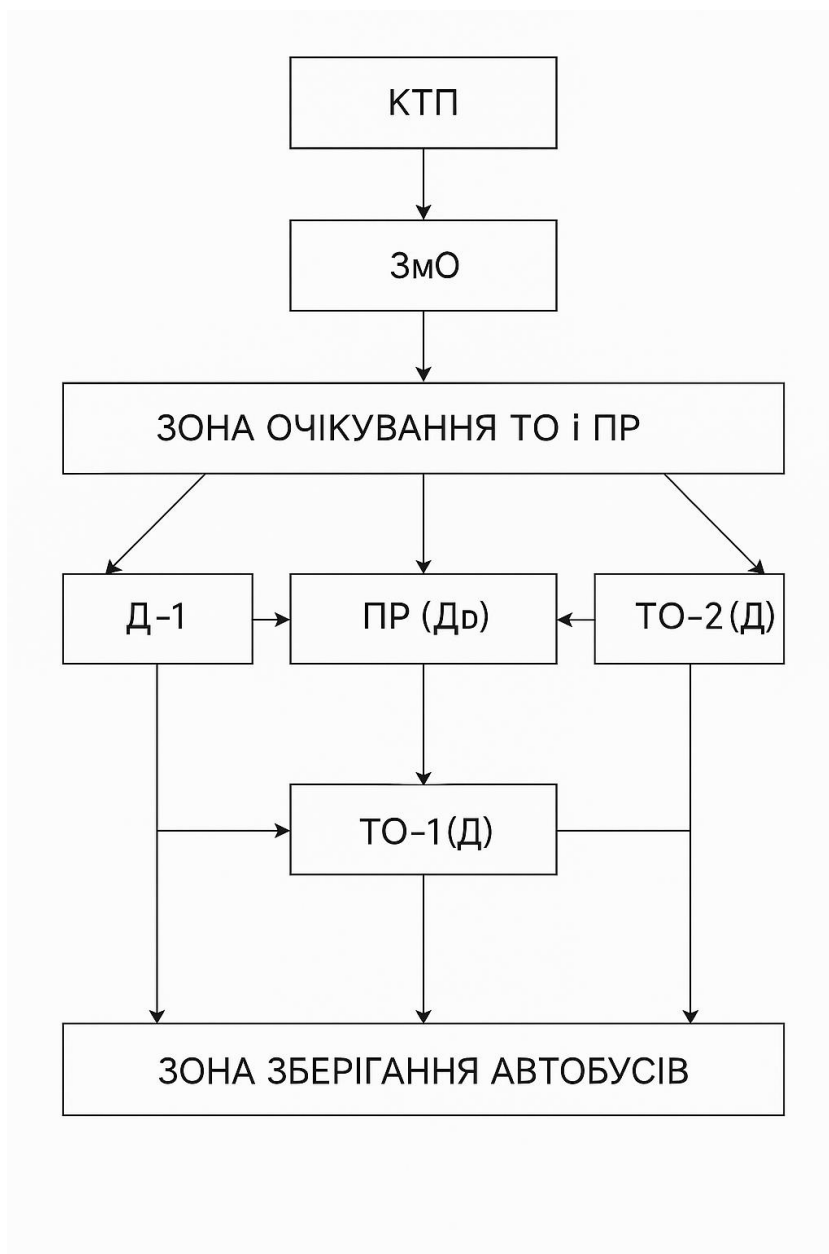


Рис. 1.1. Логістична модель взаємодії технологічних зон і вантажопотоків у структурі автотранспортного підприємства.

Контрольно-технічний пункт (КТП) виконує функцію первинної ланки контролю технічного стану автобусів і забезпечує безперервність технологічного процесу технічної експлуатації. Саме на цьому етапі фіксується фактична справність транспортного засобу, перевіряється відповідність основних систем встановленим технічним вимогам та приймається рішення про допуск автобуса до роботи на лінії.

КТП підприємства оснащений чотирма окремими проїздами, два з яких обладнані оглядовими канавами, що дозволяють здійснювати поглиблений експрес-контроль елементів ходової частини, гальмівної системи, підвіски та вузлів нижнього розташування дизельного двигуна. Використання оглядових канав дає можливість оперативно виявляти ознаки витоків робочих рідин, несправності підвіски, пошкодження елементів випускної системи та інші дефекти, які можуть впливати на безпечність пасажирських перевезень.

Огляд перед виїздом на маршрут включає перевірку працездатності зовнішніх світлових приладів, стану шин, наявності сторонніх шумів під час роботи силового агрегату, правильності роботи рульового керування та гальмівних систем. Після повернення з лінії здійснюється повторний контроль з метою фіксації можливих відмов або ознак зношування, що виникли протягом зміни, а також вирішується питання щодо необхідності проведення технічного обслуговування чи поточного ремонту.

Змінне обслуговування передбачає виконання комплексу прибирально-мийних робіт, що здійснюються на двох потокових лініях механізованого очищення автобусів. Кожна лінія оснащена штовхальним конвеєром моделі 4120 та автоматизованою мийною установкою типу ЦКБ-1152, що забезпечує продуктивність на рівні 20–30 транспортних засобів за годину. Після завершення мийного циклу забруднені стічні води направляються на локальні очисні споруди, де відбувається їхнє осадження та фільтрація.

Разом з тим, аналіз роботи дільниці механізованого миття виявив низку недоліків, які знижують ефективність процесу та порушують вимоги безпечної експлуатації. Зокрема, фіксуються періодичні відхилення від правил електрозахисту, що створює додаткові ризики для персоналу. Крім того, існуючі мийні установки конструктивно не призначені для обслуговування

великогабаритних транспортних засобів, таких як автобуси-тягачі з напівпричепами. Миття такої техніки вимушено здійснюється на відкритому майданчику за допомогою ручних шлангових пристроїв, що є порушенням технологічних регламентів і санітарно-гігієнічних норм.

До суттєвих недоліків також належить відсутність механізованого обладнання для видалення осаду з очисних споруд, що ускладнює їхнє регулярне обслуговування. Крім того, на підприємстві не передбачено спеціалізованого поста для санітарної обробки салонів автобусів, що знижує рівень загальної гігієни та комфортності пасажирських перевезень.

Діагностування рухомого складу. На даному етапі розвитку автотранспортного підприємства спеціалізовані діагностичні пости повного циклу ще не впроваджені. Водночас окремі елементи системи контролю технічного стану вже функціонують у складі контрольно-технічного пункту (КТП), де організовано перевірку концентрації оксиду вуглецю у відпрацьованих газах дизельних та бензинових силових агрегатів.

У головному виробничому корпусі, на технологічній лінії проведення технічного обслуговування першої категорії (ТО-1), розміщено пост поелементної діагностики, призначений для оцінювання стану окремих систем та агрегатів автобуса. Додатково функціонують два пости експрес-діагностики, які дозволяють оперативно встановлювати наявність типових відмов і відхилень у роботі ключових вузлів без виконання складних розбірних операцій.

Технічне обслуговування першої (ТО-1) та другої (ТО-2) категорій здійснюється на центральному виробничому майданчику, розташованому в межах головного виробничого корпусу автотранспортного підприємства. Загальна площа цієї ділянки становить 149 м², що дозволяє організувати одночасне виконання базових регламентних операцій з обслуговування рухомого складу.

Виробнича зона оснащена кран-балками вантажопідйомністю 3,2 т, які забезпечують можливість переміщення агрегатів та вузлів під час виконання робіт ТО-1, ТО-2 та поточного ремонту (ПР). Наявність підйомно-

транспортного обладнання підвищує технологічну гнучкість дільниці та спрощує доступ до елементів нижньої частини кузова і силового агрегату.

Разом з тим, недостатня забезпеченість робочих постів сучасним технологічним устаткуванням та спеціалізованим інструментом істотно знижує продуктивність процесів технічного обслуговування. Лінії ТО у їхньому теперішньому стані не дають змоги виконувати повний перелік регламентних операцій у відповідності з вимогами нормативно-технічної документації, що потребує подальшої модернізації та переоснащення виробничої зони.

Поточний ремонт рухомого складу на автотранспортному підприємстві організовано у головному виробничому корпусі та спеціалізованій зоні ПР, де роботи виконуються на тринадцяти тупикових постах. Частина з цих постів обладнана оглядовими канавами, що дозволяє здійснювати технічні втручання в елементи ходової частини та нижньому розташуванні агрегатів. Окремі операції поточного ремонту виконуються на відкритих майданчиках, що свідчить про дефіцит критих робочих площ та недостатню оснащеність внутрішніх зон.

Організація ремонтного процесу базується на агрегатно-вузловому методі, який передбачає заміну або відновлення окремих складальних одиниць без проведення повного розбирання автобуса. Такий підхід дає змогу скоротити простої транспортних засобів, однак вимагає наявності відповідного складського фонду агрегатів та їхньої належної ремонтної бази.

Попри існуючу інфраструктуру, наявна зона ПР не повністю задовольняє потреби підприємства щодо обсягів та номенклатури ремонтних робіт. Аналіз її функціонування свідчить про порушення окремих вимог техніки безпеки, технологічних регламентів та санітарно-гігієнічних норм. Ці відхилення вказують на необхідність модернізації матеріально-технічної бази, оптимізації організаційних процесів та підвищення рівня контролю за виконанням ремонтних операцій.

Ремонт окремих вузлів та агрегатів виконується на спеціалізованих дільницях, розташованих у виробничих корпусах автотранспортного підприємства. Кожна така дільниця функціонує в окремому приміщенні, що не

має прямого технологічного зв'язку з основним потоком ремонту автобусів.

Комплексний перелік ділень та їх площі наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Перелік ділень головного виробничого корпусу.

№	Найменування ділянок	Площа, м ²
1	Механічна ділянка	54
2	Столярна ділянка	54
3	Ділянка з ремонту ведучих мостів	27
4	Агрегатно-моторна ділянка	54
5	Ділянка ремонту гальмівної системи автомобілів	16
6	Ділянка ремонту коробок передач	16
7	Електротехнічна ділянка	16
8	Ділянка з діагностики	36
9	Акумуляторна ділянка	36
10	Ковальський-ресорна ділянка	45
11	Ділянка шиномонтажних робіт	40

Механічна ділянка має істотні недоліки у технічному оснащенні. Верстатний парк представлений переважно застарілими токарно-гвинторізними верстатами, які вже не відповідають сучасним вимогам щодо точності та продуктивності обробки. Водночас відсутні стругальні, фрезерні та заточувальні верстати, що значно обмежує можливості виконання широкого спектра механічних операцій при відновленні деталей.

Столярна ділянка також має недостатню забезпеченість деревообробним інструментом та обладнанням, необхідним для виготовлення і ремонту кузовних елементів. Відсутність підйомно-транспортних засобів ускладнює переміщення габаритних дерев'яних конструкцій та обмежує продуктивність виконання робіт. Аналогічні проблеми спостерігаються і на шпалерній ділянці, де рівень технологічного оснащення не відповідає повному обсягу робіт із відновлення внутрішнього облицювання салонів автобусів.

Агрегатно-моторна ділянка розміщена у межах виробничого корпусу, однак її забезпеченість підйомно-транспортним обладнанням залишається

недостатньою, що знижує ефективність виконання робіт з демонтажу та монтажу великих агрегатів.

У виробничому корпусі також розташовано дільниці ремонту гальмівних систем, реставрації деталей та електротехнічна дільниця. Натомість карбюраторна дільниця знаходиться в окремій будівлі контрольно-технічного пункту (КТП) і фактично ізольована від основних виробничих зон технічного обслуговування та поточного ремонту. Вона не має необхідного комплексу технологічного оснащення, що суттєво обмежує її функціональні можливості.

Окремою проблемою є відсутність спеціалізованого приміщення та обладнання для ремонту паливної апаратури дизельних двигунів. Це створює значні технологічні обмеження та потребує подальшої модернізації ремонтної бази підприємства.

Для виконання робіт зі зварювання, відновлення кузовних елементів та ремонту мідно-жерстяних деталей на автотранспортному підприємстві функціонують відповідні спеціалізовані дільниці: зварювально-кузовна, мідницька та ковальсько-ресорна. Однак їхні виробничі площі є обмеженими, а рівень технічного оснащення – недостатнім для виконання повного комплексу операцій згідно з чинними технологічними вимогами. Це зумовлює необхідність проведення комплексної реконструкції та модернізації зазначених дільниць.

Спеціалізовані робочі місця для виконання шиномонтажних та шиноремонтних робіт фактично відсутні або не відповідають потребам підприємства. Наявне технологічне обладнання є застарілим та не забезпечує виконання ремонтних операцій у повному обсязі. У зв'язку з цим дільниця потребує радикального оновлення, включно з розширенням площі, заміною устаткування та переглядом організаційної структури робочих постів.

Дільниця вулканізації розміщена на значній відстані від шиномонтажного відділення та територіально не інтегрована у загальну ремонтну зону. Така ізольованість ускладнює логістику міжопераційних переміщень, збільшує тривалість технологічного циклу та негативно впливає на ефективність ремонтних процесів.

1.2 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра

Метою роботи є комплексне опрацювання технологічних, конструкторських та дослідницьких аспектів технічного обслуговування автобусів, а також аналіз безпечних умов праці в ремонтно-обслуговувальних підрозділах підприємства. Для цього необхідно виконати низку взаємопов'язаних завдань, які охоплюють розроблення технологічного процесу, підбір та розрахунок обладнання, проектування елементів інженерної інфраструктури, а також експериментальне дослідження технічного стану окремих агрегатів двигуна внутрішнього згоряння.

Розробити технологічний процес проведення технічного обслуговування автобусів, визначити послідовність регламентних операцій, їх тривалість і необхідні засоби механізації. Виконати розрахунок кількості технологічного обладнання, що повинно бути встановлене в зоні ТО-2, з урахуванням продуктивності постів, інтенсивності потоку та специфіки парку автобусів.

Обґрунтувати планувальне рішення зони ТО-2:

- сформулювати загальні вимоги до її проектування,
- визначити раціональну схему розміщення робочих постів, зон допоміжного призначення та шляхів руху транспортних засобів,
- виконати розрахунок площі виробничої ділянки згідно з нормативними вимогами та результатами технологічного аналізу.

Розглянути конструктивні особливості та принцип роботи канавного гідравлічного підйомника, що використовується у зоні технічного обслуговування. Провести розрахунок гідравлічного приводу підйомника з визначенням робочих параметрів, силових навантажень і продуктивності. Виконати розрахунок геометричних параметрів шестеренного насоса, який входить до складу гідросистеми. Проаналізувати будову та функціонування електромеханічного нагнітача консистентних мастил. Розрахувати циліндрову пружину стискання насоса високого тиску, визначивши її пружні властивості, геометричні параметри та працездатність. Виконати розрахунок шпонкового з'єднання вихідного вала електродвигуна з робочим органом нагнітача, оцінити

його міцнісні характеристики. Надати технічне обґрунтування конструкції стенда для обкатки й випробування автобусів, визначити його функціональні параметри та вимоги до елементів приводу, барабанів та інерційних мас.

Провести дослідження технічного стану циліндро-поршневої групи дизельних двигунів із використанням вакуумметричного методу. Пояснити принцип дії методу, його інформативність, переваги та діагностичні можливості порівняно з компресометричними способами. Навести аналіз експериментальних даних.

Розробити заходи з поліпшення умов праці у виробничих приміщеннях, визначити способи мінімізації професійних ризиків при виконанні робіт ТО-2 та експлуатації обладнання. Обґрунтувати заходи цивільного захисту, передбачені для дій персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, що можуть виникнути в межах ремонтно-обслуговувального підрозділу.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розроблення технологічного процесу ТО автобусів

Технічне обслуговування автобусів спрямоване на забезпечення їх безперебійної роботи, підтримання належного технічного стану та збереження експлуатаційних властивостей. Основним його призначенням є зменшення швидкості зношування вузлів і агрегатів, попередження виникнення дефектів та своєчасне виявлення відхилень від нормальної роботи для їх оперативного усунення.

Процедури технічного обслуговування мають профілактичний характер і виконуються у встановлені строки відповідно до пробігу транспортного засобу. Суворе дотримання регламентованих інтервалів та повний обсяг робіт у межах кожного виду обслуговування забезпечують стабільну технічну готовність автобуса, зменшують імовірність раптових відмов та скорочують потребу у ремонтних заходах.

Чинна система періодичності обслуговування дає змогу в межах ТО-2 виявляти й запобігати значній частині потенційних несправностей, усуваючи як їхні прояви, так і причини виникнення.

Відомо, що виникнення відмов та несправностей, які порушують нормальне функціонування автобуса, має ймовірнісний характер. У багатьох випадках виконання розбірних контрольних операцій на агрегатах і механізмах не забезпечує очікуваного результату та не дає змоги своєчасно виявити приховані дефекти.

Сучасна практика технічного обслуговування передбачає виконання більшості операцій лише після проведення попереднього контролю фактичного технічного стану. Найбільш перспективним та раціональним вважається застосування методів діагностування без розбирання, які ґрунтуються на використанні спеціалізованих стендів, вимірювальних приладів і контрольно-діагностичного інструменту. Такий підхід дає змогу з високою точністю оцінити стан вузлів і систем автобуса, мінімізувати втручання в конструкцію та підвищити ефективність профілактичних заходів.

Основою процесів технічного обслуговування та діагностування є вимірювання кількісних показників контрольованих параметрів – рівня шуму, амплітуди вібрацій, концентрації зношувальних продуктів у мастилі тощо – з подальшим порівнянням отриманих значень із нормативно встановленими допустимими межами. Такий підхід дає можливість оцінити не лише справність конкретного агрегату, а й прогнозувати залишковий ресурс його працездатності, виражений у пробігу або напрацюванні в годинах.

Комплекс робіт технічного обслуговування охоплює контрольно-діагностичні операції, перевірку та підтягування кріплень, змащування робочих поверхонь, регулювання механізмів, а також електротехнічні заходи. Усі ці операції виконуються без розбирання агрегатів і без демонтажу окремих механізмів з транспортного засобу. Якщо під час обслуговування виникає обґрунтований сумнів щодо справності певного вузла, його демонтаж є необхідним для подальшої перевірки на спеціалізованому діагностичному обладнанні чи стенді.

Головна мета виконання технічного обслуговування другого рівня полягає у зменшенні темпу зношування елементів, виявленні початкових ознак несправностей та недопущенні їх розвитку. Це забезпечується своєчасною реалізацією контрольно-діагностичних, кріпильних, змащувальних і регулювальних заходів, що підвищує надійність роботи транспортного засобу в подальшій експлуатації.

Контрольно-кріпильні та регулювальні роботи.

Під час виконання робіт цього блоку здійснюють комплекс перевірок і налаштувань, спрямованих на забезпечення надійності та безпеки функціонування основних систем автобуса. До основних операцій належать:

Оцінювання стану та кріплення силового агрегату. Перевіряють надійність кріплення двигуна до рами, а також правильність фіксації навісного обладнання на двигуні. Оглядають місця приєднання приймальної труби глушника до випускного колектора. Контролюють відсутність підтікань мастила та охолоджувальної рідини. Перевіряють ступінь натягу приводних пасів вентилятора, генератора, компресора та насоса гідропідсилювача; за потреби виконують регулювання. Виявлені підтікання усувають негайно.

Перевірка системи живлення. Оглядають технічний стан приладів паливної системи, контролюють герметичність з'єднань і ліквідовують виявлені підтікання пального. Особливу увагу приділяють стиковим з'єднанням та ущільненням.

Контроль трансмісії та рульового керування. Перевіряють кріплення коробки передач до картера зчеплення, надійність фіксації фланців карданних валів до коробки передач і редуктора, стан проміжної опори відносно поперечини рами. Оцінюють затягування фланців піввісь у маточинах коліс, герметичність кришок картера головної передачі. Ослаблені різьбові з'єднання додатково підтягують. Визначають величину вільного ходу педалі зчеплення й у разі відхилення регулюють його. Оглядають кріплення рульового колеса, гайок кульових пальців, сошки та поворотних важелів, а також перевіряють герметичність і працездатність системи гідропідсилювача.

Перевірка гальмівної системи. Оцінюють герметичність гальмівних трубопроводів і приладів, усувають підтікання гальмівної рідини або виток стисненого повітря. Контролюють роботу компресора та рівень тиску, який він створює.

Для автомобілів із гідравлічним приводом: визначають вільний хід педалі робочого гальма.

Для автомобілів із пневматичним приводом: оглядають стан гальмівного крана, перевіряють шплінтування пальців штоків гальмівних камер, оцінюють справність приводу стоянкового гальма.

У разі потреби виконують регулювання гальмівних механізмів і приводу стоянкового гальма.

Огляд елементів несучої системи та підвіски. Перевіряють технічний стан рами, ресорних підвісок, з'єднань та вузлів задньої і передньої частини ходової системи, а також оглядають буксирний пристрій і сидельно-зчіпний механізм. За необхідності додатково затягують хомути ресор, пальці, кріплення коліс та інші відповідальні елементи.

Змащувальні та очисні роботи.

До комплексу змащувальних і очисних операцій, що виконуються під час технічного обслуговування автобуса, належать такі заходи:

Масильні операції. Проводять змащування вузлів тертя через відповідні маслянки згідно з картою мащення, перевіряють рівень мастила в картерах основних агрегатів та, за потреби, здійснюють його доливання. Контролюють рівень гальмівної рідини в бачку гідравлічного приводу гальм і відновлюють його до нормативної позначки.

Очисні роботи. Виконують очищення сапунів коробки передач і картера головної передачі, здійснюють промивання повітряних фільтрів гідровакуумного підсилювача гальм. У разі роботи в умовах підвищеної запиленості проводять заміну моторної оливи. Зливають відстій із масляних фільтрів, промивають фільтрувальний елемент повітряного фільтра або замінюють його у випадку значного забруднення.

Загальний огляд автобуса.

Під час загального огляду оцінюють технічний і зовнішній стан транспортного засобу. До основних операцій належать:

огляд кабіни водія, салону, пасажирських сидінь, стану скла та номерних знаків;

перевірка відповідності забарвлення вимогам експлуатаційної документації;

контроль працездатності механізмів дверей, роботи склопідіймачів і надійності кріплення пасажирських сидінь;

перевірка кріплення поручнів і вертикальних стійок;

оцінювання ефективності роботи склоочисників та системи омивання лобового скла;

огляд дзеркал заднього виду та перевірка надійності їх фіксації.

Двигун, системи охолодження та змащення.

Під час обслуговування силового агрегату та пов'язаних із ним систем виконують такі основні операції:

Контроль кріплення двигуна. Оцінюють технічний стан і надійність затягування передніх та задніх опор двигуна. У разі виявлення послаблень виконують їх додаткове підтягування.

Огляд системи охолодження. Проводять зовнішню перевірку герметичності трубопроводів, з'єднань і вузлів системи охолодження, а також

стан пускового підігрівача. У разі виявлення порушення герметичності негайно усувають несправності. Додатково перевіряють правильність і міцність кріплення розширювального бачка.

Перевірка та регулювання приводних пасів. Оцінюють технічний стан і ступінь натягу приводних пасів; за потреби виконують коригування натягу згідно з нормативними вимогами (рисунок 2.1).

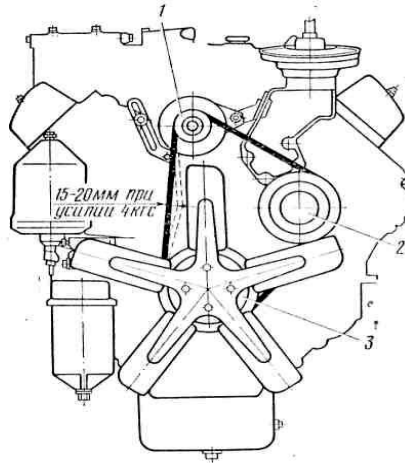


Рис. 2.1. Схема контролювання натягу приводних пасів:

1 – шків генератора; 2 – шків водяного насоса; 3 – шків колінчастого вала.

Контроль системи змащення. Зовнішнім оглядом перевіряють герметичність магістралей і вузлів системи мастила. Виявлені підтікання мастила або порушення цілісності ущільнень ліквідовують у найкоротші строки для запобігання погіршенню умов роботи деталей двигуна.

Проводять огляд і за потреби додатково затягують кріплення піддона картера двигуна, забезпечуючи його надійне прилягання та відсутність підтікання. Також перевіряють правильність і міцність фіксації корпусів повнопоточкових масляних фільтрів на блоці циліндрів, оскільки ослаблені з'єднання можуть призвести до втрати тиску в системі змащення.

Для стабільної роботи силового агрегату особливу увагу приділяють технічному стану повітряного фільтра. Необхідно регулярно оцінювати цілісність його складових елементів – корпусних деталей, ущільнювальних прокладок і, насамперед, паперового фільтрувального елемента. Від ефективності очищення повітря залежить зношуваність циліндро-поршневої групи, рівень токсичності відпрацьованих газів та економічність роботи двигуна.

Під час комплексного діагностування двигуна визначають низку ключових експлуатаційних параметрів: ефективну потужність, тиск мастила в системі змащення, питому витрату палива, концентрацію оксиду вуглецю у відпрацьованих газах та показники димності дизельних двигунів. Отримані результати дозволяють всебічно оцінити технічний стан силового агрегату та вчасно виявити відхилення від нормативних вимог.

Одним із найпоширеніших підходів до діагностування кривошипно-шатунного механізму є аналіз його технічного стану за акустичними та вібраційними параметрами, величиною компресії, інтенсивністю прориву газів у картер двигуна, рівнем димності та іншими контрольними показниками.

Акустичні шуми під час роботи двигуна виникають переважно внаслідок ударних навантажень у корінних і шатунних підшипниках, зношування поршневих пальців і поршнів, а також коливань розподільного вала та суміжних деталей газорозподільного механізму.

Попередню оцінку характеру шумів і стукотів можна здійснити за допомогою механічного або електронного стетоскопа. При цьому:

стуки корінних підшипників найкраще прослуховуються в зоні стику половин картера;

стуки шатунних підшипників – на бокових поверхнях блока циліндрів.
(рис. 2.2).

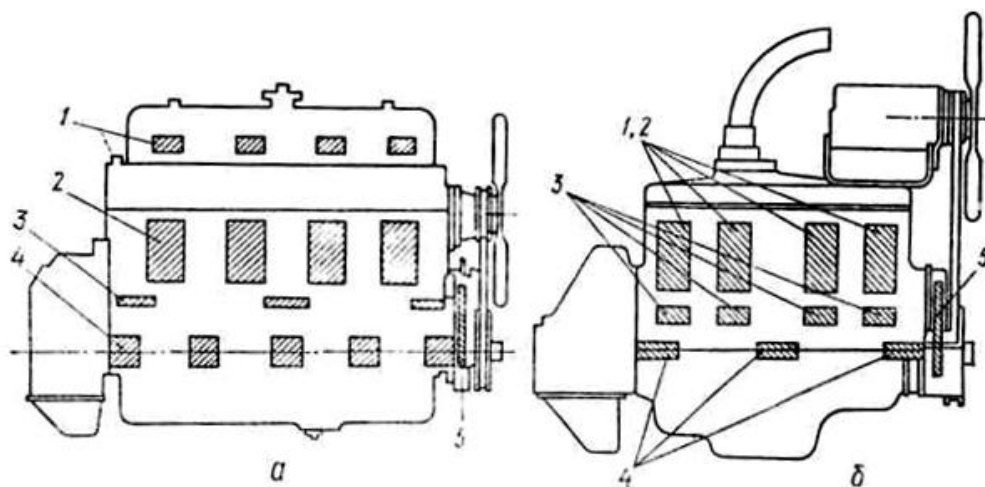


Рис. 2.2. Схематичні ділянки прослуховування двигунів із верхнім (а) та нижнім (б) розташуванням клапанів:

1 – ділянка клапанного механізму; 2 – зона поршневої групи; 3 – область штовхачів; 4 – опори підшипників; 5 – зона роботи розподільних шестерень.

Фіксація ударних шумів свідчить про збільшений робочий зазор у з'єднаннях деталей механізму, що є ознакою початкового або прогресуючого зношування.

Перевірку герметичності систем охолодження та опалення здійснюють шляхом їх опресовування після повного заповнення охолоджувальною рідиною. Для цього використовують спеціальне діагностичне обладнання, яке встановлюють на горловину розширювального бачка замість штатної кришки.

Опресовування проводять при створенні надлишкового тиску 0,06 МПа. Якщо після певного часу спостерігається повільне та незначне зниження тиску, це свідчить про те, що система зберігає достатню герметичність і відповідає нормативним вимогам. Різке або інтенсивне падіння тиску, навпаки, є ознакою негерметичності та потребує додаткового огляду з метою виявлення місця витoku.

Зчеплення. Під час технічного обслуговування механізму зчеплення виконують комплекс контрольних і регулювальних операцій, спрямованих на забезпечення його надійної роботи:

Контроль кріплення корпусу зчеплення. Перевіряють міцність з'єднання картера зчеплення з картером маховика. У разі виявлення послаблених різьбових з'єднань здійснюють додаткове затягування болтів.

Перевірка пневматичного підсилювача приводу. Оглядають кріплення пневмопідсилювача та підтягують болти у випадку їх ослаблення, забезпечуючи стабільність роботи приводу.

Оцінювання стану гідравлічного приводу. Перевіряють герметичність магістралей та робочих циліндрів гідравлічного приводу зчеплення. У разі виявлення підтікань проводять їх усунення та виконують прокачування системи для видалення повітря.

Перевірка кінематики механізму. Оцінюють дію та еластичність відтяжної пружини, вимірюють вільний і повний хід педалі зчеплення, а також вільний хід важеля вимкнення зчеплення. За потреби виконують регулювання положення і кінематичних параметрів механізму. Якщо усунути несправності без демонтажу неможливо, зчеплення знімають із автомобіля для детальнішого огляду та ремонту рис. 2.3.

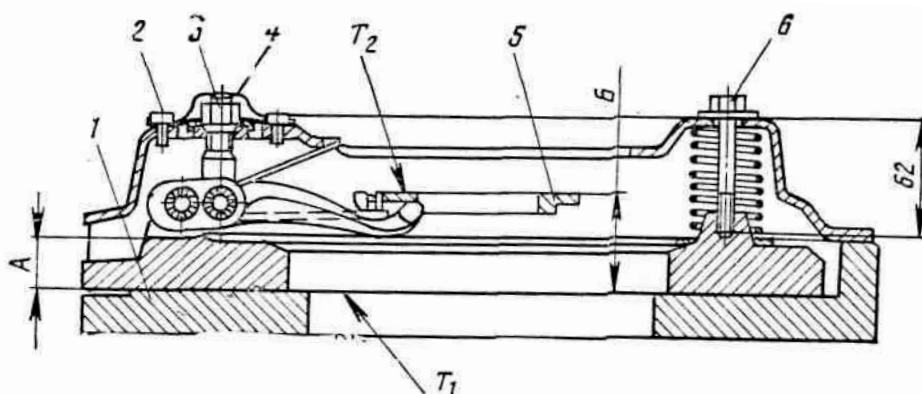


Рис. 2.3. Збірка натискного диска з кожухом, встановлена на контрольній плиті:
1 – опорна контрольна плита; 2 – фіксувальний болт; 3 – регулювальна гайка; 4 – стопорна пластина; 5 – упорне кільце; 6 – стяжний болт.

Ходова частина автобуса сприймає значні ударні та динамічні навантаження, а також працює в умовах постійної вібрації. Унаслідок цього з часом можуть змінюватися кути встановлення керованих коліс, погіршуватися їх стабілізаційні властивості, що ускладнює керування транспортним засобом і знижує його курсову стійкість.

Під час технічного обслуговування виконують комплекс робіт, спрямованих на підтримання справності кузова, підвіски, переднього моста, шин та коліс.

У рамках ТО-2 додатково здійснюють перевірку взаємного розташування переднього та заднього мостів за допомогою спеціалізованого стенда, що дає змогу визначити відхилення у геометрії шасі.

Телескопічні амортизатори у процесі експлуатації не потребують регулювальних операцій. Їх обслуговування зводиться до контролю герметичності корпусу та перевірки надійності кріплення до елементів підвіски.

Інші складові підвіски обслуговують шляхом перевірки затягування кріплень: гайок драбин передніх і задніх ресор, стяжних болтів, а також контролю герметичності пневматичних ресор у разі їхнього застосування.

Під час кожного технічного обслуговування обов'язково перевіряють надійність затягування гайок колісних кріплень, а також контролюють тиск повітря в шинах, доводячи його до нормативного значення в разі відхилення.

Елементи переднього моста зазнають значних змін у процесі експлуатації, що може призводити до виникнення характерних дефектів. До найпоширеніших несправностей належать: деформація балки моста, зношування шкворневих вузлів, опорних підшипників і маточин коліс, а також збільшення посадкових зазорів у гніздах під шворні та підшипники. Технічне обслуговування переднього моста передбачає виявлення зазначених дефектів та виконання регулювальних або відновлювальних робіт, спрямованих на забезпечення правильної геометрії та надійності функціонування вузла.

Під час діагностування оцінюють радіальний і осьовий зазори у шкворневих з'єднаннях, визначають величину зазору між внутрішнім кільцем підшипника та його посадковим місцем у маточині, перевіряють ступінь затягування підшипників маточин. Додатково контролюють кути встановлення керованих коліс – розвал, поперечний і поздовжній нахили шворня, а також величину сходження коліс (рис. 2.4). Коректність цих параметрів суттєво впливає на стійкість руху та рівномірність зношування шин.

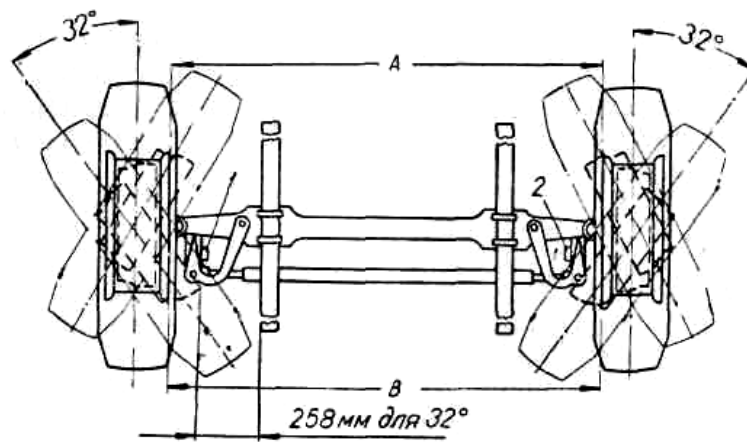


Рис. 2.4. Схема встановлення та регулювання положення коліс передньої підвіски:

A – міжцентрова відстань між болтами передніх коліс; B – міжцентрова відстань між болтами задніх коліс; 1 і 2 – регулювальні упорні болти.

Для системи рульового керування типовими є такі відмови: зношення робочих поверхонь пар тертя, зношування опор рульового валу і валу сошки, послаблення кріплення корпусу рульової колонки, деформація поперечної рульової тяги, заїдання рухомих елементів механізму, зниження тиску або порушення герметичності в системі гідروпідсилювача.

Основною метою проведення ТО-2 рульового керування є забезпечення мінімального зношування деталей, підтримання легкості та точності керування автобусом, а також гарантування безпеки його руху. Своєчасне технічне обслуговування дозволяє запобігти відмовам, які можуть загрожувати стабільності та керованості транспортного засобу під час експлуатації.

До складу контрольно-діагностичних операцій, що виконуються під час технічного обслуговування системи рульового керування, входить комплекс перевірок та регулювань, спрямованих на підтримання її працездатності та безпечності. Зокрема, здійснюють:

Зовнішній огляд механізму, під час якого оцінюють технічний стан корпусів, з'єднань і кріпильних елементів.

Вимірювання вільного (звідного) ходу рульового колеса, що дає змогу визначити наявність надлишкових зазорів у кінематичній схемі.

Оцінювання зазорів у шарнірах тяг, перевірку осьового люфту рульового валу та величини зазорів у зачепленні деталей рульової передачі.

Контроль граничних кутів повороту керованих коліс, що впливає на маневровість та безпеку руху.

Регулювання шарнірів рульових тяг, підшипників черв'ячної пари та зазору між елементами робочої пари рульового механізму.

Безпека руху автобуса значною мірою визначається технічним станом його гальмівної системи, тому її обслуговування потребує підвищеної уваги. Гальма мають працювати стабільно та ефективно, забезпечуючи мінімальний час спрацювання та максимально короткий гальмівний шлях за будь-яких умов експлуатації.

Серед характерних несправностей гальмівної системи можна виділити: недостатню гальмівну ефективність, виникнення бокового занесення під час гальмування, заїдання елементів гальмівних механізмів і «провалювання» педалі гальма в момент натискання. Зменшення гальмівного зусилля найчастіше пов'язане зі зниженням коефіцієнта тертя між гальмівними колодками й барабанами через їх зношування або потрапляння мастильних матеріалів на робочі поверхні.

Несинхронне спрацювання гальм на різних колесах призводить до занесення автомобіля. Заїдання колодок або інших рухомих елементів можливе в разі обриву стяжних пружин, забруднення гальмівних барабанів, руйнування заклепок фрикційних накладок або примерзання колодок у зимовий період.

Оцінювання технічного стану гальмівної системи здійснюють шляхом дорожніх та стендових випробувань, що дає змогу визначити ефективність її роботи, рівномірність дії на всі колеса та відповідність нормативним вимогам.

Серед методів стендового контролю гальмівної системи особливе місце займає силовий спосіб діагностування, який ґрунтується на вимірюванні гальмівних сил, що розвиваються кожним колесом. Такі дослідження проводять у двох режимах – за умов нерухомих коліс та під час їх обертання.

У статичному режимі визначення гальмівних сил має обмежену точність, оскільки не створюються умови, наближені до реального динамічного процесу гальмування. Значно інформативнішими є вимірювання у динамічному режимі: колесо приводиться в обертання роликми стенда від електродвигуна, після чого його примусово загальмовують, реєструючи величину розвиненої гальмівної сили. Саме динамічний силовий метод нині вважається найбільш поширеним та ефективним.

Діагностування на сучасних стендах може також здійснюватися інерційним способом, який базується на вимірюванні інерційних сил, що виникають у момент гальмування та діють у точках контакту коліс з опорною поверхнею – майданчиком або роликми. Цей метод дає можливість оцінити ефективність гальм на основі кінематичних і динамічних параметрів затухання руху.

Як приклад на рисунку 2.5 наведено один із типових стендів, призначених для діагностування стану гальмівних механізмів.

Поелементне діагностування гальмівної системи виконують після загальної перевірки, якщо отримані результати виходять за межі встановлених технічних норм. У ході такого деталізованого контролю визначають ряд ключових параметрів, серед яких: величина ходу педалі гальма, залишковий тиск у гідравлічному приводі, зазор між гальмівними колодками та барабаном, а також інші показники, що характеризують роботу окремих елементів системи.

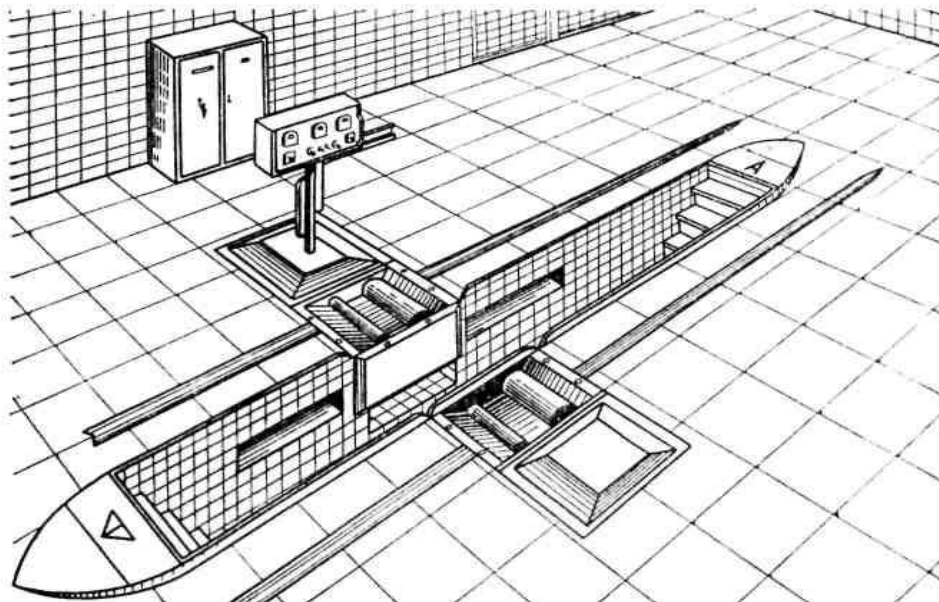


Рис. 2.5.

Рис. 2.5. Стенд КІ-4998-ГОСНІТІ для діагностування гальмівних систем автобусів.

У практиці технічного обслуговування найчастіше виконують перевірку вільного ходу педалі гальма та проведення регулювальних робіт. Часткове регулювання здійснюють у разі появи відхилень у роботі гальмівної системи, тоді як повне регулювання проводять після заміни гальмівних колодок, розточування барабанів або виконання інших відновлювальних операцій. Регулювання передбачає контролювання та, за потреби, коригування вільного ходу педалі та зазорів між колодками і барабаном.

У межах ТО-2 гальмівні крани необхідно демонтувати, ретельно очистити, промити гасом, забезпечити чистоту поверхонь тертя та перевірити їх герметичність. Така процедура дозволяє виявити ранні ознаки зношування та попередити порушення роботи пневматичного приводу.

Регулятор тиску приводять у відповідність до нормативних параметрів, налаштовуючи момент початку подачі повітря компресором. Запобіжний клапан встановлюють таким чином, щоб він відкривався при досягненні тиску 0,9 МПа, що гарантує безпечну та стабільну роботу пневматичної системи.

Система живлення. Під час технічного обслуговування системи живлення виконують низку операцій, спрямованих на забезпечення стабільної та безвідмовної подачі палива до двигуна. До основних заходів належать:

Огляд приладів системи живлення та перевірка герметичності. Здійснюють зовнішній огляд паливопроводів і вузлів системи на предмет підтікань. У разі виявлення порушення герметичності виконують необхідний ремонт або заміну ущільнювальних елементів.

Контроль механізму керування подачею палива. Перевіряють технічний стан та справність приводів, важелів і тяг, що регулюють кількість подаваного палива. За потреби усувають заклинювання та проводять регулювання.

Перевірка роботи троса ручної зупинки двигуна. Оцінюють легкість ходу троса, надійність його кріплення та правильність спрацьовування механізму зупинки.

Огляд і фіксація корпусів фільтрів. Перевіряють надійність кріплення паливного фільтра, підтягуючи його кріпильні елементи за необхідності.

Обслуговування фільтрувальних елементів. Здійснюють заміну елементів фільтра тонкого очищення палива, а також перевіряють і очищують фільтр грубого очищення, видаляючи забруднення та відстій.

Електрообладнання. У процесі технічного обслуговування електрообладнання проводять комплекс діагностичних та профілактичних робіт, спрямованих на забезпечення надійності електричних систем автобуса. До основних операцій належать:

Оцінювання стану основних агрегатів без демонтажу. Перевіряють справність генератора, регулятора напруги та акумуляторних батарей. Оглядають ізоляцію електропроводки, виявляючи можливі пошкодження чи сліди нагрівання. Усі виявлені несправності усувають у найкоротші строки.

Перевірка кріплення електричних агрегатів. У разі потреби виконують підтягування кріплень генератора та стартера. Додатково контролюють якість з'єднання проводів зі стартером, запобігаючи ослабленню контактів.

Обслуговування акумуляторних батарей. Очищають корпуси батарей від забруднень та залишків електроліту, прочищають вентиляційні канали. Перевіряють надійність кріплення наконечників і перемичок, після чого змащують клеми для захисту від окиснення. Визначають рівень електроліту та його густину; за потреби доливають дистильовану воду до встановленої позначки.

Контроль стану електричних з'єднань. Перевіряють сполучні колодки, ізоляційні чохлаи наконечників проводів і датчиків, звертаючи увагу на цілісність ізоляції та надійність контактів.

Перевірка світлової та сигнальної апаратури. Оцінюють роботу комбінованих світлових приладів, контрольних ламп, системи аварійної сигналізації рівня тиску повітря в контурах гальмівної системи, а також справність звукового сигналу. За необхідності усувають несправності.

Регулювання фар. Перевіряють напрям світлового потоку фар та виконують регулювання для забезпечення нормативних значень освітленості (рис.2.6).

Огляд і обслуговування внутрішнього освітлення. Перевіряють роботу салонних освітлювальних приладів, очищають плафони ліхтарів і усувають несправності в разі їх виникнення.

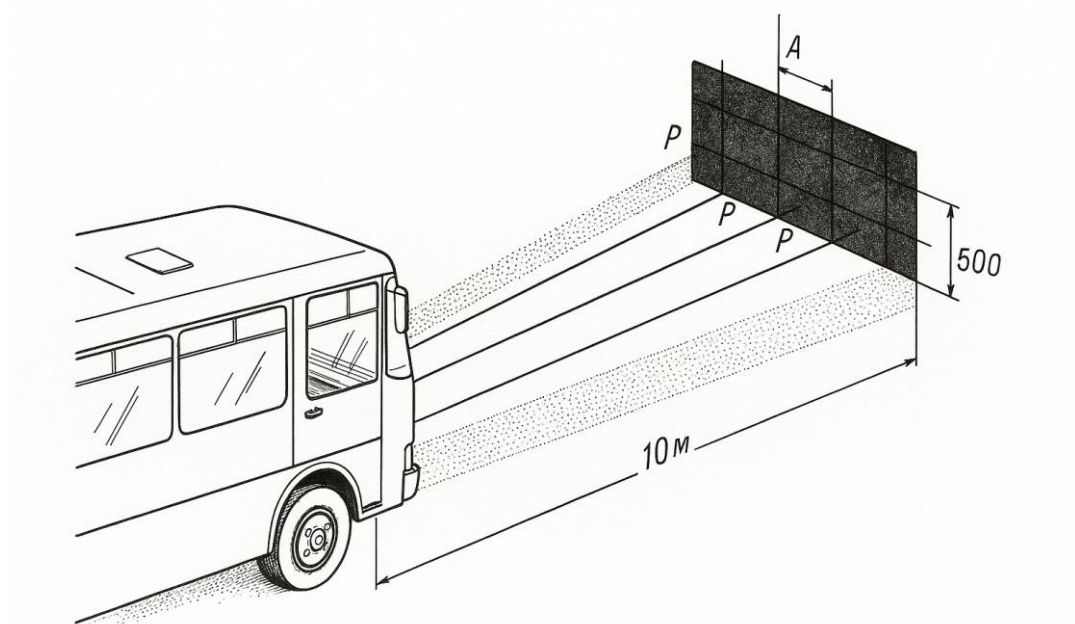


Рис.2.6. Схема розмітки екрана для регулювання напрямку світлового пучка фар:

A – відстань, що відповідає міжосьовому розташуванню фар.

Технічне обслуговування системи змащення передбачає комплекс планових операцій, спрямованих на забезпечення надійного мастильного режиму агрегатів і механізмів. До основних заходів належать:

- регулярна перевірка рівня мастила в картерах вузлів і механізмів;
- своєчасна заміна відпрацьованого мастила;

промивання каналів та елементів системи змащення;
очищення або заміна масляних фільтрувальних елементів та інших очисних пристроїв;
усунення підтікання мастильних матеріалів;
контроль і підтримання робочого тиску мастила в установлених межах.

У картери агрегатів трансмісії, механізмів керування та елементів ходової частини періодично доливають або повністю змінюють мастило, а також вводять мастильні матеріали в підшипники та карданні вузли згідно з картою змащення.

На основі наведеного переліку робіт складено технологічний процес ТО-2 автобусів Etalon A12210, який представлено в таблиці 2.1. Цей процес регламентує послідовність операцій, їх періодичність і технічні вимоги, що забезпечують безпечну та ефективну експлуатацію рухомого складу.

Таблиця 2.1. Технологічний процес ТО-2 автобуса Etalon A12210.

Операція	Обладнання	Технічні умови
1. Контрольні, кріпильні і регулювальні роботи ходової частини і рульового керування		
Перевірити стан шин, виміряти тиск повітря, довести до норми	Повітророздавальна колонка, манометр	Допустиме відхилення $\pm 0,05$ МПа
Регулювання підшипників маточин коліс		
Перевірити та підтягнути кріплення пальців, стрем'янок, амортизаторів, реактивних тяг	Набір ключів 7811-0149 C1×9	
Перевірити стан рами, елементів підвіски	Гайковерт П-3130	$R_{пов} = 0,4-0,6$ МПа
Перевірити герметичність системи підсилювача рульового керування	Оглядова канава / підйомник	
Перевірити кути встановлення коліс, виконати регулювання	Стенд К-125	Дисбаланс 0,5–0,7% від маси

Перевірити кріплення рульового механізму, кульових пальців, поворотних цапф, гайок шкворнів	Набір головок	Оцінити зношення шин
Виміряти люфт рульового керування, шарнірів тяг і шворнів	Динамометр-люфтомір	Момент 0,3–0,8 Н·м
2. Контрольні, кріпильні і регулювальні роботи трансмісії і гальмівної системи		
Перевірити люфт в шарнірах і шліцьових з'єднаннях карданної передачі	Комплект ключів 7811–0149 С1–9	
Перевірити кріплення фланців карданних валів		
Перевірити роботу зчеплення та приводу, виконати регулювання		
Перевірити роботу компресора і його кріплення	Набір головок	Відсутність сторонніх шумів
Перевірити герметичність гальмівних трубопроводів	Мильна емульсія, щітка	
Перевірити роботу гальмівних механізмів		Перевірка при тиску 0,65–0,8 МПа
Регулювання вільного і робочого ходу педалі гальма, штоків гальмівних камер	Пристосування для контролю ходу	
Перевірити роботу стоянкового гальма	Комплект ключів	
3. Контрольні, кріпильні і регулювальні роботи двигуна		
Перевірити герметичність систем змащення, охолодження, опалювання і підігрівача		
Перевірити кріплення радіатора і	Набір головок	

привід жалюзі		
Перевірити натягнення і стан приводних ременів	Гайковерт П-3130	Прогин 15–22 мм при зусиллі 40 Н
Перевірити кріплення головок, піддону картера, опор двигуна, трубопроводів	Динамометричний ключ	Затягування згідно ТУ
Перевірити та відрегулювати зазори клапанного механізму	Набір ключів, щуп	Порядок 1–5–4–2–6–3–7–8
Перевірити герметичність паливної системи		
Перевірити роботу паливного насоса	Набір ключів	Тиск підйому голки форсунки 1800 Н
Перевірити роботу двигуна, відрегулювати частоту обертання	Прилад «ДІНА-9»	Димність $\leq 40\%$
4. Контрольні і регулювальні роботи електрообладнання		
Перевірити АКБ, проводку, клеми і вимикач АКБ	Ареометр, навантажувальна вилка	Густина 1,26 г/см ³ (25°C)
Очистити генератор, стартер, реле-регулятор	Серветка	
Перевірити кріплення генератора, стартера, шківів	Набір головок	
Перевірити фари, світлові прилади, сигнал	Набір інструментів	
Регулювання світлового потоку фар	Екран або оптичний прилад	Автомобіль на рівній площадці
Перевірити правильність опломбування спідометра		
5. Змащувальні та заправні роботи		
Змастити вузли тертя згідно карти мастила	Мастильний візок, заправні колонки	

Злити відстій з корпусів масляних фільтрів		
Промити елементи повітряного фільтра двигуна і компресора	Воронки	
Промити фільтри грубого і тонкого очищення	Ємність із розчином	
Промити сапуни, виконати доливання або заміну мастила	Солідолонагнітач	
Замінити мастило у всіх агрегатах		
Очистити відстійник і фільтр тонкого очищення палива	Маслозаправна колонка	
Промити елементи вологовідділювача		
Злити конденсат із балонів пневмосистеми		Рівень масла → верхня мітка щупа
6. Завершальні операції		
Звільнення поста після ТО-2	0,1 люд.-год	
Контроль роботи агрегатів на бігових барабанах	0,5 люд.-год	Стенд Мтах=400 Н·м, N=93,6 кВт

2.2 Розрахунок необхідної кількості обладнання в зоні ТО-2

Підбір і визначення кількості технологічного обладнання для зони технічного обслуговування здійснюється відповідно до вимог, закладених у технологічному процесі виконання робіт. Методика розрахунку залежить від функціонального призначення обладнання та специфіки операцій, що проводяться на відповідній ділянці.

Для технологічних операцій, пов'язаних із розбиранням, складанням, випробуванням та регулюванням агрегатів і систем, кількість необхідного обладнання визначають на основі їхньої загальної трудомісткості. Таким чином

оцінюють потребу в одиницях оснащення, що забезпечують виконання робіт у встановлені нормативи часу.

Кількість обладнання X_o , шт., визначають за загальною формулою:

$$X_o = \frac{T_p}{\Phi_{\text{в.о}}} \cdot, \quad (2.1)$$

Для подальших розрахунків приймаємо фонд робочого часу одного поста $\Phi_{\text{в.о}}=2025$ год/рік за умови функціонування дільниці в одну робочу зміну.

Відповідно до виробничої програми, визначеної у загальнотехнічній частині проєкту, загальний річний обсяг робіт у зоні ТО-2 автобусів становить 10184,4 люд.-год.

До цієї величини входять трудові витрати на виконання регулювальних, кріпильних, заправних, випробувальних, підйомно-транспортних та інших допоміжних операцій.

На основі аналізу структури виробничого навантаження дільниць приймаємо таке співвідношення видів робіт у річному балансі:

частка підйомно-транспортних робіт – 20 %,

частка регулювальних та кріпильних операцій – 30 %,

частка діагностичних робіт – 40 %,

частка заправних робіт – 10 %.

Використовуючи зазначені частки, визначимо трудомісткість кожного виду робіт:

Діагностичні роботи:

$$T_{\text{діагн.}} = 10184,4 \cdot 0,4 = 4073,6 \text{ люд.-год.}$$

Підйомно-транспортні роботи:

$$T_{\text{під.тран.}} = 10184,4 \cdot 0,2 = 2036,8 \text{ люд.-год.}$$

Регулювально-кріпильні роботи:

$$T_{\text{рег}} = 10184,4 \cdot 0,3 = 3055,2 \text{ л люд - год.}$$

Заправочні роботи:

$$T_{\text{зап.}} = 10184,4 \cdot 0,1 = 1018,44 \text{ л люд - год.}$$

Ось оновлений, унікальний та грамотно структурований варіант тексту:

Розбірно-складальні операції у зоні технічного обслуговування виконуються переважно із застосуванням спеціалізованого обладнання: близько 70 % таких робіт проводять на відповідних стендах, тоді як решта 30 % виконується на універсальних слюсарних верстаках.

Для визначення потреби у стендах, оснащених біговими барабанами, використовують розрахунковий обсяг діагностичних робіт. Кількість необхідних одиниць обладнання визначається за співвідношенням між трудомісткістю робіт та річним фондом часу роботи одного стенда:

$$X_{\text{біг.бар}} = 4073,6 / 2025 = 2,01$$

Отриманий результат вказує на потребу у двох стендах з біговими барабанами, оскільки за технологічними вимогами їх кількість приймається в сторону збільшення до цілого значення.

Для подальших досліджень приймаємо до використання два стенди, обладнані біговими барабанами.

Розрахунок необхідної кількості підйомників здійснюємо за формулою відношення загальної потреби до номінальної продуктивності обладнання:

$$X_{\text{під.}} = 3055,2 / 2025 = 1,5$$

Отже, для забезпечення нормативного обсягу робіт потрібно півтора підйомника, що свідчить про необхідність встановлення щонайменше двох одиниць обладнання для стабільної та безперервної роботи.

Кількість технологічних постів, призначених для заправлення агрегатів мастильними матеріалами та стисненим повітрям, визначається за співвідношенням річної потреби до номінальної продуктивності обладнання:

$$X_{\text{зап.}} = 1084,4 / 2025 = 0,5$$

Отримане значення вказує на необхідність установаження щонайменше одного заправного поста. У подальших розрахунках приймаємо одну універсальну заправну установку.

Кількість електрогайковертів і комплектів ручного інструменту визначаємо за співвідношенням розрахункової потреби до нормативної продуктивності:

$$X_{\text{рег.}} = 3055 / 2025 = 1,5$$

З огляду на отримане значення, для забезпечення безперервності та зручності виконання регламентних робіт приймаємо два електрогайкові верти та два комплекти інструментів.

Подальший добір технологічного обладнання здійснюємо відповідно до вимог технологічного процесу, розробленого для зони виконання ТО-2, викладеного у попередньому розділі.

Підйомно-транспортне обладнання підбирається з урахуванням таких ключових чинників, як маса та габаритні параметри виробів, що підлягають підйому і переміщенню; конфігурація та протяжність траєкторії транспортування; необхідна продуктивність робіт та забезпечення належного рівня безпеки під час їх виконання.

Виробничий інвентар, призначений для проведення технологічних операцій (верстаки, монтажні столи), створення нормативних умов праці (стелажі, підставки, тари) та забезпечення безпечного функціонування обладнання (захисні екрани та інші огорожувальні пристрої), добирається відповідно до вимог технологічного процесу й принципів раціональної організації робочих місць.

Перелік технологічного обладнання та виробничого інвентарю, передбаченого для зони технічного обслуговування другого рівня, наведений у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Відомість устаткування зони ТО-2 автобусів.

№ п/п	Найменування устаткування	Кількість	Габарити, мм	Займана площа, м ²		Потужність, кВт
				Один иця	Всього	
1	Верстат точно-шліфувальний двосторонній	1	1000×655	0,655	0,655	4,6
2	Верстат вертикально-свердлувальний одношпиндельний	1	950×650	0,62	0,62	3,0
3	Шафа для інструменту та приладів	3	1000×520	0,52	1,56	

4	Ящик для відходів	2	407×320	0,15	0,3	
5	Верстак слюсарний	2	1520×780	1,2	2,4	
6	Підставка під прилади	1	820×520	0,43	0,43	
7	Колонка повітряно-розподільна автоматична	1	505×385	0,2	0,2	0,5
10	Підйомник гідравлічний	2	350×500	0,18	0,36	3,0
11	Візок для коліс	2	900×800	0,72	1,44	
12	Стенд для регулювання передніх коліс	2	600×500	0,3	0,6	
13	Пристосування для прокачування системи гальм	1	480×425	0,21	0,21	
14	Ванна для промивки фільтрів	1	880×450	0,4	0,4	
15	Колонка маслорозподільна	1	365×265	0,1	0,1	1,0
РАЗОМ:				9,3		12,1

2.3 Планувальне рішення зони ТО-2 автобусів

2.3.1 Загальні вимоги до проєктування зони ТО-2

Під час проєктування зони проведення технічного обслуговування другого рівня (ТО-2) необхідно ґрунтовно проаналізувати існуючі планувальні рішення. Для цього використовують матеріали типових проєктів, чинну науково-технічну літературу, а також практичний досвід провідних автотранспортних підприємств, де застосовуються сучасні методи організації обслуговування.

Залежно від прийнятої організації виробництва зона ТО-2 може мати різні просторові схеми. При потоковому методі її зазвичай розташовують паралельно до лінії ТО-1, що сприяє узгодженій роботі обох зон. За постового принципу або у разі тупикової схеми обслуговування зона ТО-2 може об'єднуватися з ділянкою поточного ремонту в одному виробничому приміщенні.

У межах даного проєкту після реконструкції зона ТО-2 передбачена як окреме ізольоване приміщення, в якому застосовано постовий метод організації

робіт. Така схема дозволяє оптимізувати просторове розміщення обладнання та забезпечити зручність виконання регламентних операцій.

При організації постів ТО-2 у денний час доцільно розміщувати їх у добре освітленій частині виробничого корпусу – вздовж зовнішньої стіни з природним освітленням. Пост ТО-2 зазвичай обладнується оглядовими канавами, оснащеними пристроями для вивішування автобусів. Основна перевага канав полягає в можливості одночасного доступу до агрегатів як знизу, так і зверху, що суттєво підвищує продуктивність та якість проведення технічного обслуговування.

Змазувальні операції, які входять у перелік робіт ТО-2, доцільно винести на спеціалізований пост. Такий пост рекомендується розташовувати уздовж потокової лінії або в окремій зоні, що забезпечує швидке й безпечне виконання мастильних робіт без перешкод для основного процесу технічного обслуговування.

У разі застосування потокового методу організації робіт лінія технічного обслуговування повинна бути обладнана відповідним транспортним засобом – конвеєром, який забезпечує безперервне переміщення автобусів між робочими постами. Практичний досвід експлуатації автотранспортних підприємств свідчить, що для проведення ТО-2 можуть використовуватися конвеєрні системи різних конструктивних виконань.

У межах даного проєкту передбачено використання ланцюгового штовхаючого конвеєра, оснащеного спеціальними роликами, що впираються в шину колеса та забезпечують поступальне переміщення автобуса вздовж технологічної лінії. Такий тип конвеєра відзначається надійністю, простотою технічного обслуговування та здатністю забезпечувати стабільний ритм роботи постів.

Запропонована реконструкція виробничої зони дозволяє організувати виконання робіт з ТО-2 не лише для власного автопарку, а й для зовнішніх замовників, що підвищує гнучкість підприємства та дає можливість ефективніше використовувати наявні виробничі потужності.

2.3.2 Розрахунок площі зони ТО-2

Площа приміщення, призначеного для виконання технічного обслуговування другого рівня, структурно поділяється на три основні частини: виробничу, допоміжну та адміністративно-побутову. Кожна з них виконує певні функції, і разом вони забезпечують повноцінну організацію технологічного процесу.

Орієнтовні розміри зони ТО-2 можуть визначатися аналітичним методом або шляхом графічного моделювання планувального рішення. Аналітичний підхід ґрунтується на використанні нормативних параметрів та розрахункових залежностей.

У випадку використання аналітичного методу площа зони технічного обслуговування F_z , м², визначається за формулою:

$$F_z = (f_{авт} \cdot n_n + F_{об}) \cdot k_n \quad (2.2)$$

Для зони ТО і ПР в середньому приймаємо $k_n = 4,5$ згідно

Для визначення площі зони ТО-2 без урахування обладнання, яке розміщується поза межами основних робочих постів, розрахункове рівняння набуває такого вигляду:

$$F_z = f_{авт} \cdot n_n \cdot k_n \quad (2.3)$$

Після завершення технологічного планування, урахування всіх вимог з охорони праці та оснащення робочих місць необхідним обладнанням, остаточна площа зони ТО-2 встановлюється на рівні:

$$F_z = 5,77 \cdot 2,48 \cdot 2 \cdot 4,5 = 64,4 \text{ м}^2.$$

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Конструктивні особливості та принципова будова канавного гідравлічного підйомника

Канавний гідравлічний підйомник моделі ЦК.ТБ-П 201М, призначений для піднімання одного або одразу двох колісних пар автобуса, являє собою агрегат, що включає два гідроциліндри, синхронізовані спільним приводом (рис. 3.1). Робочі штоки циліндрів отримують зусилля від єдиної силової системи, що забезпечує рівномірність підйому та стабільність положення транспортного засобу.

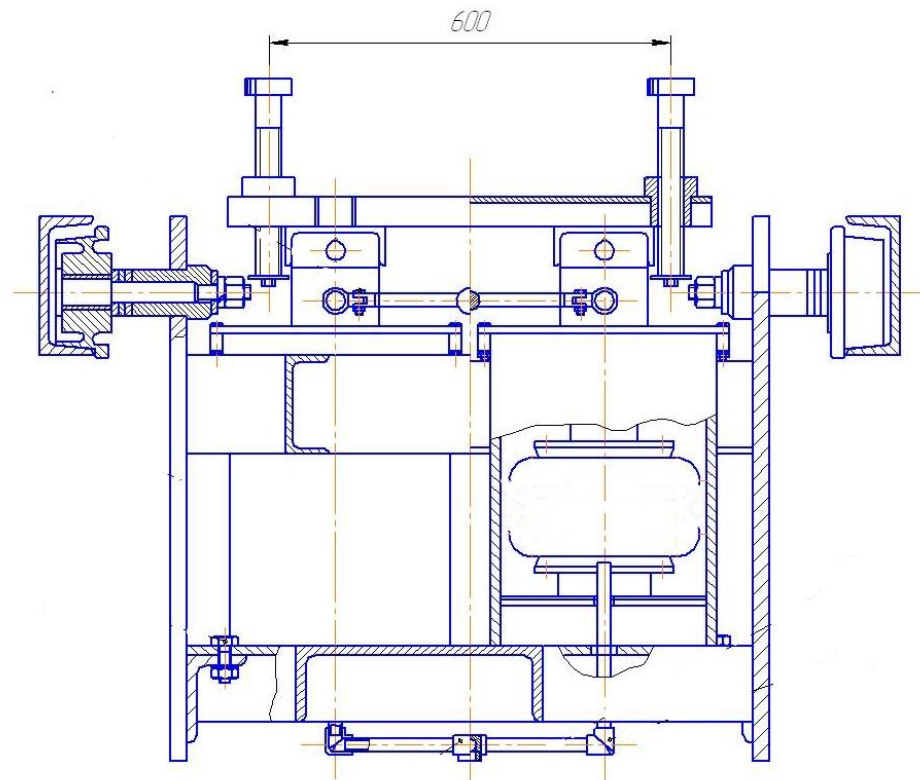


Рис. 3.1. Канавний підйомник.

За потреби один із гідравлічних модулів може бути відключений (заблокований), що дозволяє виконувати операції з вивішуванням лише однієї осі. Конструкцією передбачена можливість переміщення підйомників уздовж канави по напрямних рейках, що підвищує маневровість обладнання та зручність його використання під час виконання технічного обслуговування.

Енергоживлення приводу здійснюється або від стаціонарної насосної станції, або за допомогою ручного механізму – залежно від умов експлуатації та технічної оснащеності виробничої зони.

3.1.1 Розрахунок гідравлічного приводу

У процесі проектування гідроприводу передусім формується принципова гідравлічна схема, після чого здійснюється добір її ключових складових. Нормативні значення робочого тиску, які регламентуються чинними стандартами, приймаються з ряду уніфікованих величин: 5; 8; 10; 12; 16; 20 МПа.

У випадку застосування гідроциліндра як силового виконавчого механізму, осьове зусилля, що передається через шток, визначається за загальновідомою залежністю:

$$G_a = P_n = p F_n \eta_n 10^6, \quad (3.1)$$

$$p = p_1 - p_2, \quad (3.2)$$

$$p_2 \approx 0,2 \dots 0,5 \text{ МПа}$$

$$p = 20 - 0,5 = 19,5 \text{ МПа.}$$

Робоча площа поршня визначаємо, м²:

$$F_n = \frac{\pi D^2}{4}, \quad (3.3)$$

$$\eta_m = 0,97 \dots 0,85.$$

Для подальших розрахунків визначимо величину сили, що прикладається до штока гідроциліндра. Маса однієї осі автобуса становить $G = 5000$ кг. Оскільки конструкцією підйомника передбачено використання двох гідроциліндрів, навантаження під час піднімання розподіляється між ними порівну. Це дозволяє забезпечити симетричність зусиль і стабільність роботи підйомного механізму.

$$P_n = 50000 / 2 = 25000 \text{ Н}$$

Діаметр поршня гідроциліндра, м, визначають за аналітичною залежністю, що пов'язує необхідне зусилля з робочим тиском у гідросистемі та ефективною площею поршня. Розрахункова формула має вигляд:

$$D = \sqrt{\frac{4P_n}{\pi p \eta_m 10^6}}, \quad (3.4)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 25000}{3,14 \cdot 19,5 \cdot 0,9 \cdot 10^6}} = 0,043 \text{ м.}$$

У подальшому виконуємо коригування отриманого діаметра поршня з урахуванням геометричних параметрів штока. Оскільки наявність штока зменшує ефективну площу робочої порожнини гідроциліндра, уточнений діаметр визначають шляхом повторного розрахунку з урахуванням його поперечного перерізу.

$$D = \sqrt{\frac{4P_n}{\pi p \eta_m 10^6} + d^2}, \quad (3.5)$$

$$d = (0,3 \dots 0,7)D.$$

$$d = (0,3 \dots 0,7) \cdot 0,043 = 0,013 \dots 0,031 \text{ м.}$$

Приймаємо $d = 0.03 \text{ м.}$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 25000}{3,14 \cdot 19,5 \cdot 0,9 \cdot 10^6} + 0,03^2} = 0,044 \text{ м.}$$

З уніфікованого ряду типорозмірів гідравлічних деталей обираємо найближчі більші значення діаметрів поршня та штока. Для подальших розрахунків приймаємо:

$D = 50 \text{ мм}$ – діаметр поршня,

$d = 30 \text{ мм}$ – діаметр штока.

Робочий хід штока становить $S = 800 \text{ мм}$, що відповідає конструктивним вимогам підйомного механізму.

Наступним етапом визначають товщину стінки гідроциліндра, м, яка забезпечує міцність і герметичність робочої порожнини при номінальному робочому тиску.

$$\delta = \frac{D_a \sqrt{\frac{[\sigma_p] + p_p}{[\sigma_p] - p_p} - 1}}{2 \left(1 - \sqrt{\frac{[\sigma_p] + p_p}{[\sigma_p] - p_p} - 1} \right)}, \quad 3.6$$

$$\delta = \frac{0,05 \cdot \sqrt{\frac{190 + 19,5}{190 - 19,5} - 1}}{2 \left(1 - \sqrt{\frac{190 + 19,5}{190 - 19,5} - 1} \right)} = 0,0229 \text{ м.}$$

Для подальших розрахунків приймаємо товщину стінки гідроциліндра $\delta = 0,023$ м, що забезпечує необхідний запас міцності за умов робочого тиску.

У разі прямого гідравлічного підключення швидкість руху штока визначається витратою робочої рідини Q_i ($\text{м}^3/\text{с}$), яка надходить у відповідну порожнину циліндра. Таким чином, лінійна швидкість штока є безпосередньою функцією об'ємної подачі гідросистеми.

$$Q_i = F_n v_i = \frac{\pi D^2}{4} v_i, \quad 3.7$$

$$Q_i = \frac{3,14 \cdot 0,05^2}{4} \cdot 0,09 = 0,000177 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Загальна витрата робочої рідини для двох гідроциліндрів, що функціонують одночасно, визначається сумарною подачею у їхні робочі порожнини.

$$Q = \sum_{i=1}^{n_y} Q_i, \quad 3.8$$

$$Q = 2 \cdot 0,000177 = 0,00034 \text{ м}^3/\text{с}$$

Потрібна подача насосного агрегату, $\text{м}^3/\text{с}$, визначається об'ємною витратою робочої рідини, необхідною для забезпечення штатного функціонування обох гідроциліндрів підйомника. Значення подачі повинно гарантувати як підтримання розрахункового тиску в системі, так і стабільність швидкості переміщення штоків під час виконання підйомних операцій

$$Q_H = \frac{Q}{\eta_o \eta_{cu}} K, \quad 3.9$$

$$\eta_o = 0,9; \eta_{cu} = 0,56; K \approx 1,02.$$

$$Q_H = \frac{0,00034}{0,9 \cdot 0,56} \cdot 1,02 = 0,00081 \text{ м}^3/\text{с}$$

Діаметр магістральних каналів гідророзподільника, м, визначають на підставі необхідної пропускної здатності системи.

$$d_H = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}, \quad 3.10$$

$$d_H = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00034}{3,14 \cdot 5}} = 0,009 \text{ м.}$$

Під час розрахунку трубопровідної мережі гідросистеми здійснюють добір внутрішнього діаметра труб, м, виходячи з допустимої швидкості переміщення робочої рідини та необхідної пропускної здатності.

$$d_m = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_M}}, \quad 3.11$$

$$d_m = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00036}{3,14 \cdot 3}} = 0,013 \text{ м.}$$

Товщину стінок трубопроводу, м, визначають із урахуванням робочого тиску в гідросистемі, механічних властивостей матеріалу труби та необхідного коефіцієнта запасу міцності.

$$\delta = \frac{p_w d_m K}{2\sigma}, \quad 3.12$$

$$\delta = \frac{20 \cdot 0,013 \cdot 2}{2 \cdot 80} = 0,003 \text{ м.}$$

3.1.2 Розрахунок геометричних параметрів шестеренного насоса

Реальна подача шестеренного насоса визначається з урахуванням конструктивних параметрів його робочих камер, а також коефіцієнтів, що характеризують втрати об'єму та механічну ефективність агрегату.

$$Q_\Gamma = \frac{Q_H}{\eta_v}, \quad 3.13$$

$$\eta_v = 0,8.$$

$$Q_r = \frac{0,00081}{0,8} = 0,00101 \text{ м}^3/\text{с} = 61 \text{ л/хв.}$$

Задавши робочу частоту обертання зубчастого колеса, можна визначити діаметр його початкового кола, виходячи з умови обмеження лінійної швидкості. Для забезпечення надійної роботи насоса та недопущення надмірних динамічних навантажень периферійна швидкість зубців не повинна перевищувати 8 м/с.

$$d_0 = \frac{6 \cdot 10^4 \cdot V}{\pi \cdot n}, \quad 3.14$$

$$d_0 = \frac{6 \cdot 10^4 \cdot 8}{3,14 \cdot 2000} = 76 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_0 = 80 \text{ мм}$.

Діаметр зубчастого колеса визначається взаємозв'язком між кількістю зубців та модулем. Ця залежність є основною геометричною характеристикою циліндричних шестерень і подається у вигляді:

$$d_0 = m \cdot z, \quad 3.15$$

$$d_0 = 4 \cdot 20 = 80 \text{ мм}$$

Ширина шестерні:

$$b = \frac{Q}{2\pi \cdot m^2 \cdot z \cdot n \cdot 10^{-6}}, \quad 3.16$$

$$b = \frac{61}{2 \cdot 3,14 \cdot 4^2 \cdot 20 \cdot 2000 \cdot 10^{-6}} = 15 \text{ мм}$$

Потужність електродвигуна, необхідного для приводу шестеренного насоса, визначається на основі енергії, яку затрачає підйомний механізм на виконання підйому, та часу, за який ця робота здійснюється

$$N = \frac{Q_n \cdot h \cdot m}{\tau_n \cdot \eta_m}, \quad 3.17$$

$\eta_m = 0,8$.

$$N = \frac{61 \cdot 1,2}{45 \cdot 0,8} = 2 \text{ кВт.}$$

3.2 Електромеханічний нагнітач консистентних мастил

Для подавання консистентних мастильних матеріалів на підприємствах технічного обслуговування застосовують стаціонарні, пересувні та переносні нагнітачі. Серед них найбільш поширеними є установки з електромеханічним приводом, які відзначаються високою надійністю та стабільністю роботи.

Електромеханічний нагнітач консистентного мастила (рис. 3.2) змонтований на жорсткій металевій основі, на якій розміщено місткий бункер об'ємом 14 кг мастильного матеріалу, а також плунжерний насос, здатний створювати тиск до 40 МПа. Приведення насоса в дію здійснюється електродвигуном потужністю 0,6 кВт, що працює через зубчастий редуктор.

Подача мастила забезпечується системою, до складу якої входять розпушувач та шнековий механізм, що транспортують мастильний матеріал із бункера до плунжерної пари насоса високого тиску. Перед надходженням до нагнітального вузла мастило проходить крізь сітчастий фільтр, який затримує механічні домішки та забезпечує якість подачі. Регулювання тиску нагнітання здійснюється за допомогою редуктора, що дозволяє встановлювати оптимальні параметри роботи в залежності від вимог технологічного процесу.

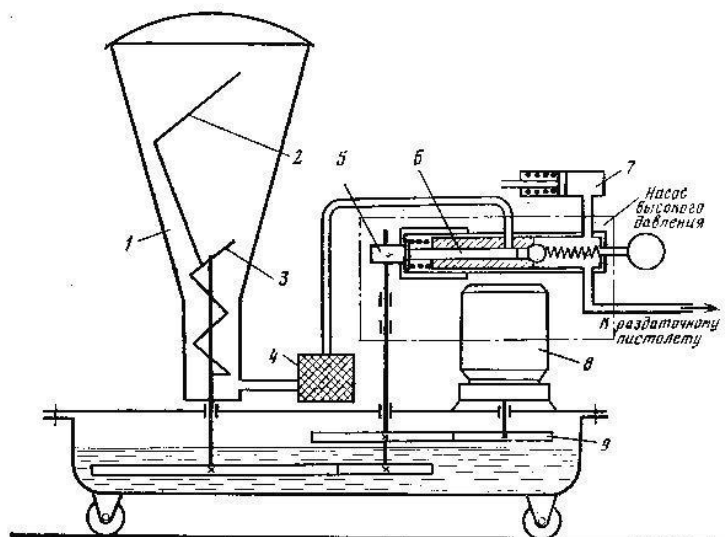


Рис. 3.2. Солідолонагнітач :

1 – бункер; 2 – зрихлювач; 3 – шнек; 4 – фільтр; 5 – кулачек; 6 – насос високого тиску; 7 – реле тиску; 8 – електродвигун; 9 – редуктор

3.2.1 Розрахунок циліндрової пружини стискання насоса високого тиску електромеханічного нагнітача консистентних мастил

Одним із ключових елементів електромеханічного нагнітача консистентних мастил є насос високого тиску, конструкція якого включає плунжерну пару (рис. 3.3). Саме цей вузол забезпечує створення необхідного тиску для подачі густих мастильних матеріалів у систему, а його працездатність значною мірою залежить від параметрів циліндрової пружини стискання, що стабілізує роботу нагнітального механізму та визначає величину зусилля притискання плунжера.

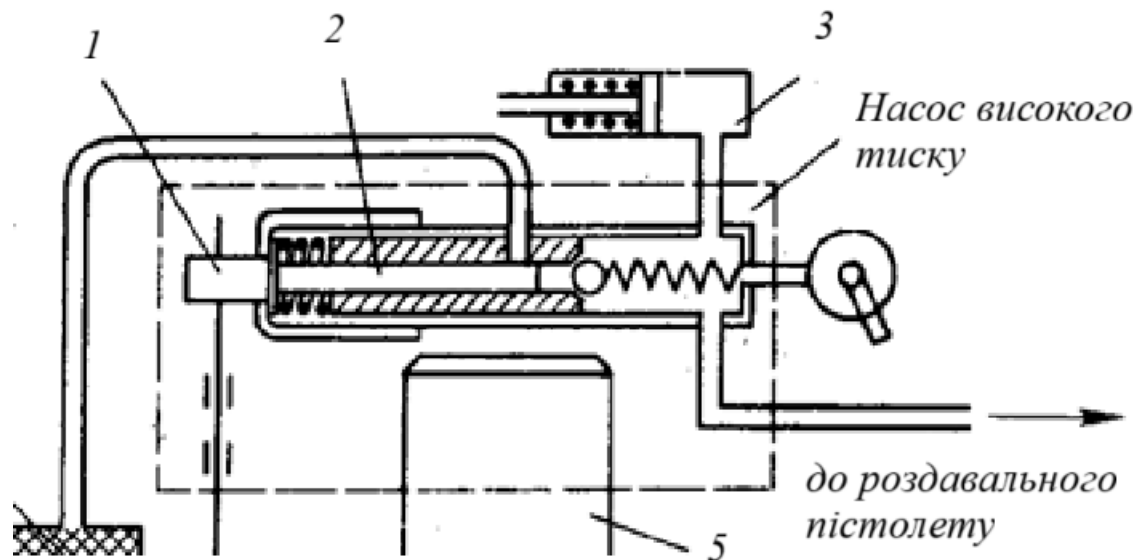


Рис. 3.3. Принципова схема насоса високого тиску електромеханічного нагнітача консистентних мастильних матеріалів:

1 – кулачок привідного механізму; 2 – плунжерний вузол; 3 – датчик-реле тиску; 4 – електродвигун.

Зусилля, що прикладається до штока насоса, становить

$T = 500 \text{ Н}$. Виходячи з цієї величини, здійснюється розрахунок параметрів циліндрової пружини стискання, яка забезпечує стабільний робочий хід плунжерного механізму.

Для виготовлення пружини використовується легована пружинна сталь марки 60С2А, що характеризується високими показниками механічної міцності. Граничне значення тимчасового опору розриву для цього матеріалу становить $\sigma_B = 1600 \text{ МПа}$.

Допустиме напруження для дроту пружини визначається з урахуванням норм міцності, властивостей матеріалу та відповідного коефіцієнта запасу, що забезпечує безпечну та надійну експлуатацію елемента при циклічних навантаженнях.

$$[\tau] = 0,35 \cdot \sigma_s = 0,35 \cdot 1600 = 560 \text{ МПа.}$$

Для подальших розрахунків приймаємо значення індексу пружини $C = 5$, що відповідає співвідношенню між середнім діаметром витка та діаметром дроту.

$$C = D_c / d_n, \quad 3.18$$

Кількість робочих витків обраної пружини становить $i = 10$, що забезпечує необхідну жорсткість та рівномірний розподіл напружень під час стискання.

Для уточнення напруженого стану пружини визначають поправочний коефіцієнт K , який враховує вплив кривизни витків і концентраторів напружень. Розрахунок цього коефіцієнта здійснюється за відповідною аналітичною залежністю:

$$K = \frac{4C + 2}{4C - 3} \quad 3.19$$

$$K = \frac{4 \cdot 5 + 2}{4 \cdot 5 - 3} = 1,294$$

Діаметр дроту пружини d_n , мм, визначають на основі розрахункової формули, що пов'язує необхідну жорсткість елемента зі значенням робочого зусилля та параметрами пружини. Аналітична залежність має вигляд:

$$d_n = \sqrt{\frac{8 \cdot T \cdot C \cdot K}{\pi [\tau]}} \quad 3.20$$

$$d_n = \sqrt{\frac{8 \cdot 500 \cdot 5 \cdot 1,294}{3,14 \cdot 560}} = 3,84 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d_n = 4 \text{ мм.}$

Середній діаметр циліндрової пружини визначають із використанням розрахункового співвідношення, яке встановлює зв'язок між прийнятим індексом пружини та діаметром дроту. Аналітичне рівняння має вигляд:

$$D_c = 5 \cdot 4 = 20 \text{ мм.}$$

Найбільше осідання пружини, мм, визначається за розрахунковою залежністю, яка враховує дію робочого зусилля на пружний елемент та його геометричні параметри. Формула має загальний вигляд:

$$\lambda = \frac{8 \cdot T \cdot D_c^3 \cdot i}{G \cdot d_n^4} \quad 3.21$$

$G = 8104 \text{ Н/мм}^2$ для сталі 60С2А.

$$\lambda = \frac{8 \cdot 500 \cdot 20^3 \cdot 10}{8 \cdot 10^4 \cdot 4^4} = 15,6 \text{ мм.}$$

За результатами розрахунку середній діаметр циліндрової пружини становить $D_c = 20 \text{ мм}$.

Отриманий зовнішній діаметр дозволяє оцінити габаритні параметри пружини та перевірити її відповідність конструктивним обмеженням вузла насоса високого тиску.

$$D_n = D_c + d_n = 20 + 4 = 24 \text{ мм.}$$

Внутрішній діаметр

$$D_v = D_c - d_n = 20 - 4 = 16 \text{ мм.}$$

Повна кількість витків пружини визначається з урахуванням додаткових крайових витків, які формуються з кожного торця. Для забезпечення правильної опорної поверхні з обох кінців додають по 0,75 витка, після чого торці пружини підгинають та шліфують до плоского стану.

$$i_o = i + 1,5 = 10 + 1,5 = 11,5.$$

Мінімальна довжина пружини у стані повного стискання, тобто при зіткненні всіх витків, позначається як $H_{\min}$, мм. Це значення визначають за формулою, яка враховує діаметр дроту та повну кількість витків пружини:

$$H_{\min} = (i_o - 0,5) \cdot d_n \quad 3.22$$

$$H_{\min} = (11,5 - 0,5)4 = 44 \text{ мм.}$$

Під час дії максимального розрахункового навантаження між сусідніми витками пружини має зберігатися мінімальний гарантований зазор.

$$S = (0,1 \dots 0,3) d_n, \quad 3.23$$

$$S = 0,4 \dots 1,2 \text{ мм.}$$

Приймаємо зазор $S = 0,4 \text{ мм}$.

Висоту пружини під дією робочого навантаження, H_n , мм, визначають за розрахунковою залежністю, яка враховує максимальне осідання пружного елемента та його початкову геометрію. Узагальнена формула має вигляд:

$$H_n = H_{min} + S_i, \quad 3.24$$

$$H_n = 44 + 0,4 \cdot 10 = 48 \text{ мм.}$$

Висоту вільної пружини, тобто її довжину у ненавантаженому стані, позначають як H_{cv} , мм. Це значення визначають на підставі розрахованої робочої деформації та необхідної висоти пружини під навантаженням. Розрахунок проводять за відповідною формулою:

$$H_{cv} = H_n + \lambda, \quad 3.25$$

$$H_{cv} = 48 + 15,6 = 63,6 \text{ мм.}$$

Крок вільної пружини, h , мм, визначають за спеціальною розрахунковою формулою, що встановлює відстань між суміжними витками у ненавантаженому стані. Це значення обчислюють таким чином:

$$h = d + \frac{\lambda}{i} + S \quad 3.26$$

$$h = 4 + \frac{15,6}{10} + 0,4 = 5,96 \text{ мм.}$$

Кут підйому середньої лінії витків пружини, α , у градусах визначають за формулою, що враховує геометрію гвинтової поверхні та крок пружини. Аналітична залежність має такий вигляд:

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{h}{\pi \cdot D_c} \quad 3.27$$

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{5,96}{3,14 \cdot 20} = 0,095.$$

3.2.2 Розрахунок шпонкового з'єднання вихідного вала електродвигуна електромеханічного нагнітача консистентних мастил

Для забезпечення надійної передачі крутного моменту від електродвигуна до редуктора та подальших механізмів нагнітача застосовують призматичні або сегментні шпонкові з'єднання. Максимальний обертальний момент, який

здатна сприймати шпонка без порушення цілісності та перевищення допустимих напружень, визначають за розрахунковою залежністю:

$$M_k = 97400 \cdot N / n, \quad 3.28$$

$$M_k = 97400 \cdot 0,6 / 1000 = 58,4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Для оцінювання працездатності призматичної шпонки виконується її перевірка на міцність. Одним із основних критеріїв є розрахунок на зминання, оскільки саме цей вид напруженого стану найчастіше визначає граничну несучу здатність шпонкового з'єднання.

$$M_k < 0,5 D \cdot h \cdot l [\sigma_{зм}], \quad 3.29$$

$$58,4 < 0,5 \cdot 0,02 \cdot 0,006 \cdot 0,014 \cdot 1500 \cdot 10^5.$$

- на зрізання

$$M_k < 0,5 D \cdot b \cdot l [\tau], \quad 3.30$$

$$58,4 < 0,5 \cdot 0,02 \cdot 0,006 \cdot 0,014 \cdot 800 \cdot 10^5$$

Проведені перевірки показали, що призматична шпонка задовольняє вимоги міцності як за напруженням зминання, так і за напруженням зрізу. З урахуванням результатів розрахунків та конструктивних особливостей вузла приймається призматична шпонка з такими геометричними параметрами:

висота $h=6$ мм,

ширина $b=6$ мм,

довжина $l=14$ мм.

Вказана шпонка забезпечує надійне з'єднання вихідного вала електродвигуна електромеханічного нагнітача консистентних мастил зі сталлюю зубчастою шестернею, гарантує достатній запас міцності та стабільність роботи механізму в умовах експлуатаційних навантажень

3.3 Стенд для обкатки та випробування автобусів

Стенд призначений для проведення комплексних обкатувальних і діагностичних робіт з автобусами після технічного обслуговування та ремонту. Його конструкція та функціональні можливості забезпечують відтворення

навантажень, близьких до експлуатаційних, що дозволяє оцінити працездатність основних агрегатів транспортного засобу.

Технічні характеристики стенда

Тип установки – стаціонарний стенд, виконаний у вигляді двосекційної системи з інерційними біговими барабанами тупикового типу.

Функціональне призначення – проведення обкатки та випробування автобусів після виконання регламентних та ремонтних робіт, із можливістю контролю тягових, гальмівних і керованих характеристик.

Тягові випробування автобусів:

Максимальний гальмівний момент: 400 Н·м;

Потужність, що поглинається гальмівною системою: 93,6 кВт;

Регулювання гальмівного моменту: плавне, у межах від 0 до 400 Н·м;

Гранична швидкість руху автобуса на стенді: 40 км/год;

Максимальний момент, що може передаватися трансмісією: 440 Н·м.

Швидкісний режим під час випробування гальм: від 30 до 35 км/год відповідно до вимог безпеки та точності діагностування.

Контроль сходження керованих коліс:

Метод визначення: за величиною бічного зусилля, що формується під час обертання керованих коліс на барабанах.

Умови, за яких шини автомобіля взаємодіють із біговими барабанами діагностичного стенда, істотно відрізняються від умов контакту з реальною дорогою. Саме тому під час розроблення та розрахунку стендів необхідно враховувати специфіку цієї взаємодії, оскільки вона впливає на формування силових навантажень і характер роботи випробувального обладнання.

Для аналізу процесу введемо низку припущень:

кочення коліс по поверхні барабанів відбувається без прослизання;

барабани стенда розміщені симетрично відносно поздовжньої осі автомобіля;

моменти інерції барабанів, їх радіуси та моменти сил тертя в опорах однакові для обох секцій установки.

Розглянемо силовий баланс у випадку, коли ведучим виступає правий барабан задньої осі (позиція 1 на рис. 3.4). Сумарний момент, який діє в цьому режимі, визначають за відповідною розрахунковою залежністю:

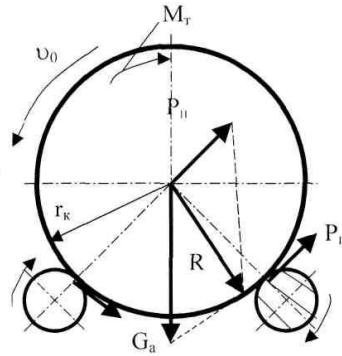


Рис. 3.4. Схема дії сил при прокручуванні коліс автобуса біговими барабанами.

$$M_1 - P_{II} \cdot r_K = 0 \quad 3.31$$

Рівнодійна сила, що виникає під час роботи стенда, створює додаткове притиснення коліс автобуса до задніх барабанів. Унаслідок цього можливе часткове розвантаження передніх барабанів, що інколи приводить до погіршення умов контакту передніх коліс з їхньою опорною поверхнею. Подібний ефект необхідно враховувати при аналізі точності випробувань та калібруванні стенда.

Під час гальмування коліс на бігових барабанах у зоні контакту вільно обертових коліс з опорною поверхнею виникає горизонтальна реакція, спрямована проти напрямку обертання колеса (рис. 3.5). У цьому випадку сумарний момент, що визначає динамічний стан системи «колесо – барабани», знаходять за відповідною формулою:

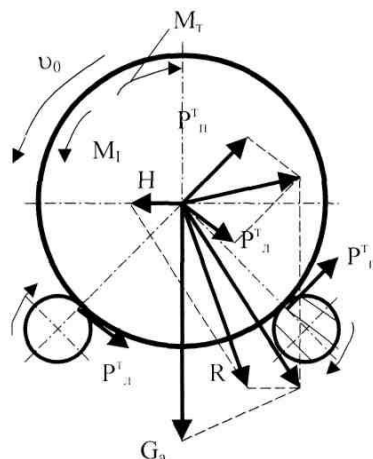


Рис. 3.5. Схема дії сил при гальмуванні інерційні маси на правому барабані.

$$M_T - M_1 - (P_{II} + P_L) \cdot r_k = 0 \quad 3.32$$

Аналогічно до режиму прокручування коліс барабанами, у системі виникає рівнодійна сила R , яка спрямована таким чином, що додатково притискує колеса до задніх барабанів. У випадку, коли обертальний момент передається від двигуна до ведучих коліс і саме колеса приводять у рух бігові барабани, розподіл сил змінюється відповідно до схеми, наведеної на рисунку 3.6.

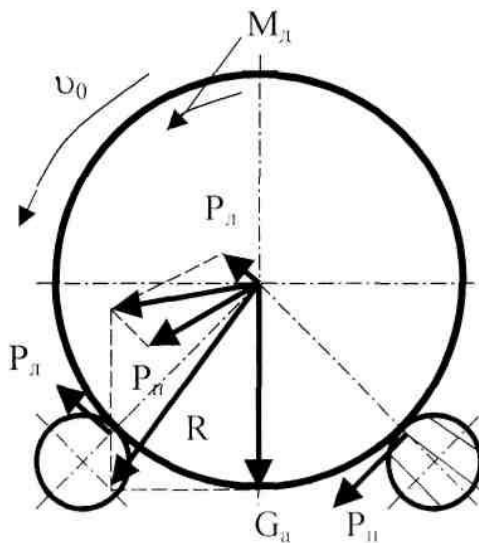


Рис. 3.6. Схема дії сил при прокручуванні коліс двигуном автобуса гальмо на правому барабані.

За цих умов рівнодійна сила R орієнтується у напрямку до лівого (переднього) барабана. Якщо ж двигун створює значний крутний момент M_d , Н·м, можливе часткове розвантаження або навіть короточасне порушення контакту коліс із правими (задніми) барабанами.

Вимоги техніки безпеки передбачають таке розташування автобуса на випробувальному стенді, за якого повністю виключається можливість його самовільного переміщення. Зокрема, має бути гарантоване запобігання відкату транспортного засобу назад під час прокручування коліс барабанами та під час гальмування, а також унеможливлене переміщення вперед у разі, коли барабани приводяться в рух силовою установкою самого автобуса. Це забезпечує стабільність положення транспортного засобу та безпечні умови проведення випробувань.

Коефіцієнт опору коченню f на стенді з біговими барабанами визначається аналогічно до методики, що застосовується під час дорожніх випробувань, – за показником вибігання. Позначимо через:

I_{δ} – момент інерції бігових барабанів;

I_k – момент інерції коліс транспортного засобу;

I_i – момент інерції додаткових інерційних мас (маховиків, ротора електродвигуна та інших елементів приводу);

а через ε – кутове уповільнення барабанів у режимі вибігання.

За цих умов основне рівняння динамічного балансу можна подати у вигляді:

$$f = \frac{(I_{\delta} + I_k \cdot i + I_i) \cdot \varepsilon - I_{\delta} \cdot \varepsilon_1}{G_k \cdot r_{\delta}} \quad 3.33$$

Експериментальні дослідження показали, що на стендах з біговими барабанами коефіцієнт опору коченню f зазвичай знаходиться в межах 0,025...0,04. У подальших інженерних розрахунках приймають саме цей діапазон значень, оскільки він найбільш повно відображає реальні умови взаємодії шини з робочою поверхнею барабана.

Під час проектування стендів для обкатки та випробування автомобільної техніки важливу роль відіграє правильне визначення конструктивних параметрів, серед яких ключовими є:

діаметр бігових барабанів;

відстань між їхніми осями;

величина інерційних мас;

потужність електромашин;

характеристики навантажувальних пристроїв.

У стендах із одним біговим барабаном його діаметр, як правило, перевищує діаметр автомобільного колеса, що забезпечує близькі до дорожніх умови обкатки. Натомість у конструкціях із двома барабанами їхній діаметр, як правило, менший за діаметр колеса, що дозволяє забезпечити компактність установки та стабільність контакту шини з обома барабанами.

Вибір діаметра барабана повинен здійснюватися з урахуванням можливості моделювання реальних умов кочення коліс по дорожньому

покриттю. Чим ближчі кінематичні та силові умови взаємодії «шина – барабан» до умов «шина – дорога», тим вища точність результатів стендових випробувань.

За результатами аналізу літературних джерел встановлено, що вплив кривизни бігових барабанів на величину прослизання стає суттєвим у випадку, коли відношення діаметра барабана d_b до діаметра колеса d_k зменшується до значень $0,35 \dots 0,40$. При збільшенні цього відношення до інтервалу $0,40 \dots 0,57$ спостерігається різке зниження опору коченню, що свідчить про зміну характеру взаємодії шини з поверхнею барабана.

З огляду на це прийнято вважати, що діаметр бігового барабана повинен задовольняти умову:

$$d_b \geq 0,40 d_k$$

Для подальших розрахунків приймаємо:

$$d_b = 0,40 d_k$$

Визначення діаметра колеса автобуса

Для оцінювання діаметра колеса необхідно визначити його динамічний радіус r_d , м. З певним допустимим наближенням цей параметр прирівнюють до статичного радіуса, тобто:

$$r_d \approx r_k = r_{ст}$$

$$r_d \approx \left[\frac{d}{2} + H \cdot (1 - \lambda_{uu}) \right] \quad 3.34$$

$$H \approx 0,98 B,$$

$$H = 0,98 \cdot 304,8 = 300 \text{ мм.}$$

Визначаємо параметри шини

$$D = 20 \cdot 25,4 = 508 \text{ мм.}$$

Приймаємо $\lambda_{uu} = 0,14$. Звідси

$$r_d \approx \left[\frac{508 \cdot 10^{-3}}{2} + 300 \cdot 10^{-3} (1 - 0,14) \right] = 0,512 \text{ м.}$$

$$d_k = 2 \cdot r_k,$$

$$d_k = 2 \cdot 0,512 = 1,024 \text{ м.}$$

Тоді

$$d_{\bar{o}} = 0,4 \cdot 1,024 = 0,409 \text{ м.}$$

Для подальших розрахунків приймаємо $d_{\bar{o}} = 425 \text{ мм.}$

Довжина бігових барабанів визначається конструктивними характеристиками шин автобусів, що підлягають випробуванню, а також рівнем універсальності стенда. З урахуванням цих факторів конструктивно приймаємо довжину барабанів 850 мм, що забезпечує сумісність зі стандартними типорозмірами коліс та комфортні умови проведення обкатки.

Кількість барабанів (роликів) також залежить від універсальності стенда та колісної формули транспортних засобів. Для однієї пари осей приймаємо чотири барабани, а для автобуса з двома парами осей – вісім барабанів, що гарантує коректну підтримку кожного колеса та рівномірне відтворення навантажень.

Під час визначення інерційних характеристик стенда першочергово враховують кінетичну енергію автобуса, що рухається дорогою. Це дозволяє підібрати еквівалентні інерційні маси випробувального стенда таким чином, щоб їхня дія відповідала реальним умовам руху транспортного засобу.

Кінетичну енергію автобуса W_a , кВт, обчислюють за відомою залежністю:

$$W_a = 0,5 \cdot (m \cdot v_a^2 + I_n \cdot \omega_k^2 + I_z \cdot \omega_k^2) \quad 3.35$$

$$m = 11340 \text{ кг.}$$

$$v_a = 50 \text{ км/ч} = 13,89 \text{ м/с.}$$

Кінетичну енергію автобуса під час його випробування на стенді з біговими барабанами, позначимо W_c , кВт. Цю величину визначають за спеціалізованою розрахунковою формулою, яка враховує взаємодію коліс з барабанами та кінематичні параметри обертального руху:

$$W_c = 0,5 \cdot (I_k \cdot \omega_k^2 + I_{\bar{o}} \cdot \omega_{\bar{o}}^2 + I_M \cdot \omega_M^2) \quad 3.36$$

Прирівнюючи кінетичну енергію автобуса, що рухається дорогою, до кінетичної енергії, яку він має під час випробувань на стенді з біговими барабанами, можна визначити необхідний момент інерції махових мас стенда.

Такий підхід забезпечує динамічну еквівалентність умов руху та дозволяє точно моделювати навантаження, що виникають у реальній експлуатації.

Момент інерції махових мас J , $\text{кг} \cdot \text{м}^2$, обчислюють за формулою:

$$I_M = \frac{m \cdot v_a^2 + I_n \cdot \omega_k^2 + I_z \cdot \omega_k^2}{\omega_M^2} \quad 3.37$$

Якщо позначити $\frac{\omega_{\bar{o}}}{\omega_k}$ через передавальне число i , а $\frac{\omega_M}{\omega_{\bar{o}}}$ через i_p ,

отримаємо:

$$I_M = \frac{m \cdot v_a^2}{\omega_k^2 \cdot i^2 \cdot i_p^2} + \frac{I_n - I_{\bar{o}} \cdot i^2}{i^2 \cdot i_p^2}.$$

Сумарні моменти інерції коліс (передніх I_{Π} і задніх I_z), що перевіряються, I_z визначаємо з джерел.

$$I_{\Pi} = I_z,$$

Для випадку, коли розрахунок виконується для однієї задньої (середньої) осі автобуса, момент інерції визначають окремо, оскільки саме ця вісь сприймає основне тягове навантаження під час стендових випробувань

$$I_{\Pi} = 20,3 \cdot 4 = 81,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Кутову швидкість колеса, ω_k , с^{-1} , визначимо через лінійну швидкість, по формулі

$$\omega_k = \frac{v_a}{r_k} \quad 3.39$$

$$\omega_k = \frac{13,89}{0,512} = 27,13 \text{ с}^{-1}.$$

При $r_{\bar{o}} = 0,200$ м кутову швидкість барабана, ω_k , с^{-1} , визначимо через лінійну швидкість по формулі

$$\omega_k = \frac{v_{\bar{o}}}{r_{\bar{o}}},$$

$$\omega_k = \frac{13,89}{0,2} = 69,45 \text{ с}^{-1}.$$

$$i = \frac{69,45}{27,13} = 2,56.$$

Кутову швидкість махових мас, ω_M , с^{-1} , визначимо через лінійну швидкість, по формулі

$$\omega_K = \frac{v_a}{r_{M.вн}} \quad 3.39$$

Приймаємо посадочний радіус махових мас $r_{M.вн} = 0,06$ м.

Тоді

$$\omega_K = \frac{13,89}{0,06} = 231,5 \text{ с}^{-1}.$$

Момент інерції барабана, $I_{\bar{o}}$, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$, визначають по формулі

$$I_{\bar{o}} = m_{\bar{o}} \cdot r_{\bar{o}}^2 \quad 3.40$$

Масу бігового барабана визначають на основі розрахункової формули, що встановлює зв'язок між геометричними параметрами барабана, матеріалом його виготовлення та необхідним моментом інерції. Загальний вираз має вигляд:

$$m_{\bar{o}} = \pi \cdot r_{\bar{o}}^2 \cdot l \cdot \rho \quad 3.41$$

$$r_{\bar{o}} = 0,200 \text{ м}; l = 0,7 \text{ м}; \rho = 7800 \text{ кг/м}^3.$$

$$m_{\bar{o}} = 3,14 \cdot 0,2^2 \cdot 0,7 \cdot 7800 = 686 \text{ кг}.$$

$$I_{\bar{o}} = 686 \cdot 0,2^2 = 27,44 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

$$I_M = \frac{8380 \cdot 13,89^2}{27,13^2 \cdot 2,56^2 \cdot 3,33^2} + \frac{81,2 - 27,44 \cdot 2,56^2}{2,56^2 \cdot 3,33^2} = 79,8 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Необхідну довжину маховика, позначену l_M , м, визначають за аналітичною залежністю, що пов'язує геометричні параметри махового елемента з його розрахунковим моментом інерції та масою. Формула має загальний вигляд:

$$l_M = \frac{I_M}{0,5 \cdot \pi \cdot \rho \cdot (r_H^4 - r_{\bar{o}}^4)} \quad 3.42$$

$$l_M = \frac{79,8}{0,5 \cdot 3,14 \cdot 7800 \cdot (0,55^4 - 0,2^4)} = 0,107 \text{ м}.$$

Для забезпечення відсутності прослизання під час кочення коліс автобуса по поверхні бігових барабанів необхідно виконати умову, за якої тягове зусилля на барабані $R_{\bar{o}}$ є меншим або, у крайньому разі, дорівнює максимальній силі

тертя в зоні контакту «колесо – барабан». Порушення цієї умови призводить до втрати зчеплення та спотворення результатів стендових випробувань.

У випадку, коли відомі такі параметри:

моменти інерції барабана $I_{\bar{o}}$, колеса I_k та маховика I_M ;

радіуси колеса r_k та барабана $r_{\bar{o}}$;

кутові уповільнення колеса ε_k і барабана $\varepsilon_{\bar{o}}$;

лінійне уповільнення j_z , можна записати рівняння обертального руху барабана, що відображає взаємодію інерційних та силових параметрів системи:

$$M_T = I_k \cdot \varepsilon_k + (I_M + I_{\bar{o}}) \cdot \varepsilon_{\bar{o}} \quad 3.43$$

Під час кочення колеса по поверхні бігового барабана без виникнення прослизання має виконуватися фундаментальна кінематична умова рівності лінійних швидкостей у зоні контакту. Ця вимога забезпечує синхронність руху та відсутність відносного ковзання між шиною й барабаном. Аналітично умову можна подати у вигляді:

$$\frac{\varepsilon_{\bar{o}}}{\varepsilon_k} = \frac{r_k}{r_{\bar{o}}} = i, \quad \varepsilon_{\bar{o}} = \frac{j_z}{r_{\bar{o}}}.$$

Інерційні сили, що виникають у барабані та маховику під час їх уповільнення чи прискорення, передаються на колесо через контактну зону взаємодії шини з поверхнею барабана. Максимальне значення цих сил обмежується силою тертя зчеплення, яка визначає межу, за якої можливе ковзання.

Силу тертя зчеплення $R_{тр}$ можна виразити такою формулою:

$$\frac{j_z \cdot (I_{\bar{o}} + I_M)}{r_{\bar{o}}^2} \leq P_{тр} = G_k \cdot \varphi$$

Виходячи з того, що граничне значення сили, яка може бути передана через контакт «шина – барабан» без виникнення прослизання, обмежується силою тертя зчеплення, максимальний гальмівний момент, який можливо реалізувати в цих умовах, позначимо як $M_{тор}$, Н·м. Його визначають за такою розрахунковою залежністю:

$$M_{тор} = G_k \cdot \varphi \cdot r_k \cdot \left(1 + \frac{I_k}{I_{\bar{o}} + I_M} \cdot \frac{r_{\bar{o}}^2}{r_k^2} \right) \quad 3.44$$

$$G_k = G_{ш} + G_{об},$$

$$G_{ш} = 900 \text{ Н}, \quad G_{об} = 480 \text{ Н}.$$

$$G_k = 900 + 480 = 1380 \text{ Н}.$$

Усі інші необхідні розрахункові величини, що входять до наведеної формули

$$M_{тор} = 1380 \cdot 0,57 \cdot 0,512 \cdot \left(1 + \frac{20,04}{27,44 + 79,8} \cdot \frac{0,2^2}{0,512^2} \right) = 41,44 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Під час проектування стендів із біговими барабанами особливу увагу слід приділяти правильному добору ключових параметрів електричної схеми. Їх вибір повинен ґрунтуватися на характері та інтенсивності режимів випробувань, яким піддається автомобіль. Саме оптимальне узгодження електричних характеристик із динамічними навантаженнями забезпечує стабільність роботи стенда, високу точність вимірювань і безпечність експлуатації.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Дослідження параметрів технічного стану циліндро-поршневої групи дизельних двигунів вакуумметричним методом

Існуючі недоліки традиційного «компресійного» підходу частково усуваються при застосуванні методу діагностування, заснованого на вимірюванні вакуумметричного тиску, який формується у впускному тракті під час прокручування колінчастого вала пусковим пристроєм.

Вакуумметрична діагностика циліндро-поршневої групи дозволяє суттєво зменшити вплив факторів, що спотворюють результати під час компресійних випробувань, і забезпечує значно вищий рівень достовірності оцінки фактичного технічного стану циліндрів.

Суть вакуумметричного методу полягає в такому: під час прокручування колінчастого вала стартером або допоміжним пусковим двигуном у надпоршневому просторі вимірюють величину розрядження, що виникає на робочому такті розширення. Для цього використовується спеціальний вакуумний клапан. На попередньому такті стиску відбувається повне продування циліндра через редукційний клапан низького тиску (3...10 МПа), що забезпечує стабільні початкові умови для вимірювання.

Отримане значення повного вакууму ($-P_1$) відображає технічний стан циліндрової гільзи, включаючи якість її внутрішньої поверхні та ступінь зношеності, а також щільність прилягання клапана до сідла. Важливо підкреслити, що визначення повного вакууму не потребує складних підготовчих операцій і не вимагає жорсткого монтажу приладу перед проведенням вимірювання, що значно зменшує трудомісткість процедури.

Разом з тим слід зауважити, що величина повного вакууму практично не відображає технічний стан поршневих кілець і, відповідно, не може слугувати достовірним критерієм оцінки їх герметизуючої здатності.

Причина описаного вище явища є досить очевидною: якщо циліндрова гільза має правильну геометричну форму, а клапани забезпечують надійне ущільнення, то наявність масляного клина у зоні між поршнем і стінкою гільзи

здатна гарантувати формування високого вакууму навіть за умов певного зносу поршневих кілець.

Щоб оцінити саме стан компресійних кілець, редукційний клапан перекидають, тобто надпоршневий простір ізолюють від зовнішнього середовища. У таких умовах під час такту стиску тиск у циліндрі зростає до максимального рівня в момент досягнення поршнем верхньої мертвої точки (ВМТ). Частина повітря при цьому неминуче проривається крізь кільцеві зазори до картера двигуна.

Коли поршень проходить ВМТ і переходить до такту розширення, тиск у надпоршневому просторі знижується, і вакуумний клапан фіксує величину залишкового вакууму ($-P_2$). Отримана величина прямо пропорційна втратам тиску, що виникають унаслідок прориву повітря через компресійні кільця.

При справних, малозношених і не закоксованих кільцях величина залишкового вакууму незначна. Якщо ж кільця зношені, закоксовані або мають механічні пошкодження (тріщини, злам), значення $-P_2$ суттєво зростає, що дає інформативну діагностичну ознаку стану ЦПГ.

Розглянемо тепер вплив технічного стану гільзи циліндра. Відомо, що в процесі експлуатації гільза зношується нерівномірно й у поперечному перерізі набуває еліпсоподібної форми. Якщо ступінь її зношування перевищує приблизно 60 %, у зоні контакту між еліпсним профілем внутрішньої поверхні циліндра та круглим профілем компресійного кільця утворюється зазор. Саме через цей зазор під час такту розрідження (розширення) можливе підсмоктування повітря з картера, яке вже не компенсується навіть наявністю масляного клина.

Подібна ситуація виникає й тоді, коли на робочій поверхні гільзи присутній значний виробіток або утворилися глибокі вертикальні борозни.

У наведених вище прикладах розглядалися класичні, тобто природні, форми зношування та механічні пошкодження гільз і поршневих кілець. Однак у реальних умовах експлуатації дизельних двигунів значно частіше зустрічаються несправності суб'єктивного характеру, пов'язані насамперед із порушенням процесу згоряння палива та проникненням масла в камеру

згоряння. Найтиповішими причинами цього є негерметичність масловідбійних ковпачків та спрацювання напрямних втулок клапанів.

Такі порушення призводять до закоксовування циліндрів та наявності надлишкового масла, що істотно впливає на достовірність оцінки газодинамічної герметичності ЦПГ, незалежно від того, який діагностичний метод використовується. Масляна плівка та нагар здатні тимчасово «підвищувати» ущільнюючу здатність системи, приховуючи реальний стан кілець і гільзи.

Разом із тим вакуумметричний метод дозволяє встановити справжню природу несправності. Підвищені значення повного вакууму ($-P_1$) свідчать про те, що у циліндрі сформувалося додаткове джерело герметичності, зумовлене закоксовуванням поршневих кілець, які втратили здатність вільно переміщатися у канавках. У таких випадках зростає насосний ефект поршня, що й приводить до аномально високих показників вакууму.

На основі значного обсягу накопичених експлуатаційних даних можна сформулювати узагальнене діагностичне правило. Якщо величина $-P_1$ для одного або кількох циліндрів перевищує середнє значення по двигуну чи середньостатистичний показник, характерний для певного напрацювання або пробігу, більш ніж на $0,04 \text{ кгс/см}^2$, то таке відхилення, як правило, свідчить про наявність у надпоршневому просторі вільного масла. Масляна плівка, що накопичується у великих кількостях, формує додаткову пневмощільність, через що вакуум зростає.

Водночас слід враховувати, що крім масла до камери згоряння можуть потрапляти й інші робочі рідини – паливо або охолоджувальна рідина. У таких випадках показники $-P_1$, навпаки, зменшуються внаслідок розрідження та руйнування масляного клина.

Слід також відзначити, що дизелі великовантажних автомобілів, автобусів та іншої техніки іноземного виробництва, які відносять до двигунів «підвищеного ресурсу» або так званих «мільйонників», характеризуються іншим характером зношування гільз. На відміну від вітчизняних двигунів, їхні гільзи втрачають розміри переважно рівномірно, зберігаючи майже круглу форму. Унаслідок цього навіть за значних зносів і закоксовування поршневих

кілець показники P_k , $-P_1$ та $-P_2$ нерідко залишаються в межах допустимих значень – формується так званий ефект гідроциліндра. Проте це не виключає підвищеної витрати масла.

У подібних ситуаціях наведене вище емпіричне правило вже не забезпечує об'єктивної оцінки стану циліндро-поршневої групи. Тому для отримання достовірної діагностичної інформації необхідно застосовувати додаткові, більш інформативні методи, зокрема ендоскопічний контроль, який дозволяє безпосередньо оцінити стан дзеркала гільзи та робочих кромek кілець.

У структурі несправностей циліндро-поршневої групи особливу увагу приділяють стану клапанного механізму, оскільки саме він суттєво впливає на пневмоцільність камери згоряння. Теоретично, при незначному порушенні герметичності сполучення «клапан – сідло» значення параметрів $-P_1$ та $-P_2$ (зокрема для дизельних двигунів) залишатимуться близькими між собою. У такому разі виникає зона інформаційної невизначеності, подолати яку можливо лише шляхом залучення додаткових діагностичних методів, наприклад використання пневмокалібратора, що дозволяє локалізувати витoki та оцінити їх інтенсивність.

На практиці ж несправності сполучення «клапан – сідло» найчастіше проявляються раптово: у вигляді прогару клапана, відколювання частини кромки або утворення тріщини. Такі дефекти призводять до фактичної втрати пневмоцільності циліндра. Формування умовного «отвора» в камері згоряння викликає різке падіння величини $-P_1$, оскільки жоден із побічних факторів – наявність масла чи незгорілого палива – уже не здатен частково компенсувати утворений витік.

Типові види пошкоджень у сполученні «гільза – кільце» наведені на рис. 4.1 і можуть бути використані для порівняльної діагностики та уточнення характеру несправності.

У швидкохідних дизельних двигунах доволі поширеним явищем є вібрація компресійних кілець, що виникає внаслідок осьових та радіальних коливань резонансного характеру. Такі коливання порушують стабільність прилягання кілець до стінок гільзи та можуть спричинити прорив газів,

підвищену витрату мастила, інтенсивне зношування деталей і навіть механічне руйнування кілець.

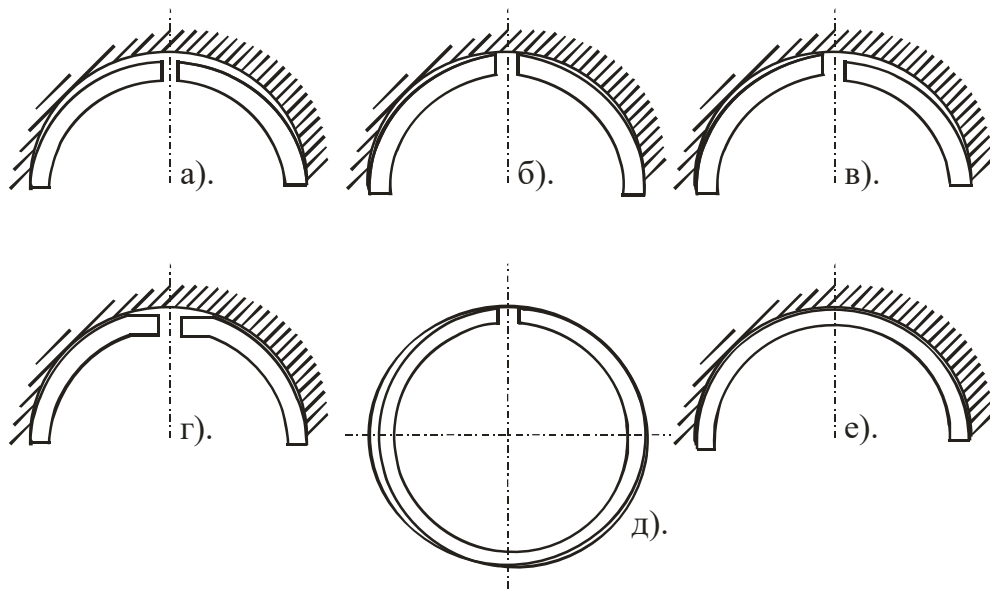


Рис. 4.1. Типові форми порушення контакту між поршневим кільцем і стінкою циліндра:

а – провисання кільця внаслідок овальності гільзи; б – підпір кільця при невідповідності діаметрів гільзи та кільця; в – спотворення форми кільця та/або циліндра, що призводить до нерівномірного прилягання; г – незначний провис, спричинений відсутністю хромового покриття на торцях кільця; д – «пропелерність» кільця – перекид у канавці поршня через нерівномірне зношування; е – поява «лисак», що утворюються внаслідок неякісного технологічного нанесення покриття на кільце.

Основні причини збільшення витоку газів із циліндра можна сформулювати так: недопустиме підвищення температури поршневого комплексу; закоксовування канавок поршня та пригар кілець; прискорене зношування гільз і самих поршневих кілець; втрата пружності та еластичності компресійних кілець; механічні пошкодження або поломка кілець; утворення задирів на поверхнях поршня і циліндрових втулок; старіння моторного масла та збільшення його відбору на угар; погіршення пускових властивостей двигуна, що супроводжується нестабільністю роботи ЦПГ.

Комплексні експериментальні дослідження, підтверджені статистичними даними, дали змогу обґрунтувати нормативні значення показників $-P_1$ та $-P_2$, які характеризують технічний стан ЦПГ дизельних двигунів (див. табл. 4.1).

Таблиця 4.1. Нормативні значення параметрів $-P_1$ та $-P_2$ для дизельних двигунів Ashok Leyland.

Номінальні значення, кгс/см ²		Граничні значення, кгс/см ²		
Гільза -P1	Кільця -P2	Гільза -P1	Кільця -P2	Клапан -P1
0,89-0,94	0,14-0,17	0,78	0,25	0,65

На основі наведених нормативних значень розглянемо інформативність та точність вакуумметричного методу на прикладі дизельного двигуна. Як показують дані, діапазон варіації параметра становить:

$$0,94 - 0,14 = 0,80 (\text{кгс/см}^2)$$

що відповідає інформативності:

$$0,80 / 0,94 \approx 85\%.$$

Абсолютна методична похибка методу не перевищує 0,04 кгс/см², а відносна похибка дорівнює:

$$0,04 / 0,80 = 5\%.$$

Якщо порівняти ці показники з характеристиками традиційного компресометричного методу, де методична похибка досягає 30 %, а інформативність не перевищує 20 %, вакуумний метод явно має суттєві переваги. Він дозволяє не лише точно фіксувати факт наявності несправності, але й оцінювати залишковий ресурс циліндро-поршневої групи.

Сучасні реалізації вакуумметричного методу та відповідної технології діагностики ЦПГ впроваджено у низці серійних приладів, зокрема:

- «Аналізатор герметичності циліндрів (АГЦ)», призначений для бензинових і дизельних двигунів;
- «Аналізатор пневмощільності циліндрів (АПЦ)», який застосовується для бензинових ДВЗ.

Ці прилади мають сертифікацію та захищені патентами, що підтверджує їхню технічну надійність і відповідність стандартам діагностики.

На рис. 4.2 наведено загальний вигляд аналізатора АГЦ-2.

Прилад АГЦ (Аналізатор Герметичності Циліндрів) призначений для проведення діагностичних робіт на двигунах внутрішнього згоряння як бензинових, так і дизельних типів. Його функціональні можливості дозволяють

оперативно та з високою точністю визначати технічний стан циліндро-поршневої групи, використовуючи вакуумметричний метод оцінювання.



Рис. 4.2. Прилад АГЦ-2.

Результати вимірювань, отримані під час випробувань дизельних ДВЗ методом вакуумної діагностики, наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Показники технічного стану циліндро-поршневої групи дизельних двигунів, визначені вакуумметричним методом.

№ п/п	Марка ДВЗ (напрацювання, мото-год.)	Зовнішні ознаки несправності	№ циліндра	Діагностичні параметри			Результати експертизи
				Рк, кгс/см ²	-P1, кгс/см ²	-P2, кгс/см ²	
1	Ashok Leyland (1500 мото- год.)	Ознаки несправності відсутні	1	30,0	0,91	0,15	Справний стан ЦПГ
			2	29,5	0,91	0,14	
			3	29,0	0,90	0,15	
			4	29,0	0,90	0,17	
			5	29,0	0,91	0,15	
			6	29,0	0,90	0,16	
2	Ashok Leyland (1800 мото- год.)	Нерівномірна робота циліндрів, зниження потужності	1	29,0	0,87	0,14	В 5-ому циліндрі зламана штанга впускного клапана

Як свідчать експериментальні результати, отримані за допомогою аналізатора АГЦ-2, вакуумметричний метод дозволяє з високою достовірністю

оцінювати не лише стан циліндро-поршневої групи, а й елементів газорозподільного механізму. Це робить метод універсальним інструментом для оперативної діагностики різних вузлів двигуна.

Узагальнюючи проведені дослідження, можна зазначити, що вакуумметричний спосіб контролю відзначається високою інформативністю, невеликою трудомісткістю та мінімальними вимогами до оснащення. Такий підхід дає змогу швидко отримувати об'єктивні дані про технічний стан ДВЗ без використання складного або дорогого обладнання.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Заходи по поліпшенню умов праці

При виконанні діагностики автобусів у місцях виконання та під час виконання даних видів робіт по обслуговуванню можуть мати місце такі основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- наїзди автомобілів на працівників;
- падіння працюючих на поверхні, з висоти (буфера, підніжки, естакади тощо), в оглядову канаву, в самій оглядовій канаві;
- падіння деталей, вузлів, агрегатів, інструменту;
- низька температура, підвищена вологість повітря у холодний період року;
- недостатня освітленість, на дільниці діагностики і в оглядовій канаві;
- можливість поразки електричним струмом;
- довготривале знаходження в одній позі з піднятими догори руками (перевірка кутів установки керованих коліс, при регулюванні гальмівної системи знаходячись у оглядовій канаві);
- підвищені рівні шуму від працюючого стенду для перевірки гальмівної системи, а також від компресорної станції для підкачки коліс;
- підвищена загазованість повітря чадним газом та інше.
- пожежі при зливанні пально-мастильних матеріалів з автомобілів, миття ними деталей вузлів, агрегатів, зберіганні та залишенні їх на робочих місцях;

Карта умов праці для робітників дільниці наведена в таблиці 5.1.

З метою поліпшення умов праці працівників дільниці діагностики необхідно проводити наступні заходи:

Організаційні:

- своєчасно проводити інструктаж по охороні праці, не порушувати правила безпеки руху; механічної експлуатації транспорту.

Технічні:

- дотримання норм безпечної експлуатації конструкцій, технологічного устаткування і підйомно-транспортних засобів; правильний вибір устаткування,

транспортних засобів; проведення планово-запобіжних ремонтів устаткування, підйомно-транспортних пристроїв, транспортних машин (НАОП 5.1.12 – 1.02 – 78, НАОП 5.1. 12 – 1.01 – 80).

Таблиця 5.1 – Карта умов праці

Санітарно-гігієнічні чинники		Одиниця вимірювання	Норма	Робочі місця (назви)
			Факт	Слюсар по ремонту
Мікроклімат	Температура повітря	°С	Н	
			Ф	28
	Відносна вологість повітря	%	Н	40 – 60
			Ф	55
	Швидкість руху повітря	м/с	Н	0,3
			Ф	0,3
Шкідливі речовини	Загазованість (пари бензину)	мг/м3	Н	4
			Ф	2
	Загазованість (СО)	мг/м3	Н	20
			Ф	—
Шум	Рівень звукового тиску	дБ	Н	85
			Ф	68
Освещеність	Природна, КЕО	%	Н	1,5
			Ф	1,0
	Штучна	лк	Н	300
			Ф	250 220

Санітарно – гігієнічні:

- уникати високої концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони;
- повинне бути задовільне освітлення на ділянці роботи відповідно вимог ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення».

Психологічні чинники:

- необхідно щоб праця відповідала психофізичним даним працівника, при достатній професійній підготовці.

Для усунення небезпеки поразки електричним струмом при появі напруги на конструктивних частинах електроустаткування застосовувати захисне заземлення).

Як захист від вібрації на обладнанні використовуються пружинні, пневматичні і гумові віброізолятори, демпфуючі обмазки, балансування коліс, урівноваження ремонтowanego устаткування оснащенням відповідно до проектних умов.

Як захист від шкідливих виділень пилу застосовується природна і примусова (штучна) вентиляція.

Конкретно на наступних ділянках виробничого корпусу АТП :

- у мийному – від надмірної вологи і розчинників ;
- у малярному – від фарбувального пилу і парів розчинників;
- у акумуляторній – від аерозолів кислоти;
- на зварювальних постах – від зварювальних аерозолів пилу;
- на комірах і в'їздах – повітряні завіси від холодного і теплого запиленого повітря зовні.

Відповідно до вимог санітарних норм і правил всі робочі підприємства повинні забезпечуватися засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), перелік яких приведений в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Засоби індивідуального захисту

Найменування ЗІЗ	Норма видачі	Термін носіння
1. Комбінезон	1 к-т	24 міс.
2. Рукавиці спеціальні	1 к-т	до зносу
3. Респіратор ШБ-1 «Лепесток»	1 шт.	до зносу
4. Окуляри захисні	1 шт.	24 міс.
5. Засоби захисту органів слуху	1 шт.	до зносу

5.2 Заходи з цивільного захисту при надзвичайних ситуаціях

Автотранспортне підприємство АТП, як і всі автопідприємства в цілому є об'єктами з високою пожежною небезпекою. На підприємстві використовуються і зберігаються паливно – мастильні матеріали (гас, бензин, масла, газ у балонах, дизельне паливо, різного призначення розчинники, фарби тощо), що є легкозаймисті і горючі матеріали з різною температурою спалаху. На кожному автобусі є паливний бак ємністю більше 150 л палива. Технологічні процеси по ремонту і обслуговуванню автобусів пов'язані з використанням обладнання, що працює від електричного струму. При порушенні правил пожежної безпеки, невиконанні вимог інструкцій по пожежній безпеці при виконанні робіт по обслуговуванню і ремонту автобусів, а також їх експлуатації може привести до виникнення пожежі (надзвичайної ситуації) на виробничому об'єкті.

До причин виникнення пожеж на автопідприємстві відносяться: спалах бензину, дизпалива, розчинників, фарб, промасленого ганчір'я і інше; від відкритого вогню, іскор апаратів електрозварювання і газозварювання, замикання електропроводок і ін.

По пожежній небезпеці дільниця діагностики автобусів відноситься до категорії.

З метою уникнення утворення надзвичайної ситуації (пожежі) на підприємстві розробляються і проводяться технічні протипожежні профілактичні заходи, а саме:

- зонування території розміщення дільниць на генплані, протипожежні розриви між виробничими і іншими будівлями;

- устрій виробничих приміщень, їх тип, ступінь вогнестійкості, поверховість, наявність і число евакуаційних виходів, шляхи евакуації;

- блискавкозахист здійснюється відповідно вимог ДСТУ Б В.2.5-38:2008.

Металоконструкції будівель заземлені, що служить в більшості випадків, як захист;

- пожежний зв'язок і сигналізація, її тип, вживані датчики сигналізації про пожежу вибрані;

- приміщення для технічного обслуговування і ремонту автобусів відділені від приміщень для зберігання автобусів протипожежними перегородками 1-го типу. Ворота і двері у цих перегородках є протипожежними 2-го типу;

- в автомобільних цехах з числом автобусів понад 25 розроблений і затверджений начальником цеху спеціальний план розстановки автобусів і порядок їх евакуації.

Щоб не створити умов пожежі на автопідприємстві забороняється:

- допускати потрапляння на двигун і робоче місце паливо і масло;
- залишати в кабіні (салоні), на двигуні та робочих місцях обтиральні матеріали;
- допускати течі в паливопроводах, баках і приладах системи харчування;
- тримати відкритими горловини паливних баків і посудин із займистими рідинами;
- мити або протирати бензином кузов, деталі й агрегати, мити руки й одяг бензином;
- користуватися відкритим вогнем при усуненні несправності;
- підігрівати двигун відкритим вогнем.

Усі проходи, проїзди, сходини на підприємстві повинні бути вільні для проходу і проїзду. Горища не можна використовувати під виробничі і складські приміщення.

Куріння на території виробничих приміщень АТП дозволено тільки у відведених для цього місцях, обладнаних протипожежними засобами і написом Місце для куріння.

На випадок утворення пожежі всі виробничі будівлі забезпечені пожежними водопровідними мережами, кранами, засобами (пожежними рукавами із спеціальними пожежними стволами).

Первинні засоби пожежогасіння, установки пожежогасіння вибрані з урахуванням Правил і норм відповідно НАПБ Б.01.008-2004 та НАПБ Б.03.001-2004.

На підприємстві АТП створена добровільна пожежна дружина з виробничого персоналу відповідно НАПБ Б.02.010-2003.

Розрахувати повітряну теплову завісу для воріт цеху. Щілина розташована внизу воріт. Ширина щілини $B_{щ}=0,15\text{м}$. Висота воріт $H_в=2\text{м}$, ширина $B_B=3\text{м}$.

Середня швидкість вітру $V_{вітру}=2\text{ м/с}$. Температура повітря, що забирається із зовнішньої зони цеху $t_{B3} = + 20^\circ\text{C}$. Середня температура зовнішнього повітря

за опалювальний період $t_{зовн} = - 5^\circ\text{C}$. Кут випуску потоку завіси до площі воріт у плані $\alpha = 45^\circ$, коефіцієнт турбулентної структури потоку, $a=0,2$. При даних значеннях a і α для розміщення завіси знизу функція ϕ , що залежить від кута нахилу потоку завіси і коефіцієнта турбулентної структури потоку, дорівнює 0,47.

$$\phi = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{\frac{b}{\cos \alpha}} \cdot \text{th} \cdot \frac{\sin \alpha \cdot \cos \alpha}{a}, \quad (5.1)$$

Повітряну завісу можна розглядати як умовний заслін висотою $h=2\text{м}$. Напрямок вітру перпендикулярний до площини вітру.

Рішення:

Кількість холодного зовнішнього повітря, що надходить у цех при непрацюючій повітряній завісі L_0 , визначаємо по формулі.

$$L_0 = H_b \cdot B_b \cdot V_{вітру}, \quad (5.2)$$

$$L_0 = 2,5 \cdot 3 \cdot 2 = 15 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Кількість зовнішнього повітря, що проникає в цех при прийнятій висоті повітряної завіси (умовного заслону) $h = 2\text{м}$, буде:

$$L_{зовн} = L_0 \cdot \left(1 - \frac{2}{2,5}\right), \quad (5.3)$$

$$L_{зовн} = 15 \cdot \left(1 - \frac{2}{2,5}\right) = 3 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Кількість повітря, яке необхідно для завіси, визначається по формулі:

$$L_3 = \frac{L_0 - L_{зовн}}{\sqrt[\phi]{\frac{H}{b_{щ} + 1}}}, \quad (5.4)$$

$$L_3 = \frac{15-3}{\sqrt[0,47]{\frac{2,5}{0,15+1}}} 6,0 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Швидкість виходу повітря із щілини розраховується по формулі:

$$V = \frac{L_3}{B_{\epsilon} \cdot b_{щ}}, \quad (5.5)$$

$$V = \frac{6,0}{3 \cdot 0,15} = 13,3 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Швидкість руху повітря із щілини розраховується по формулі:

$$t_{сер} = \frac{L_3 \cdot t_{\epsilon.з.} + L_{зовн.} \cdot t_{зовн.}}{L_B + L_{зовн.}}, \quad (5.6)$$

$$t_{сер} = \frac{6,0 \cdot 20 + 3 \cdot (-5)}{6,0 + 3} = 12^{\circ}\text{C}.$$

Середня температура повітря, що надходить у цех, рівняється:

$$t_{сер} = 12^{\circ}\text{C}.$$

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Вступ обґрунтовує актуальність тематики, чітко визначає важливість удосконалення системи ТО-2 для інтенсивно експлуатованих автобусів Etalon. Правильно акцентовано увагу на впливі технічного стану ЦПГ на надійність дизельного двигуна та загальний моторесурс. Постановка проблеми логічна й професійна.

Технологічний розділ демонструє знання нормативів, технологічних вимог і практичних аспектів ТО: виконано опис технологічного процесу ТО-2;

подано детальну характеристику всіх груп операцій (контрольні, регулювальні, змащувальні, діагностичні); проаналізовано оснащення підприємства та виявив його недоліки; наведено обґрунтований перелік технологічних операцій для конкретної моделі автобуса.

Викладено демонструє добрий рівень орієнтування у виробничих процесах автотранспортного підприємства.

Конструкторський розділ містить розрахунки: гідравлічного приводу канавного підйомника; геометричних параметрів шестеренного насоса; пружини високого тиску нагнітача консистентних мастил; шпонкового з'єднання вала електродвигуна; параметрів випробувального стенда для обкатки автобусів.

Розрахунки виконані у відповідності до методик інженерної механіки, гідравліки та опору матеріалів. Коректно застосовано стандартні формули, дотримується логічної послідовності виведення та обґрунтовує вибір конструктивних параметрів.

Науково-дослідний розділ присвячений аналізу технічного стану ЦПГ дизельних двигунів вакуумметричним методом: розкрито сутність методу й механізм роботи обладнання; наведено інформативні критерії ($-P_1$, $-P_2$), їх похибки та діагностичні можливості; здійснено аналіз практичних даних.

Розділ має чітку наукову складову та демонструє здатність застосовувати методи технічної діагностики.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Технічний контроль стану дорожніх машин / Малишев В., Кущевська Н., Петренко Т, Докуніхін В. - Університет "Україна", 2022. 252 с.
2. Підручник з будови автомобіля. Видання третє. Виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 с.
3. Кисликов В.Ф., В.В. Лущик Будова і експлуатація автомобілів. Підручник - [Либідь м.Київ](#), 2018 – 400с.
4. Кузьмінський Р.Д., Шарибура А.О Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів [Львів](#) 2017 – 376 с.
5. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - [Ліра-К](#), 2017 – 288 с.
6. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - [Львівська політехніка](#) 2017, - 324 с.
7. [Шапко В.Ф., Шапко С.В. Основи теорії та динаміки автомобільних двигунів : підручник. – Харків : Точка, 2016. – 232 с.](#)
8. Шапко В.Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії та характеристики поршневих двигунів внутрішнього згоряння: Навчальний посібник. - Кременчук: КНУ, 2011. - 194 с.
9. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.
10. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.
11. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Мінтранс України, 1998. – 16 с. – (Нормативний документ Мінтрансу України).
12. Андрусенко С. І. Технологічне проектування автотransпортних підприємств: навч. посіб. / Андрусенко С. І., Білецький В. О., Бортницький

П. І.; за ред. проф. С. І. Андрусенка. – К. : Каравела, 2009. – 368 с.

13. Законодавство України про автомобільний транспорт: збірник законодавчих актів : станом на 1 травня 2005 р. / Верховна Рада України. – К.: Парламентське видавництво, 2005. – 140 с. – (Нормативні директивні правові документи).

14. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 1 :теоретичні основи. Технологія: підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К. : "Вища школа", 1994. – 342 с.

15. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 2: організація, планування і управління : підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К.: "Вища школа", 1994. – 383 с.

16. Курніков І. П. Технологічне проектування підприємств автомобільного транспорту : навчальний посібник / І. П. Курніков, М. К. Корольов, В. М. Токаренко. – К. : Вища школа, 1993. – 191 с.

17. 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.

18. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. – 8-те вид. - К.: Либідь, 2018. – 400 с.

19. Кисликов В.Ф. Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів. – К.: Либідь, 2016. – 400 с. 5. Ю.А.

20. О.П. Строков, М.Г. Макаренко, В.Ф.Фролов Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Підручник: У 2 кн. К.: Грамота, 2005.