

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)

«21» січня 2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Безкорвайному Володимирі Петровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту гальмівної системи автомобіля RENAULT Magnum

Керівник роботи Рогатинський Роман Михайлович д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «21» січня 2026 року № 4/9-39

2. Термін подання студентом завершеної роботи 11 червня 2026

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес технічного обслуговування та ремонту гальмівної системи автомобіля RENAULT Magnum

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

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

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

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

Схема гальмівної системи автомобіля RENAULT Magnum з причепом – А1;

Стенд для діагностування та ТО гальмівної системи автомобіля RENAULT

Magnum – А1;

Стенд для випробування компресорів гальмівної системи вантажних

автомобілів – 2А1;

Пристрій для перевірки гальм – А1;

Стенд для перевірки гальмових характеристик автомобіля – А1;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	к.т.н. доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 21.січня 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	29.01.2026	
2	Технологічний розділ	12.02.2026	
3	Конструкторський розділ	04.06.2026	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	11.06.2026	
5	Оформлення графічної частини	11.06.2026	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра		

Студент

_____ (підпис)

Безкоровайний Володимир Петрович

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Рогатинський Роман Михайлович

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: « Розроблення технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту гальмівної системи автомобіля RENAULT Magnum ».

Робота виконана на кафедрі автотранспорту та логістики Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра д.т.н., Рогатинський Роман Михайлович.

Пояснювальна записка складається з чотирьох розділів і 64 сторінки формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини.

Ключові слова ремонт, діагностування, пневматичний привід, технічний стан.

ЗМІСТ

Вступ	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Загальна будова та принцип роботи гальмівної системи Renault Magnum з причепом.....	8
1.2 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра....	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	18
2.1 Типові відмови пневматичної гальмівної системи вантажного автомобіля та способи їх усунення.....	18
2.2 Розроблення технологічних карт технічного обслуговування та ремонту гальмівної системи автомобіля RENAULT Magnum.....	27
2.3 Нормування трудомісткості операцій технічного обслуговування та ремонту гальмівної системи вантажного автомобіля.....	35
2.4 Розрахунок кількості обладнання для поста технічного обслуговування і ремонту гальмівних систем вантажних автомобілів.....	37
2.5 Розрахунок вартості заміни гальмівних колодок автомобіля RENAULT Magnum.....	40
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	42
3.1 Опис конструкції модернізованого стенда для випробування компресорів гальмівної системи вантажних автомобілів.....	42
3.2 Розрахунок основних елементів модернізованого стенда для випробування компресорів гальмівної системи.....	43
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	56
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час обслуговування та ремонту гальмівної системи автомобіля RENAULT Magnum.....	56
4.2 Заходи безпеки та охорони праці під час технічного обслуговування і ремонту гальмівної системи.....	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	61
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	63
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Гальмівна система вантажного автомобіля є однією з найважливіших систем активної безпеки, від технічного стану якої залежить не лише ефективність зупинки транспортного засобу, а й стійкість його руху, керованість, безпека водія, пасажирів та інших учасників дорожнього руху. Особливо високі вимоги до справності гальмівної системи висуваються до магістральних вантажних автомобілів, які експлуатуються у складі автопоїздів, перевозять значні вантажі та працюють у різних дорожніх і кліматичних умовах.

Автомобіль RENAULT Magnum належить до великовантажних магістральних тягачів, у яких застосовується пневматична гальмівна система з електронним керуванням. Така система поєднує пневматичний привід, дискові гальмівні механізми, електронні модулі EBS/ABS, ресивери, осушувач повітря, гальмівні камери, енергоакумулятори, датчики та керуючу апаратуру. Завдяки цьому забезпечується швидке спрацювання гальм, оптимальний розподіл гальмівних сил між осями, запобігання блокуванню коліс і підвищення стійкості автопоїзда під час гальмування.

Разом із тим складність конструкції пневматичної гальмівної системи потребує якісного технічного обслуговування, своєчасного діагностування та правильного виконання ремонтних операцій. Навіть незначні відхилення в роботі компресора, регулятора тиску, осушувача, гальмівних камер, клапанів або повітропроводів можуть призвести до падіння тиску, збільшення гальмівного шляху, нерівномірного спрацювання гальм або повної втрати працездатності окремого контуру. Тому питання удосконалення технологічного процесу обслуговування та ремонту гальмівної системи є актуальним як з технічного, так і з експлуатаційного погляду.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності підвищення надійності та безпеки експлуатації автомобіля RENAULT Magnum шляхом раціональної організації технічного обслуговування і ремонту його гальмівної системи. Для цього важливо не тільки визначити характерні несправності та способи їх усунення, а й розробити чітку технологічну

послідовність виконання робіт, підібрати необхідне обладнання, встановити норми часу та передбачити засоби контролю якості виконаного ремонту.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту гальмівної системи автомобіля RENAULT Magnum з урахуванням конструктивних особливостей пневматичного приводу, вимог до діагностування, організації ремонтного поста та забезпечення безпечних умов праці.

Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно проаналізувати загальну будову та принцип роботи гальмівної системи автомобіля, визначити типові відмови її основних вузлів, розробити технологічні карти заміни гальмівних колодок тягача і напівпричепа, виконати нормування трудомісткості операцій, підібрати обладнання для поста технічного обслуговування і ремонту, а також розглянути можливість удосконалення засобів перевірки компресорів пневматичної системи.

Об'єктом дослідження є процес технічного обслуговування та ремонту гальмівної системи вантажного автомобіля RENAULT Magnum.

Предметом дослідження є технологічна послідовність виконання ремонтних операцій, засоби діагностування, обладнання ремонтного поста та організаційно-технічні заходи, спрямовані на підвищення ефективності обслуговування пневматичної гальмівної системи.

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропонований технологічний процес може бути використаний на автотранспортних і сервісних підприємствах для виконання робіт із діагностування, технічного обслуговування та ремонту гальмівної системи вантажних автомобілів. Розроблені технологічні карти, норми часу та підбір обладнання дають змогу впорядкувати роботу ремонтного персоналу, зменшити тривалість виконання операцій, підвищити якість ремонту та забезпечити надійну подальшу експлуатацію автомобіля.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальна будова та принцип роботи гальмівної системи Renault Magnum з причепом

Гальмівна система автопоїзда у складі тягача Renault Magnum та причепа або напівпричепа є однією з основних систем активної безпеки. Її призначення полягає не лише у зменшенні швидкості руху чи повній зупинці транспортного засобу, а й у забезпеченні стійкості автопоїзда під час гальмування, утриманні його на місці під час стоянки, а також у запобіганні блокуванню коліс і складанню автопоїзда на слизькому покритті.

Renault Magnum належить до магістральних вантажних автомобілів великої вантажопідйомності, тому для нього застосовується пневматична гальмівна система з електронним керуванням. У технічній документації Renault Trucks для Magnum зазначено, що автомобіль обладнувався системою APM – Air Product Management, дисковими гальмами на всіх колесах та системою EBS, яка електронно керує тиском у гальмівних механізмах залежно від умов зчеплення коліс із дорогою. До функцій EBS також належать ABS, протибуксувальна система, допомога під час рушання на підйомі та контроль зносу гальмівних дисків і колодок.

Основними елементами пневматичної системи є компресор, повітряний осушувач, регулятор тиску [1, 2], ресивери, захисні клапани, гальмівний кран, електропневматичні модулятори, гальмівні камери, трубопроводи, датчики тиску, датчики частоти обертання коліс, електронний блок керування EBS та з'єднувальні магістралі для причепа.

Джерелом енергії для гальмування є стиснене повітря, яке створюється компресором. Після стискання повітря проходить через осушувач, де з нього видаляється волога. Це має велике значення для надійності системи, оскільки наявність конденсату в пневматичних магістралях може спричинити корозію, замерзання клапанів у холодний період або нестабільну роботу гальмівного

приводу. Після підготовки повітря накопичується у ресиверах і далі подається до контурів робочої, стоянкової та причіпної гальмівної системи.

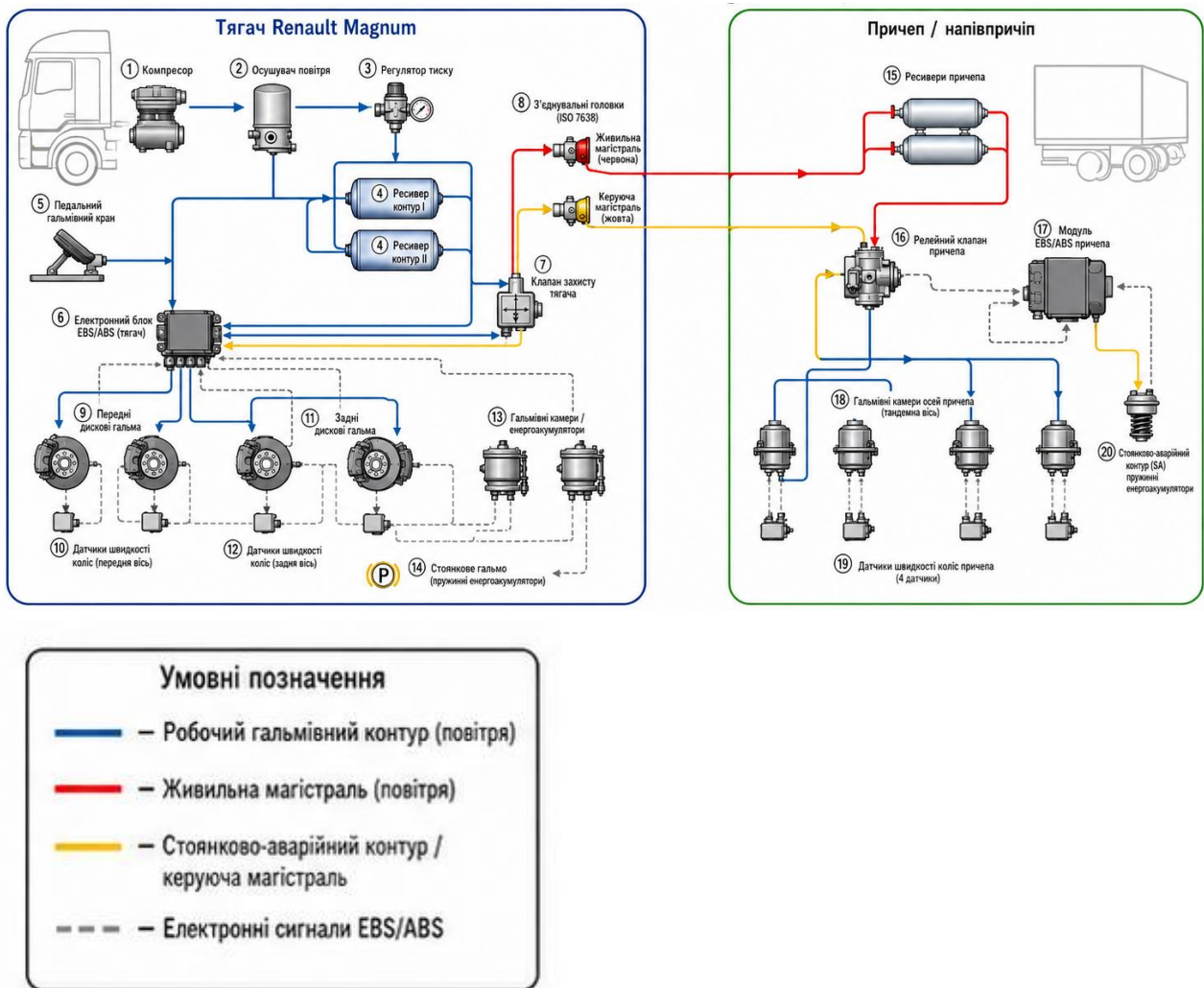


Рис. 1.1. Схема гальмівної системи Renault Magnum з причепом:

1 - Компресор створює стиснене повітря. 2 - Осушувач видаляє вологу та забруднення. 3 - Регулятор тиску підтримує робочий тиск системи. 4 - Ресивери контурів I та II забезпечують запас повітря для незалежної роботи контурів. 5 - Педальний гальмівний кран формує команду водія. 6 - Електронний блок EBS/ABS обробляє сигнали та керує гальмуванням тягача та причепа. 7 - Клапан захисту тягача захищає контури тягача від порожнення через лінії до причепа. 8 - З'єднувальні головки: червона – живильна магістраль, жовта – керуюча магістраль (ISO 7638). 9 - Передні дискові гальма керуються EBS/ABS. 10 - Датчики швидкості передньої осі передають дані до EBS. 11 - Задні дискові гальма керуються EBS/ABS. 12 - Датчики швидкості задньої осі передають дані до EBS. 13 - Гальмівні камери / енергоакумулятори забезпечують гальмування і стоянкове утримання тягача. 14 - Стоянкове гальмо тягача – пружинні

енергоакумулятори, живлення від жовтого контуру. 15 - Ресивери причепа накопичують повітря для гальмування. 16 - Релейний клапан причепа керує подачею повітря до гальмівних камер осей. 17 - Модуль EBS/ABS причепа керує гальмуванням причепа. 18 - Гальмівні камери осей причепа приводять у дію гальма. 19 - Датчики швидкості коліс причепа передають дані до модуля EBS. 20 - Стоянково-аварійний контур приводить у дію пружинні енергоакумулятори осей при стоянці або у разі аварії.

Гальмівні механізми Renault Magnum. На Renault Magnum застосовуються дискові гальмівні механізми. У порівнянні з барабанными гальмами вони краще відводять тепло, стабільніше працюють під час інтенсивного гальмування та забезпечують рівномірніше зношування фрикційних накладок. У технічному буклеті Renault Magnum вказано, що основна гальмівна система автомобіля має дискові гальма на всіх колесах.

Дисковий гальмівний механізм складається з гальмівного диска, супорта, гальмівних колодок, механізму підведення колодок, привідного важеля та гальмівної камери. Під час гальмування стиснене повітря надходить у гальмівну камеру, діє на її мембрану або поршень і через механічний привід притискає колодки до диска. Унаслідок тертя між колодками та диском кінетична енергія руху автомобіля перетворюється в теплову енергію, а швидкість транспортного засобу зменшується.

Для вантажного автомобіля, який працює у складі автопоїзда, особливо важливо, щоб гальмування на всіх осях відбувалося узгоджено. Якщо тягач гальмує сильніше за причіп, зростає ризик наїзду причепа на тягач і втрати стійкості. Якщо ж причіп гальмує надмірно інтенсивно, можливе блокування його коліс або занос причіпної ланки. Саме тому у сучасних вантажних автомобілях застосовується електронне керування гальмуванням.

Принцип роботи пневматичного гальмівного приводу. Робота гальмівної системи Renault Magnum базується на використанні енергії стисненого повітря. У початковому стані компресор нагнітає повітря в пневмосистему, а регулятор підтримує тиск у заданих межах. Ресивери виконують роль запасу повітря, необхідного для багаторазового гальмування навіть у випадку короткочасного припинення подачі від компресора.

Коли водій натискає на педаль гальма, гальмівний кран або електронний модуль формує команду на гальмування. У традиційній пневматичній системі величина тиску в гальмівних камерах безпосередньо залежить від ходу педалі. У системі EBS команда від педалі спочатку сприймається датчиком, після чого електронний блок обробляє сигнал, порівнює його з даними від датчиків коліс, тиску, навантаження на осі та стану причепа, а потім керує електропневматичними модуляторами.

Перевага такого принципу полягає в тому, що гальмівний тиск формується швидше й точніше, ніж у звичайному пневматичному приводі. Електронна система може окремо регулювати тиск на різних осях, враховуючи завантаження автомобіля, стан дорожнього покриття та ризик блокування коліс. У документації Renault Trucks зазначено, що система EBS керує гальмуванням транспортного засобу та забезпечує роботу ABS і ASR.

Після відпускання педалі гальма тиск у гальмівних камерах знижується, повітря через випускні клапани виходить в атмосферу, а пружні елементи гальмівного механізму відводять колодки від диска. Колеса знову обертаються без гальмівного моменту.

Електронна система гальмування EBS. Система EBS є важливим елементом гальмівної системи Renault Magnum [8, 9]. Її основне завдання – забезпечити оптимальний розподіл гальмівних сил між осями тягача та причепа. Вона підвищує ефективність гальмування, зменшує час спрацювання гальм і сприяє рівномірному зношуванню колодок.

До складу EBS входять:

- електронний блок керування;
- датчик положення педалі гальма;
- датчики частоти обертання коліс;
- датчики тиску в пневматичних контурах;
- електропневматичні модулятори;
- датчики навантаження на осі;
- електричні та пневматичні з'єднання з причепом.

Під час гальмування електронний блок аналізує інтенсивність натискання на педаль, швидкість руху, обертання коліс і навантаження на осі. На основі цих

даних система визначає потрібний тиск у гальмівних камерах. Якщо одне з коліс починає блокуватися, EBS через функцію ABS зменшує тиск у відповідному контурі. Завдяки цьому колесо зберігає можливість обертання, а автомобіль не втрачає керованості.

Функція ABS запобігає блокуванню коліс під час різкого гальмування. Це особливо важливо для автопоїзда, оскільки заблоковані колеса причепа або тягача можуть спричинити занос, збільшення гальмівного шляху та втрату стійкості. Функція ASR запобігає пробуксовуванню ведучих коліс під час рушання або руху по слизькому покриттю. У технічних матеріалах Renault Trucks зазначено, що EBS виконує функції ABS та антипробуксовувального регулювання.

Гальмівна система причепа або напівпричепа.

Причіп або напівпричіп, який працює разом із Renault Magnum, має власну гальмівну систему, але керується вона від тягача. Залежно від конструкції причіпної ланки можуть застосовуватися барабанні або дискові гальмівні механізми. У сучасних напівпричепах найчастіше використовуються пневматичні гальма з ABS або EBS.

Зв'язок між тягачем і причепом здійснюється через:

- живильну пневматичну магістраль;
- керуючу пневматичну магістраль;
- електричний кабель живлення та сигналізації;
- електронний кабель EBS/ABS;
- зчіпний або сидельно-зчіпний пристрій.

Живильна магістраль подає стиснене повітря до ресиверів причепа. Керуюча магістраль передає сигнал про необхідність гальмування. У разі застосування електронної системи EBS частина команд передається електричним шляхом, що скорочує час реакції причепа на натискання педалі гальма. Для автопоїзда це має принципове значення, оскільки навіть невелика затримка спрацювання гальм причепа може негативно вплинути на стійкість під час інтенсивного гальмування.

У разі роз'єднання магістралей або аварійного падіння тиску система причепа повинна автоматично загальмувати колеса. Такий принцип підвищує

безпеку експлуатації, оскільки причіп не залишається некерованим у разі пошкодження пневматичного з'єднання.

Взаємодія гальмівних систем тягача і причепа.

Під час руху автопоїзда гальмівні системи тягача і причепа працюють як єдиний комплекс. Коли водій натискає на педаль гальма, команда одночасно надходить до гальмівних механізмів тягача та до системи причепа. Електронний блок керування оцінює режим руху та забезпечує такий розподіл гальмівного зусилля, щоб автопоїзд сповільнювався рівномірно.

У нормальному режимі спочатку формується керуючий сигнал, після чого тиск подається до відповідних гальмівних камер. Якщо автопоїзд рухається порожнім, система зменшує гальмівне зусилля, щоб запобігти блокуванню коліс. Якщо транспортний засіб завантажений, тиск у гальмівних контурах збільшується, оскільки для зупинки більшої маси потрібний більший гальмівний момент.

Особливістю гальмування автопоїзда є необхідність запобігти явищу «складання», коли причіп зміщується під кутом до тягача. Найчастіше така ситуація виникає під час різкого гальмування на слизькому покритті, на повороті або за неправильного розподілу гальмівних сил. Система ABS/EBS зменшує ймовірність такого явища, оскільки не допускає повного блокування коліс і підтримує курсову стійкість транспортного засобу.

Стоянкова гальмівна система Renault Magnum призначена для утримання автомобіля або автопоїзда на місці після зупинки. Вона працює за принципом дії пружинних енергоакумуляторів. У розгальмованому стані стиснене повітря стискає пружину енергоакумулятора. Коли водій вмикає стоянкове гальмо або в системі падає тиск, повітря випускається, пружина розтискається і через механічний привід притискає гальмівні колодки до диска або барабана.

Такий принцип є безпечним, оскільки у випадку втрати тиску автомобіль не залишається без гальм, а навпаки – автоматично загальмовується. Стоянкове гальмо може діяти як на тягач, так і на причіпну ланку залежно від конструкції пневматичного приводу та положення органів керування.

Під час експлуатації магістрального автопоїзда значне навантаження на гальмівну систему виникає під час руху на затяжних спусках. Якщо в таких

умовах постійно використовувати лише колісні гальма, можливе перегрівання дисків і колодок, зниження коефіцієнта тертя та збільшення гальмівного шляху.

Для зменшення навантаження на робочу гальмівну систему застосовується допоміжне гальмування. У Renault Magnum це може бути моторне гальмо або сповільнювач, залежно від комплектації автомобіля. У технічних матеріалах Renault Trucks зазначено, що для Magnum передбачалися сповільнювачі, пов'язані з гальмівною системою, з автоматичним вимкненням під час спрацьовування ABS та повторним увімкненням через EBS відповідно до умов зчеплення.

Допоміжне гальмування не призначене для повної зупинки автомобіля, однак воно дозволяє підтримувати безпечну швидкість на спусках, зменшує нагрівання колісних гальм і підвищує ресурс гальмівних колодок та дисків.

Надійність гальмівної системи Renault Magnum з причепом залежить не лише від конструкції, а й від своєчасного технічного обслуговування. Під час експлуатації необхідно контролювати тиск у пневматичних контурах, герметичність магістралей, стан ресиверів, роботу осушувача повітря, справність гальмівних камер, зношування колодок і дисків, а також роботу датчиків ABS/EBS.

Особливу увагу потрібно приділяти з'єднанням між тягачем і причепом. Негерметичність пневматичних магістралей, пошкодження електричного кабелю ABS/EBS або забруднення з'єднувальних головок можуть призвести до запізнення гальмування причепа, появи помилок у системі керування або нерівномірного розподілу гальмівних сил.

Під час щоденного огляду водій повинен переконатися у відсутності витоків повітря, перевірити показники тиску в системі, справність сигнальних ламп, роботу стоянкового гальма, стан пневматичних шлангів і правильність під'єднання причепа. За появи попереджувальних повідомлень EBS або ABS експлуатацію автопоїзда необхідно обмежити до встановлення причини несправності.

1.2 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення раціонального технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту гальмівної системи вантажного автомобіля RENAULT Magnum, обґрунтування послідовності виконання ремонтних операцій, визначення трудомісткості робіт, підбір необхідного обладнання для ремонтного поста та удосконалення засобів діагностування елементів пневматичної гальмівної системи.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання.

Проаналізувати конструкцію та принцип роботи гальмівної системи автомобіля RENAULT Magnum.

Необхідно розглянути загальну будову пневматичної гальмівної системи, призначення її основних елементів, зокрема компресора, ресиверів, регулятора тиску, осушувача повітря, гальмівних камер, енергоакумуляторів, трубопроводів, клапанів та електронних систем ABS/EBS.

Визначити типові відмови пневматичної гальмівної системи вантажного автомобіля.

Слід охарактеризувати несправності компресора, ресиверів, регулятора тиску, осушувача повітря, гальмівних камер, енергоакумуляторів, кранів, клапанів, трубопроводів і з'єднувальної арматури. Для кожної групи несправностей необхідно вказати причини виникнення, зовнішні ознаки, способи діагностування та методи усунення.

Розробити технологічну карту заміни гальмівних колодок тягача RENAULT Magnum.

У технологічній карті потрібно подати послідовність виконання операцій: підготовку тягача до ремонту, зняття колеса, огляд дискового гальмівного механізму, демонтаж колодок, дефектування деталей, підготовку супорта, встановлення нових колодок, перевірку гальмівної камери, монтаж колеса та контроль працездатності системи.

Розробити технологічну карту заміни гальмівних колодок напівпричепа.

Необхідно описати технологічну послідовність демонтажу колеса, зняття гальмівних колодок, заміни втулок, наклепування нових фрикційних накладок, складання колодок, встановлення їх на вісь та монтажу колеса.

Виконати нормування трудомісткості ремонтних операцій.

Потрібно визначити норми часу на виконання окремих операцій із заміни гальмівних колодок тягача та напівпричепа, розрахувати загальну трудомісткість робіт і подати результати у вигляді таблиць.

Розрахувати потребу в обладнанні для поста технічного обслуговування і ремонту гальмівних систем.

Необхідно визначити кількість основного обладнання з урахуванням трудомісткості робіт, річного фонду часу, коефіцієнта завантаження та технологічного призначення поста.

Підібрати технологічне обладнання, пристрої та інструмент для виконання робіт.

До складу поста потрібно включити стенд для перевірки гальм, слюсарний верстат, стіл для деталей, домкрати, гідравлічний візок для коліс, гайковерт, стенд для ремонту та випробування компресорів, інструментальні шафи, набір слюсарного інструменту й допоміжне обладнання.

Виконати розрахунок вартості заміни гальмівних колодок автомобіля RENAULT Magnum.

Слід визначити тривалість виконання робіт у хвилинах, перевести її у людино-години та на основі прийнятої вартості нормо-години розрахувати орієнтовну ціну виконання ремонтної операції.

Розробити або модернізувати стенд для випробування компресорів пневматичної гальмівної системи.

Необхідно описати призначення стенда, його основні конструктивні елементи, принцип роботи, порядок встановлення компресора, підключення систем мащення та охолодження, а також параметри, які контролюються під час випробування.

Виконати розрахунок основних елементів модернізованого стенда.

Потрібно визначити необхідну потужність електродвигуна, підібрати привід, розрахувати параметри пасової передачі, підшипникового вузла, вала, муфти та інших відповідальних елементів конструкції.

Розробити заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Необхідно проаналізувати небезпечні й шкідливі виробничі фактори під час ремонту гальмівної системи RENAULT Magnum та запропонувати заходи безпеки при роботі з пневматичною системою, важкими колесами, підйомним обладнанням, гальмівним пилом, електроінструментом і діагностичним обладнанням.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Типові відмови пневматичної гальмівної системи вантажного автомобіля та способи їх усунення

Пневматична гальмівна система є одним із найбільш поширених типів гальмівного привода [1, 2], що застосовується на вантажних автомобілях великої вантажопідйомності, автобусах, автопоїздах і причіпній техніці. Її робота ґрунтується на використанні енергії стисненого повітря, яке створюється компресором, накопичується в ресиверах і через систему керуючих клапанів подається до виконавчих механізмів гальм. До основних елементів такої системи належать компресор, повітряні балони, регулятор тиску, осушувач повітря, гальмівні крани, трубопроводи, гальмівні камери, енергоакумулятори та контрольна-захисна апаратура.

Надійність пневматичної гальмівної системи безпосередньо впливає на безпеку руху вантажного автомобіля, тому її технічний стан повинен постійно контролюватися під час експлуатації. Найбільш небезпечними є несправності, що спричиняють зниження тиску в системі, збільшення гальмівного шляху, нерівномірність спрацювання гальмівних механізмів або повну втрату працездатності окремих контурів.

Одним із найважливіших вузлів пневматичної системи є компресор, який забезпечує створення необхідного запасу стисненого повітря. До характерних несправностей компресора належать зменшення його продуктивності [2, 8], підвищений шум під час роботи, перегрівання корпусу, витікання повітря через клапанний механізм, зношування поршневих кілець, пошкодження циліндро-поршневої групи, а також порушення роботи привода. Такі відмови найчастіше виникають унаслідок природного зношування деталей, недостатнього мащення, забруднення повітря, перегріву або несвоєчасного технічного обслуговування.

Про несправність компресора можуть свідчити тривале наповнення ресиверів, неможливість досягнення номінального робочого тиску, безперервна робота агрегату без переходу в режим розвантаження, сторонній металевий стукіт, скрегіт, підвищена вібрація, а також сліди витікання масла. Якщо

ресивери заповнюються занадто повільно або тиск у системі не досягає встановленого значення, це може вказувати на зношування поршневих кілець, негерметичність клапанів або втрати повітря в магістралях.

Діагностування компресора доцільно виконувати шляхом контролю тиску нагнітання за допомогою манометра, перевірки часу заповнення повітряних балонів, візуального огляду з'єднань на наявність витоків, оцінювання стану приводного паса або привідного механізму, а також перевірки рівня та стану масла в картері компресора. У процесі перевірки важливо звертати увагу не лише на величину створюваного тиску, а й на стабільність роботи компресора при різних режимах роботи двигуна.

Усунення несправностей компресора залежить від характеру виявленого дефекту. При зношуванні циліндро-поршневої групи виконують заміну поршневих кілець, циліндрів або ремонтного комплекту. У разі негерметичності клапанів проводять їх очищення, регулювання або заміну. Пошкоджені прокладки, сальники та ущільнювальні елементи підлягають заміні. Якщо причиною несправності є недостатній натяг або пошкодження приводного паса, виконують його регулювання або встановлюють новий. При значному зношуванні деталей компресор доцільно демонтувати та направити на капітальний ремонт або замінити новим агрегатом.

Важливу роль у роботі пневматичної системи відіграють ресивери [1, 2], призначені для накопичення запасу стисненого повітря та забезпечення стабільної роботи гальмівного привода. Основними несправностями повітряних балонів є корозійне пошкодження внутрішніх і зовнішніх поверхонь, механічні деформації корпусу, порушення герметичності зварних швів або різьбових з'єднань, несправність зливного крана, забруднення внутрішньої порожнини, а також ослаблення кріплення ресивера до рами автомобіля.

Ознаками несправності ресиверів є швидке зниження тиску після зупинки двигуна, наявність значної кількості води, масла або забруднень під час зливання конденсату, зовнішні сліди корозії, шипіння в місцях з'єднань, сторонній шум під час руху автомобіля, а також ускладнене або неповне видалення конденсату. Особливу небезпеку становить накопичення вологи всередині балонів, оскільки

це прискорює корозію, погіршує роботу клапанної апаратури та може призвести до замерзання повітропроводів у холодний період року.

Діагностування ресиверів передбачає перевірку герметичності з'єднань за допомогою мильного розчину, контроль швидкості падіння тиску в системі, огляд зовнішнього стану корпусу, перевірку справності зливних пристроїв, оцінювання складу конденсату та перевірку надійності кріплення до рами. У разі виявлення корозійних раковин, тріщин або значних механічних пошкоджень експлуатація такого ресивера є небажаною, оскільки він працює під тиском і належить до елементів підвищеної небезпеки.

Для відновлення працездатності ресиверів виконують очищення внутрішньої порожнини, видалення конденсату, заміну несправних зливних кранів, підтягування або заміну елементів кріплення. Якщо пошкодження корпусу має значний характер, ресивер підлягає заміні. З метою підвищення довговічності пневматичної системи доцільно застосовувати справні фільтри-осушувачі, своєчасно зливати конденсат і контролювати якість стисненого повітря.

Регулятор тиску та розвантажувальний клапан забезпечують підтримання робочого тиску в заданих межах і переведення компресора в режим розвантаження після заповнення ресиверів. До типових несправностей цих елементів належать неправильне спрацьовування регулятора, заклинювання клапана, витікання повітря через ущільнення, забруднення внутрішніх каналів, зношування пружин, мембран або сідла клапана, а також порушення заводських налаштувань тиску.

Несправність регулятора тиску може проявлятися у вигляді перевищення допустимого тиску в системі, недостатнього тиску для нормальної роботи гальм, нестабільного коливання показників манометра, постійного шипіння в зоні регулятора або безперервної роботи компресора. Якщо регулятор не вимикає подачу повітря при досягненні заданого тиску, виникає небезпека перевантаження елементів системи. У протилежному випадку, коли тиск не досягає необхідного рівня, знижується ефективність гальмування та порушується робота допоміжних пневматичних систем автомобіля.

Перевірку регулятора тиску виконують за допомогою контрольного манометра, визначаючи тиск увімкнення та вимкнення компресора. Крім цього, оцінюють герметичність вузла в різних режимах роботи, перевіряють стабільність підтримання тиску, стан фільтрувальних елементів, чистоту повітряних каналів і наявність сторонніх шумів. Під час діагностування необхідно враховувати, що відхилення роботи регулятора може бути спричинене не лише його власною несправністю, а й забрудненням повітря, надмірною кількістю вологи або несправністю осушувача.

Усунення несправностей регулятора тиску передбачає очищення та промивання внутрішніх каналів, заміну ущільнювальних кілець, мембран, пружин або клапанних елементів. У разі порушення налаштувань виконують регулювання тиску спрацьовування відповідно до технічних вимог виробника. Якщо вузол має значне зношування, механічні пошкодження або не забезпечує стабільної роботи після обслуговування, його необхідно замінити в зборі.

Продовжуючи аналіз несправностей пневматичної гальмівної системи вантажного автомобіля, окрему увагу необхідно приділити виконавчим механізмам, керуючій апаратурі, повітропроводам та системі підготовки стисненого повітря. Саме ці елементи безпосередньо впливають на своєчасність спрацювання гальм, рівномірність розподілу гальмівних зусиль між осями та загальну ефективність уповільнення транспортного засобу.

Одними з основних виконавчих елементів пневматичної гальмівної системи є гальмівні камери та енергоакумулятори [1, 2, 8]. Їх призначення полягає у перетворенні енергії стисненого повітря в механічне переміщення штока, який через важільний механізм приводить у дію гальмівні механізми коліс. Порушення роботи цих вузлів суттєво знижує ефективність гальмування та може спричинити небезпечні ситуації під час руху автомобіля.

До найбільш характерних несправностей гальмівних камер належать пошкодження або розрив діафрагми, зношування ущільнювальних елементів поршня, корозійне ураження корпусу, заклинювання штока, негерметичність різьбових і фланцевих з'єднань, руйнування пружини енергоакумулятора, а також неправильне регулювання робочого ходу штока. Такі дефекти можуть виникати внаслідок тривалої експлуатації, потрапляння вологи та бруду,

порушення періодичності технічного обслуговування або використання неякісних ремонтних комплектів.

Про несправність гальмівних камер можуть свідчити запізніле або неповне спрацювання гальм, помітний витік повітря в зоні камери, нерівномірне гальмування коліс однієї осі, зниження загальної ефективності гальмівної системи, заклинювання гальм у загальмованому положенні або самочинне спрацювання стоянкового гальма. Особливо небезпечним є порушення роботи енергоаккумулятора, оскільки цей вузол бере участь у роботі стоянкової та аварійної гальмівної системи.

Діагностування гальмівних камер передбачає перевірку їх герметичності, контроль величини ходу штока, оцінювання зусилля, що передається на гальмівний механізм, огляд корпусу на наявність корозії, тріщин або механічних пошкоджень, а також перевірку працездатності енергоаккумуляторного блока. Важливим діагностичним показником є стабільність переміщення штока: його рух має бути рівномірним, без заїдань, перекосів і надмірного люфту.

Усунення несправностей гальмівних камер здійснюють залежно від характеру виявленого дефекту. При пошкодженні діафрагми або поршневих ущільнень виконують їх заміну. У разі забруднення або підклинювання штока проводять очищення, перевірку стану напрямних поверхонь і змащування рухомих елементів. Якщо виявлено неправильний хід штока, його регулюють відповідно до технічних вимог виробника. Пошкоджені пружини енергоаккумулятора, деформовані корпуси або камери з критичними корозійними ушкодженнями підлягають заміні. Негерметичні з'єднання ущільнюють із використанням справних прокладок, штуцерів та фітингів.

Не менш важливими елементами пневматичної системи є гальмівні крани та клапани, які забезпечують керування подачею, розподілом і випуском стисненого повітря. Від їх технічного стану залежить точність дозування гальмівного зусилля, швидкість спрацювання системи та можливість плавного гальмування. Порушення роботи керуючої апаратури часто призводить до нестабільної поведінки автомобіля під час гальмування.

До типових несправностей гальмівних кранів і клапанів належать заклинювання золотника, зношування або пошкодження ущільнювальних

елементів, витікання повітря через корпусні з'єднання, забруднення внутрішніх каналів, запізніле або неповне спрацювання, а також порушення регулювальних параметрів. Причиною таких відмов може бути потрапляння в систему вологи, пилу, продуктів корозії, мастила або механічних домішок, які погіршують рухомість клапанних елементів.

Основними ознаками несправності керуючих кранів є неможливість плавного дозування гальмівного зусилля, затримка спрацювання гальм після натискання на педаль, постійне шипіння повітря, надмірно жорсткий або, навпаки, занадто м'який хід педалі, а також ускладнене розгальмування коліс. У деяких випадках несправний клапан може спричиняти залишковий тиск у магістралях, що призводить до підгальмовування коліс і перегрівання гальмівних механізмів.

Діагностування гальмівних кранів і клапанів доцільно проводити шляхом перевірки плавності переміщення педалі, контролю герметичності корпусу та з'єднань, вимірювання тиску на вході й виході з крана, а також оцінювання швидкості наповнення і випуску повітря з відповідних контурів. При цьому необхідно порівнювати фактичні параметри роботи вузла з нормативними значеннями, встановленими для конкретної моделі автомобіля.

Усунення несправностей керуючої апаратури включає розбирання вузлів, очищення внутрішніх каналів, промивання деталей, заміну ущільнювальних кілець, мембран, пружин і зношених золотникових елементів. Після складання обов'язково виконують регулювання робочих характеристик, перевірку герметичності та контроль правильності спрацювання в різних режимах. Якщо кран або клапан має значне зношування чи пошкодження робочих поверхонь, його доцільно замінити в зборі.

Окрему групу несправностей становлять дефекти трубопроводів, шлангів, штуцерів та іншої з'єднувальної арматури. Повітропроводи забезпечують транспортування стисненого повітря між компресором, ресиверами, регулятором, кранами, клапанами та виконавчими механізмами. Тому навіть незначне порушення їх герметичності може викликати втрату тиску і погіршення роботи всієї гальмівної системи.

Найпоширенішими несправностями трубопроводів є корозія металевих трубок, механічні пошкодження, перегини, тріщини, засмічення внутрішнього перерізу, ослаблення кріплень, порушення герметичності різьбових з'єднань, а також замерзання конденсату в магістралях у зимовий період. Пошкодження трубопроводів часто виникає внаслідок вібрації, контакту з елементами рами, дорожнього бруду, реагентів, а також через старіння гумових шлангів.

Ознаками несправності повітропроводів є чутне шипіння в місцях з'єднань, швидке падіння тиску в ресиверах, нерівномірне спрацювання гальмівних механізмів, сповільнене наповнення або випуск повітря, а також блокування окремих контурів у холодну пору року. Якщо в магістралі накопичується волога, при зниженні температури вона може замерзати та повністю перекривати прохід стисненого повітря.

Діагностування трубопроводів передбачає ретельний візуальний огляд їхнього стану, перевірку герметичності з'єднань мильним розчином, контроль прохідності повітряних магістралей, перевірку надійності кріплення хомутів і кронштейнів, а також оцінювання стану гнучких шлангів. Особливу увагу слід приділяти ділянкам, розташованим поблизу рухомих елементів підвіски, рами та коліс, оскільки саме там найчастіше виникають протирання й механічні пошкодження.

Для усунення несправностей пошкоджені ділянки трубопроводів замінюють новими, а негерметичні з'єднання ущільнюють із використанням якісних фітингів, прокладок і різьбових ущільнювачів. Засмічені магістралі очищують або продувають стисненим повітрям. У місцях можливого накопичення вологи доцільно встановлювати додаткові дренажні пристрої. Для запобігання замерзанню конденсату необхідно підтримувати справність осушувача повітря, своєчасно зливати конденсат із ресиверів і застосовувати дозволені виробником антифризні засоби для пневматичних систем.

Важливим елементом забезпечення надійної роботи гальмівної системи є система осушення та очищення стисненого повітря. Її основне завдання полягає у видаленні вологи, мастильних парів і механічних домішок із повітря перед його надходженням у ресивери та керуючу апаратуру. Несправність осушувача

призводить до корозії внутрішніх поверхонь, замерзання магістралей, забруднення клапанів і скорочення ресурсу елементів гальмівної системи.

До характерних несправностей системи осушення належать насичення адсорбенту вологою, порушення циклу регенерації, забруднення фільтрувальних елементів, несправність продувального клапана, пошкодження ущільнень, а також вихід з ладу нагрівальних елементів, які запобігають замерзанню конденсату. Такі відмови найчастіше проявляються при експлуатації автомобіля в умовах підвищеної вологості або низьких температур.

Ознаками несправності осушувача є поява вологи в ресиверах, збільшення кількості конденсату під час зливання, замерзання повітропроводів узимку, корозія внутрішніх поверхонь ресиверів, нестабільна робота клапанної апаратури та погіршення швидкодії гальмівної системи. Якщо в систему надходить недостатньо очищене повітря, це поступово призводить до засмічення каналів, залипання клапанів і підвищеного зношування ущільнень.

Усунення несправностей системи осушення передбачає заміну картриджа або адсорбенту осушувача, очищення чи заміну фільтрувальних елементів, перевірку та ремонт системи регенерації, відновлення працездатності продувального клапана, а також перевірку справності електричного підігрівача. У разі експлуатації автомобіля в складних кліматичних умовах доцільно передбачати регулярну перевірку системи осушення перед зимовим періодом, оскільки від її роботи залежить стабільність усієї пневматичної системи.

Діагностування пневматичної гальмівної системи виконують у визначеній послідовності [8, 9], що дає змогу оцінити працездатність основних вузлів і виявити можливі втрати стисненого повітря. Насамперед перевіряють роботу компресора та тривалість заповнення ресиверів до робочого тиску. Після цього контролюють герметичність магістралей, з'єднань, кранів і виконавчих механізмів. Наступним етапом є перевірка правильності спрацьовування регулятора тиску, оцінювання роботи гальмівних камер та проведення випробування ефективності гальмування на спеціальному стенді.

Для виконання діагностичних операцій застосовують контрольні манометри, секундомір для фіксації часу наповнення системи, мильний розчин для виявлення витоків повітря, стенд для перевірки гальмівних зусиль, а також

комплект слюсарного інструменту для демонтажу й обслуговування окремих елементів системи.

Під час перевірки орієнтуються на такі контрольні параметри: час підвищення тиску від 0 до 7 бар не повинен перевищувати 3 хв; падіння тиску протягом 30 с допускається не більше ніж на 0,2 бар; робочий тиск у системі має перебувати в межах 6,5–8,0 бар; регулятор тиску повинен спрацьовувати приблизно при $8,0 \pm 0,2$ бар. Ефективність гальмування за результатами стендових випробувань має становити не менше 50 %.

Таблиця 2.1. Обслуговування пневматичної системи гальм.

ЩО	Періодичне обслуговування	Сезонне обслуговування
Злив конденсату з ресиверів. Перевірка рівня масла в компресорі. Контроль робочого тиску. Перевірка відсутності витоків повітря.	Заміна масла в компресорі (кожні 40-50 тис. км). Очистка або заміна повітряних фільтрів. Перевірка натягу приводного ремня. Регулювання гальмівних камер. Заміна адсорбенту в осушувачі.	Перевірка системи підігріву (зимовий період). Заміна ущільнень при низьких температурах. Застосування спеціальних мастил та рідин. Додаткова перевірка герметичності.

Пневматична гальмівна система вантажного автомобіля належить до відповідальних систем безпеки, тому потребує регулярного технічного контролю та професійного обслуговування. Вчасне діагностування відхилень у її роботі та якісне усунення виявлених дефектів дають змогу підтримувати належну ефективність гальмування, зменшити ризик відмов під час руху й забезпечити безпечну експлуатацію транспортного засобу. Особливе значення має профілактичне обслуговування, дотримання регламенту перевірок і виконання ремонтних операцій відповідно до встановлених технологічних вимог.

2.2 Розроблення технологічних карт технічного обслуговування та ремонту гальмівної системи автомобіля RENAULT Magnum

Для раціональної організації роботи ремонтного персоналу, скорочення часу виконання операцій [2, 6, 12] і забезпечення стабільної якості технічного обслуговування та ремонту гальмівної системи автомобіля RENAULT Magnum застосовують технологічні карти. Вони можуть розроблятися як для постових робіт, що виконуються на спеціалізованому робочому місці, так і для окремих оперативних операцій поточного ремонту.

Під час складання технологічних карт необхідно враховувати умови доступу до вузлів гальмівної системи, можливість безпечного встановлення автомобіля на робочому посту, зручність демонтажу та переміщення деталей, а також використання відповідного підйомно-транспортного, діагностичного й слюсарного обладнання. Важливе значення має також застосування сучасних засобів контролю, які дають змогу перевірити якість виконаних робіт і підтвердити працездатність гальмівної системи після обслуговування.

Технологічна карта повинна містити впорядковану послідовність виконання операцій [6, 12], перелік необхідного обладнання, пристроїв та інструменту, основні технічні вимоги до проведення робіт, вказівки щодо контролю якості, а також нормативну трудомісткість і складність кожної операції. Такий підхід дає змогу стандартизувати ремонтний процес, зменшити ймовірність помилок і забезпечити дотримання встановлених технологічних вимог.

Таблиця 2.1 Технологічна карта заміни гальмівних колодок автомобіля RENAULT Magnum.

№	Порядок виконання робіт	Обладнання та інструмент
005	Підготувати тягач до виконання робіт. 1. Тягач Renault Magnum встановлюють на рівну площадку, оглядову канаву або ремонтний пост.	Оглядова канава або підйомник, протівідкотні упори, манометр

	<p>2. Автомобіль фіксують протидкотними упорами, вмикають стоянкове гальмо та перевіряють відсутність самовільного переміщення.</p> <p>3. Перед початком робіт перевіряють тиск у пневматичній системі та поступово скидають тиск у відповідному гальмівному контурі, щоб виключити випадкове спрацювання гальмівної камери.</p> <p>4. Візуально оглядають пневматичні шланги, електричні кабелі EBS/ABS, гальмівну камеру та зону розташування супорта.</p>	<p>пневмосистеми, набір слюсарного інструменту, захисні рукавиці, ліхтар переносний.</p>
010	<p>Зняти колесо з тягача.</p> <p>1. Послаблюють гайки кріплення колеса, не допускаючи перекосу диска. 2. Домкратом або підйомником піднімають відповідну вісь тягача.</p> <p>3. Автомобіль додатково встановлюють на страхувальні підставки.</p> <p>4. Повністю відкручують гайки кріплення та за допомогою візка обережно знімають колесо зі ступиці.</p> <p>5. Колесо переміщують у безпечну зону, щоб воно не заважало виконанню подальших робіт.</p>	<p>Гайковерт пневматичний або електричний, головки для колісних гайок, домкрат гідравлічний вантажний, страхувальні підставки, гідравлічний візок для коліс.</p>
015	<p>Провести зовнішній огляд дискового гальмівного механізму.</p> <p>1. Очищають гальмівний механізм від пилу, бруду та продуктів зношування.</p> <p>2. Перевіряють стан гальмівного диска: наявність тріщин, задирів, слідів перегрівання або нерівномірного зношування.</p>	<p>Щітка металева, стиснене повітря, очищувач гальмівних механізмів, ліхтар, набір оглядових дзеркал, захисні окуляри.</p>

	<p>3. Оглядають супорт, напрямні, пильники, гальмівну камеру та місця з'єднання пневматичних магістралей.</p> <p>4. Перевіряють стан електричних проводів датчика ABS/EBS та надійність їх кріплення.</p>	
020	<p>Демонтувати гальмівні колодки.</p> <p>1. Знімають фіксуючі елементи або стопорні пластини гальмівних колодок.</p> <p>2. Відводять притискну скобу або фіксатор колодок відповідно до конструкції супорта.</p> <p>3. Акуратно виймають внутрішню та зовнішню гальмівні колодки з посадкових місць.</p> <p>4. Перевіряють рівномірність їх зношування.</p> <p>Якщо одна колодка зношена сильніше, додатково перевіряють рухомість супорта та стан напрямних.</p> <p>5. Демонтовані колодки маркують або відкладають для подальшого дефектування.</p>	<p>Набір торцевих головок, викрутка, монтажна лопатка, пасатижі, спеціальне пристосування для демонтажу колодок дискового гальма.</p>
025	<p>Виконати дефектування деталей гальмівного механізму.</p> <p>1. Вимірюють товщину фрикційних накладок гальмівних колодок.</p> <p>2. Перевіряють товщину гальмівного диска та порівнюють її з допустимим значенням.</p> <p>3. Оглядають диск на наявність радіальних тріщин, глибоких канавок, синіх плям перегрівання та биття.</p> <p>4. Перевіряють люфт супорта, стан напрямних пальців, пильників та ущільнень.</p> <p>5. Перевіряють справність датчика зношування колодок, якщо він передбачений конструкцією.</p>	<p>Штангенциркуль, мікрометр, індикатор годинникового типу, щупи, лінійка металева, діагностичний сканер EBS/ABS.</p>

030	<p>Підготувати супорт і посадкові місця до складання.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Очищають посадкові поверхні колодок у супорті від корозії, пилу та залишків фрикційного матеріалу. 2. Перевіряють вільне переміщення супорта на напрямних. 3. За потреби напрямні очищають і наносять тонкий шар спеціального високотемпературного мастила. 4. Забороняється наносити мастило на робочі поверхні гальмівного диска та фрикційні накладки. 5. Перевіряють правильність положення пильників і ущільнювальних елементів. 	<p>Щітка, очищувач гальм, ганчір'я, високотемпературне мастило для напрямних супорта, набір слюсарного інструменту.</p>
035	<p>Встановити нові гальмівні колодки.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Нові колодки перевіряють на відповідність типу гальмівного механізму Renault Magnum. 2. Колодки встановлюють у посадкові місця супорта без перекосів і надмірного зусилля. 3. Встановлюють притискні пластини, фіксатори, стопорні елементи та пружини. 4. Перевіряють, щоб колодки вільно переміщувалися в напрямних пазах, але не мали надмірного люфту. 5. Під'єднують датчик зношування колодок або перевіряють його правильне положення. 	<p>Комплект нових гальмівних колодок, набір ключів, викрутка, пасатижі, фіксатори колодок, датчик зношування за потреби.</p>
040	<p>Перевірити роботу гальмівної камери та механізму приводу.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Оглядають гальмівну камеру на наявність пошкоджень корпусу, мембрани, штока та кріпильних елементів. 	<p>Манометр, мильний розчин для перевірки витоків, набір ключів, лінійка для</p>

	<p>2. Перевіряють герметичність під'єднання пневматичних трубопроводів.</p> <p>3. Контролюють хід штока гальмівної камери та відсутність заїдання механізму.</p> <p>4. За потреби перевіряють роботу пружинного енергоакумулятора стоянкового гальма.</p> <p>5. У разі виявлення витoku повітря або нерівномірного ходу штока несправні елементи підлягають заміні.</p>	<p>контролю ходу штока, діагностичне обладнання.</p>
045	<p>Встановити колесо на тягач.</p> <p>1. Колесо за допомогою гідравлічного візка підводять до ступиці.</p> <p>2. Суміщають отвори диска з шпильками та встановлюють колесо без ударів і перекосів.</p> <p>3. Наживляють гайки вручну, після чого затягують їх у перехресній послідовності.</p> <p>4. Після опускання автомобіля остаточно затягують кріплення колеса з нормативним моментом.</p> <p>5. Перевіряють правильність посадки колеса на ступиці.</p>	<p>Гідравлічний візок для коліс, гайковерт, динамометричний ключ, домкрат або підйомник, страхувальні підставки.</p>
050	<p>Провести контроль працездатності гальмівної системи.</p> <p>1. Відновлюють тиск у пневматичній системі до робочого значення.</p> <p>2. Кілька разів натискають на педаль гальма для встановлення колодок у робоче положення.</p> <p>3. Перевіряють відсутність витoku повітря в місцях з'єднання магістралей.</p> <p>4. За допомогою діагностичного сканера перевіряють відсутність помилок EBS/ABS.</p>	<p>Діагностичний сканер Renault Trucks / EBS, манометр, мильний розчин, оглядова канава, засоби індивідуального захисту.</p>

	5. Проводять контрольне гальмування на малій швидкості та оцінюють рівномірність спрацювання гальмівного механізму.	
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Таблиця 2.2 Технологічна карта заміни гальмівних колодок напів причепа автомобіля RENAULT Magnum.

№ опер	Порядок виконання робіт	Обладнання
005	<p>Зняти колесо з автомобіля.</p> <p>1. Автомобіль встановлюють на оглядову канаву та фіксують від самовільного переміщення. Після цього за допомогою ключа на 17 відкручують клапан гальмівної камери й поступово випускають стиснене повітря з її порожнини для безпечного виконання подальших робіт.</p> <p>2. За допомогою круглогубців акуратно знімають стопорне кільце, не допускаючи його деформації та пошкодження посадкового місця.</p> <p>3. За допомогою торцевої головки на 12 відкручують два кріпильні болти, після чого демонтують верхній і нижній захисні кожухи гальмівного механізму.</p> <p>4. За допомогою домкрата піднімають автомобіль до необхідної висоти, після чого встановлюють його на надійні дерев'яні підставки для безпечного виконання демонтажних робіт.</p> <p>5. Знімають захисний ковпак і стопорне кільце, після чого за допомогою спеціального ключа відкручують кріпильний болт, який з'єднує вісь із гальмівним барабаном.</p> <p>6. За допомогою гідравлічного візка колесо обережно знімають зі ступиці автомобіля та переміщують у</p>	<p>Набір інструменту 7378 KingROY 94 одиниці, переставні плоскогубці, домкрат гідравлічний Lavita JNS-12, гідравлічний візок для коліс, викрутка А200×1,0 мм.</p>

	безпечну зону, не допускаючи його падіння або пошкодження різьбових елементів кріплення	
010	<p>Зняти гальмівні колодки.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Перед демонтажем гальмівних колодок вісь обмотують чистою ганчіркою або технічною тканиною, щоб запобігти її механічному пошкодженню під час виконання ремонтних операцій.. 2. За допомогою викрутки обережно розтискають пружинний замок, забезпечуючи вільне від'єднання елементів кріплення гальмівних колодок без пошкодження пружини та посадкових місць. 3. За допомогою штекерного пристосування акуратно демонтують гальмівні колодки з посадкових місць, контролюючи положення пружин і не допускаючи пошкодження елементів гальмівного механізму. 4. За допомогою викрутки обережно знімають чотири втулки з розвідного механізму, не допускаючи пошкодження їхніх посадкових поверхонь та елементів кріплення. 5. За допомогою молотка та відповідної наставки встановлюють чотири нові втулки у розвідний механізм, забезпечуючи їх рівномірну посадку без перекосів і пошкодження робочих поверхонь. 6. За допомогою пензлика на робочі поверхні втулок наносять тонкий шар мастила, що запобігає їх заклинюванню та забезпечує плавну роботу розвідного механізму під час експлуатації. 	<p>Викрутка A200×1,0 мм, молоток с круглим бойком ВИСТ 39-220.</p>
015	<p>Наклепати гальмівні колодки.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. З гальмівних колодок видаляють зношені фрикційні накладки, після чого ретельно очищають їхню 	<p>Станок для клепки гальмівних колодок для</p>

	<p>поверхню від бруду, пилу, залишків старого матеріалу та продуктів спрацювання.</p> <p>2. Для наклепування застосовують фрикційні накладки, що складаються з двох окремих частин. Кріплення накладки до колодки необхідно розпочинати з боку початкового контакту під час гальмування, оскільки на цій ділянці вона має найбільшу товщину. Далі накладку поступово фіксують у напрямку її звуження, забезпечуючи щільне прилягання до поверхні колодки.</p> <p>3. Фрикційну накладку прикладають до підготовленої поверхні гальмівної колодки та попередньо суміщають отвори під заклепки. Фіксацію накладки виконують заклепками, починаючи від середньої частини колодки з подальшим переходом до країв. Допускається також паралельне клепаєння в обидва боки від центра, що забезпечує рівномірне прилягання накладки та запобігає її перекосу.</p>	<p>вантажних автомобілів Poland PR-10</p>
020	<p>Зібрати гальмівні колодки.</p> <p>1. Виконують складання роликового механізму гальмівної колодки, встановлюючи ролики, втулки та інші елементи у відповідні посадкові місця з перевіркою вільного обертання та відсутності перекосів.</p>	<p>Молоток гумовий S&R 55 мм</p>
	<p>Роликовий механізм встановлюють у гальмівну колодку та фіксують за допомогою напрямної, забезпечуючи правильне положення деталей і вільне переміщення рухомих елементів без перекосів.</p> <p>та запресувати за допомогою гумового молотка.</p> <p>2. Встановлюють стяжну пружину та з'єднують між собою дві гальмівні колодки, контролюючи правильність їх взаємного положення і надійність фіксації пружинного елемента.</p>	

	3. З обох боків встановлюють пружинні замки у штатні посадкові місця, перевіряючи правильність їх фіксації та надійність утримання гальмівних колодок у зібраному положенні.	
025	<p>Встановити гальмівні колодки.</p> <p>1. Зібраний комплект гальмівних колодок встановлюють на вісь, забезпечуючи правильне розташування елементів відносно розвідного механізму та посадкових поверхонь.</p> <p>За допомогою викрутки з'єднують і фіксують пружинний замок, перевіряючи правильність його посадки та надійність утримання гальмівних колодок на осі.</p>	<p>Викрутка A200×1,0 мм, молоток гумовий S&R 55мм.</p>
030	<p>Встановити колесо на автомобіль.</p> <p>Монтаж колеса на автомобіль виконують у послідовності, зворотній до операції 005, дотримуючись правильного встановлення всіх демонтованих елементів, надійної фіксації кріплень і вимог безпеки під час опускання автомобіля з опор.</p>	<p>Інструмент з операції 005</p>

2.3 Нормування трудомісткості операцій технічного обслуговування та ремонту гальмівної системи вантажного автомобіля

Визначення норм часу на виконання операцій технічного обслуговування та ремонту [3, 12] гальмівної системи вантажного автомобіля проводиться з урахуванням чинних нормативних матеріалів, які застосовуються на автотранспортних і автосервісних підприємствах для планування та оцінювання праці ремонтного персоналу.

Під час нормування робіт, пов'язаних із заміною гальмівних колодок, враховувалися фактичні умови виконання технологічного процесу, складність окремих операцій, необхідність використання спеціального інструменту, а також послідовність демонтажних дій. Для більш точного визначення

трудомісткості було використано матеріали спостереження за виконанням робіт безпосередньо на робочому місці.

У процесі розрахунку норм часу враховано:

фотографування основних етапів заміни гальмівних колодок вантажного автомобіля;

технічні характеристики застосованого обладнання, пристроїв та інструменту;

послідовність технологічних операцій;

результати технічних розрахунків і практичних вимірювань часу виконання робіт.

Отримані результати нормування дають змогу встановити раціональну тривалість виконання окремих операцій, правильно організувати роботу ремонтного поста та підвищити ефективність технічного обслуговування гальмівної системи.

Таблиця 2.3. Норми часу на виконання операцій із заміни гальмівних колодок автомобіля.

№ опер.	Назва операції, що виконується	Норми часу по марках автомобілів, люд-год. RENAULT Magnum
005	Підготувати тягач до виконання робіт.	0,08
010	Зняти колесо з тягача.	0,11
015	Провести зовнішній огляд дискового гальмівного механізму.	0,07
020	Демонтувати гальмівні колодки.	0,09
025	Виконати дефектування деталей гальмівного механізму.	0,10
030	Підготувати супорт і посадкові місця до складання.	0,08
035	Встановити нові гальмівні колодки.	0,11
040	Перевірити роботу гальмівної камери та механізму приводу.	0,09

045	Встановити колесо на тягач.	0,11
050	Провести контроль працездатності гальмівної системи.	0,10
ВСЬОГО		0,94

Таблиця 2.4. Норми часу на виконання операцій із заміни гальмівних колодок напів причепа автомобіля.

№ опер.	Назва операції що виконується	Норми часу по марках автомобілів, люд-год.
		RENAULT Magnum
005	Зняти колесо з автомобіля.	0,11
010	Зняти колодки.	0,05
015	Наклепування гальмівних колодок (дві колодки).	0,37
020	Зібрати колодки.	0,09
025	Встановити колодки.	0,05
030	Встановити колесо на автомобіль	0,11
ВСЬОГО		0,78

2.4 Розрахунок кількості обладнання для поста технічного обслуговування і ремонту гальмівних систем вантажних автомобілів

Визначення необхідної кількості обладнання для поста технічного обслуговування та ремонту гальмівних систем вантажних автомобілів виконують з урахуванням запланованого обсягу робіт, трудомісткості операцій і режиму роботи виробничої дільниці.

Основою розрахунку є порівняння річної трудомісткості робіт із фактичними можливостями відповідного устаткування. При цьому враховують ефективний фонд часу роботи обладнання, коефіцієнт його використання, продуктивність, а також технологічне призначення кожного робочого поста.

Під час визначення потреби в обладнанні необхідно брати до уваги нерівномірність надходження автомобілів у ремонт, можливе зростання навантаження в окремі періоди року, а також потребу в резерві для забезпечення безперервності виробничого процесу. Окремо оцінюють технічний стан наявного устаткування та доцільність його оновлення або заміни більш сучасними засобами діагностування й ремонту.

У результаті розрахунку формується раціональний склад обладнання, який забезпечує виконання виробничої програми поста, відповідає технологічним вимогам ремонту гальмівних систем і дає змогу ефективно використовувати робочий час персоналу.

Кількість основного обладнання для поста визначаємо за формулою [11, 13]:

$$n_{об} = \frac{T_o}{\Phi_{од} \cdot \eta_з},$$

де T_o – трудомісткість робіт, що реалізуються на даному устаткуванні, люд-год.;

$\Phi_{од}$ – дійсний річний фонд часу обладнання, год.;

$\eta_з$ – коефіцієнт завантаження обладнання, $\eta_з = 0,85...0,95$.

$$n_{об} = \frac{T_o}{\Phi_{од} \cdot \eta_з} = \frac{3141,39}{2025,36 \cdot 0,95} = 1,63.$$

Приймаємо до встановлення дві одиниці основного обладнання, що забезпечує виконання запланованого обсягу робіт на посту технічного обслуговування та ремонту гальмівних систем.

За аналогічною методикою здійснюємо розрахунок і вибір іншого устаткування, необхідного для реалізації запропонованого проекту поста. Додатково підбираємо технологічне оснащення, яке забезпечує виконання діагностичних, демонтажно-монтажних, регулювальних і ремонтних операцій.

Номенклатуру та кількість основного обладнання, зокрема стендів, верстатів, підйомно-транспортних засобів, пристроїв і спеціального інструменту, визначаємо за довідковими матеріалами та каталогами обладнання для технічного обслуговування вантажних автомобілів. Підібране устаткування

повинно відповідати характеру виконуваних робіт, габаритам транспортних засобів, вимогам безпеки та умовам організації виробничого процесу.

Результати підбору обладнання для поста технічного обслуговування і ремонту гальмівних систем вантажних автомобілів наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.5. Технічна характеристика обладнання поста ТО і ремонту гальмівних систем вантажних автомобілів.

№ п/п	Найменування обладнання	Кіл.	Тип, марка	Габаритні розміри, мм	Займана площа, м ²	Потужність двигуна кВт
1	Стенд для перевірки гальм	1	Weissbarth MB 8100	2,85×0,9 0,82×0,82	2,565 0,672	18,0
2	Верстат слюсарний на одне робоче місце	1	2226	1,4×0,7	0,98	-
3	Стіл для деталей	1	1232	1,2×0,5	0,6	-
4	Підставка універсальна під зняті колеса	1	Власного виготовлення.	1,2×1,6	1,92	-
5	Стенд для випробування компресорів	1	Власного виготовлення.	0,99×0,61	0,6	7,5
6	Стенд для ремонту компресорів	1	РАСО мод. 012	1,0×0,8	0,8	-
7	Станок для клепки гальмівних колодок для вантажних автомобілів	1	Poland PR-10	0,25×0,41	0,1	-
8	Домкрат гідравлічний	2	Lavita JNS-12	0,16×0,16	0,03×2	-
9	Гідравлічний візок для коліс	1	Y471105	0,99×0,87	0,861	-
10	Солідолонагнітач змащувальний переносний портативний	1	РАСО мод. С317	0,52×0,47	0,24	-
11	Шафа інструментальна	1	-	0,5×0,65	0,325	-
12	Компресор повітряний	1	РАСО мод. 1101B5	1,4×0,6	0,84	1,5

13	Секційний стелаж	2	2247	2,0×0,5	1,0×2	-
14	Гайковерт для гайок коліс	1	РАСО мод. 1318	1,0×0,65	0,65	1,5
15	Тиски	1	№ 4	0,2×0,4	0,08	-
16	Ящик для відходів	1	-	0,5×0,5	0,25	-
17	Оглядова яма	1	-	6,0×1,0	6,0	-
18	Набір інструменту	1	7378 KingROY	94 одиниці 520×310	-	-
19	Комплект інструменту автомеханіка	1	РАСО мод. И133	18 предмет 640×110	-	-
20	Комплект ключів гайкових з відкритими зівами	1	РАСО мод. И105М-1	6 предметів 6×8-27×30	-	-
21	Шафа для одягу	1	06.1014 Hicdoor	0,85×0,5	0,425	-
22	Умивальник	1	-	0,45×0,4	0,18	-
Всього		24			20,088	28,5

2.5 Розрахунок вартості заміни гальмівних колодок автомобіля RENAULT Magnum

Для визначення орієнтовної вартості приймаємо, що розрахунок виконується для одного колісного гальмівного механізму, тобто для комплекту гальмівних колодок одного колеса.

Таблиця 2.6. Розрахунок трудомісткості робіт заміни гальмівних колодок автомобіля.

№ операції	Найменування операції	Орієнтовний час, хв
005	Підготовка тягача до виконання робіт	5
010	Зняття колеса з тягача	7
015	Зовнішній огляд дискового гальмівного механізму	4

020	Демонтаж гальмівних колодок	5
025	Дефектування деталей гальмівного механізму	6
030	Підготовка супорта і посадкових місць до складання	5
035	Встановлення нових гальмівних колодок	7
040	Перевірка роботи гальмівної камери та механізму приводу	5
045	Встановлення колеса на тягач	7
050	Контроль працездатності гальмівної системи	6
	Разом	57 хв

Таблиця 2.8. Розрахунок трудомісткості робіт заміни гальмівних колодок напів причепа автомобіля..

№ операції	Найменування операції	Орієнтовний час, хв
005	Зняття колеса з автомобіля	25
010	Демонтаж гальмівних колодок і заміна втулок	30
015	Видалення старих накладок і наклепування нових	45
020	Складання гальмівних колодок	15
025	Встановлення колодок на вісь	15
030	Встановлення колеса на автомобіль	20
	Разом	150 хв

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Опис конструкції модернізованого стенда для випробування компресорів гальмівної системи вантажних автомобілів

Модернізований стенд призначений для обкатування та перевірки працездатності компресорів [6, 11] пневматичної гальмівної системи вантажних автомобілів після виконання ремонтних робіт. Його застосування дає змогу оцінити технічний стан компресора в умовах, наближених до експлуатаційних, і встановити відповідність основних параметрів вимогам технічної документації.

Конструктивно стенд складається з кількох основних вузлів. Несучою частиною є рама-основа, на якій закріплюються всі складальні елементи, привідні механізми, контрольно-вимірювальні прилади та органи керування. Привід стенда містить електродвигун, клинопасову передачу та підшипниковий вузол, які забезпечують передавання обертального моменту до вала компресора. Для регулювання режимів роботи передбачені повітряний і запірний крани, а також запобіжний клапан, що захищає систему від перевищення допустимого тиску.

Контроль роботи компресора здійснюється за допомогою повітряного та масляного манометрів. Вони дають змогу визначати фактичний тиск стисненого повітря і тиск мастила в системі мащення. Система мащення стенда включає масляний насос, фільтр, бак для мастила та маслопроводи, через які мастило подається до вузлів компресора під час випробування.

Приміщення, у якому планується експлуатація стенда, повинно мати тверде рівне покриття та бути підготовленим до безпечного проведення випробувань. Для охолодження компресора необхідно передбачити підведення води від водопровідної мережі або встановлення окремого бака місткістю не менше 0,2 м³. Система водопостачання повинна мати два вентиля з приєднувальними ніпелями, розташованими у доступних для обслуговування місцях. Крім того, пост обладнують двома розетками, підключеними до трифазної електромережі напругою 380/220 В і частотою 50 Гц.

Після монтажу привідних елементів необхідно виконати регулювання

натягу клинових пасів. Відремонтований компресор встановлюють на стенді і закріплюють болтами до корпусу, змонтованого на основі. Далі вхідний вал компресора з'єднують із вихідним валом приводу за допомогою муфти та фіксують її болтом. Після цього до компресора під'єднують маслопроводи системи мащення, а також штуцери системи охолодження.

Випробування компресора проводять за встановленими технічними параметрами. Частота обертання колінчастого вала повинна становити 1200–1350 об/хв, тиск мастила в системі мащення – 1,5–3,0 кгс/см², а температура мастила перед початком перевірки має бути не нижчою за +40 °С. Після завершення контрольного циклу компресор від'єднують від систем стенда та демонтують.

Під час випробування перевіряють загальний технічний стан компресора, роботу розвантажувального пристрою, герметичність ущільнення плунжера, продуктивність компресора, маслопропускну здатність, наявність викидання мастила, а також герметичність випускних клапанів. Отримані результати дають можливість зробити висновок про якість виконаного ремонту та придатність компресора до подальшої експлуатації у складі пневматичної гальмівної системи вантажного автомобіля.

3.2 Розрахунок основних елементів модернізованого стенда для випробування компресорів гальмівної системи

Визначення потужності електродвигуна. Одним із основних етапів проектування модернізованого стенда є визначення необхідної потужності електродвигуна, який забезпечує привід компресора під час його обкатування та випробування. Потужність приводу повинна бути достатньою для стабільної роботи компресора в заданому діапазоні частоти обертання, з урахуванням механічних втрат у передачі та можливих змін навантаження під час випробувального циклу.

Необхідну потужність електродвигуна для приводу компресора визначаємо за формулою:

$$N = \frac{Q \cdot \rho \cdot H}{102 \cdot \eta_H},$$

де $Q=4,71 \text{ м}^3/\text{с}$ – продуктивність компресора;

$\rho=1,024 \text{ кг}/\text{м}^3$ – густина повітря;

H – тиск повітря на виході з компресора;

$\eta_i = 0,9$ – коефіцієнт корисної дії поршневих компресорів.

Тоді:

$$N = \frac{4,71 \cdot 1,024 \cdot 50}{102 \cdot 0,9} = 2,6 \text{ кВт.}$$

Потужність електродвигуна, необхідного для приводу компресора під час випробування на стенді, визначаємо за формулою:

де $\eta_{\text{пт.}}=0,99$ – коефіцієнт корисної дії пари підшипників;

$\eta_{\delta}=0,96$ – коефіцієнт корисної дії відкритої пасової передачі.

Тоді:

$$N_{\text{дв}} = \frac{2,6}{0,99 \cdot 0,96} = 2,74 \text{ кВт.}$$

Вибираємо трифазний асинхронний електродвигун із короткозамкненим ротором серії 4О2-31-2.

Для подальшого розрахунку визначаємо частоту обертання ротора електродвигуна, яка повинна забезпечити необхідний режим роботи компресора. Відомо, що при заданій продуктивності компресора $4,71 \text{ м}^3/\text{с}$ частота обертання його колінчастого вала становить $1300 \text{ об}/\text{хв}$. Оскільки передавання обертального моменту від електродвигуна до компресора здійснюється через пасову передачу, необхідно врахувати її передаточне число.

Для клинопасових передач рекомендоване значення передаточного числа приймають у межах:

$$N_{\text{min.дв}} = 1300 \cdot 2 = 2600 \text{ об}/\text{хв.}$$

$$N_{\text{max.дв}} = 1300 \cdot 4 = 5200 \text{ об}/\text{хв.}$$

З урахуванням конструктивного виконання стенда та необхідної частоти обертання приймаємо до встановлення трифазний асинхронний електродвигун 4О2-31-2. Номінальна потужність вибраного двигуна становить:

$$N = 3,0 \text{ кВт}$$

а частота обертання ротора:

$$n = 2880 \text{ об/хв}$$

Прийнятий електродвигун забезпечує необхідний режим роботи компресора під час його обкатування та контрольних випробувань, а також має достатній запас потужності для компенсації втрат у пасовій передачі й підшипниковому вузлі.

Розрахунок підшипникового вузла. Для забезпечення надійної роботи приводу стенда необхідно визначити основні параметри підшипникового вузла. Одним із початкових етапів такого розрахунку є визначення діаметра вала, який повинен витримувати дію крутного моменту без перевищення допустимих напружень.

Діаметр вала визначаємо з умови міцності на кручення [10] при знижених допустимих напруженнях за формулою:

$$d = \sqrt[3]{\frac{T_n}{0,2[\tau]}}$$

де $[\tau] = 4 \text{ Н/мм}^2$ – допустима умовна напруга при скрученні;

T_n – крутний момент на валу.

Крутний момент на валу електродвигуна визначаємо за залежністю між потужністю приводу та частотою обертання ротора:

$$N_{\text{дв}} = \frac{T_{\text{дв}} \cdot n_{\text{дв}}}{9550}$$

Тоді:

$$T_{\text{дв}} = \frac{9550 \cdot N_{\text{дв}}}{n_{\text{дв}}} = \frac{9550 \cdot 3,0}{2880} = 9,94 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Крутний момент на валу підшипникового вузла буде становити:

$$T_{\text{п}} = T_{\text{дв}} \cdot I_p \cdot \eta_p = 9,94 \cdot 0,95 \cdot 2,176 = 25,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

де $\eta_p = 0,95$ – коефіцієнт корисної дії пасової передачі.

Тоді:

$$d = \sqrt[3]{\frac{25,6 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 4}} = 31,8 \text{ мм}.$$

Оскільки наведена формула враховує лише дію крутного моменту і не враховує можливі додаткові навантаження від пасової передачі, згинальні зусилля та конструктивний запас міцності, приймаємо діаметр вала підшипникового вузла:

$$d = 35 \text{ мм}$$

Таке значення забезпечує необхідну жорсткість і надійність роботи вала під час передавання обертального моменту від електродвигуна до компресора.

Для подальшого аналізу складаємо розрахункову схему навантаження вала підшипникового вузла. На ній відображаються опори, місця встановлення підшипників, ділянка прикладання зусиль від пасової передачі та напрям дії навантажень. Розрахункова схема напруженого стану вала підшипникового вузла наведена на рис. 3.1.

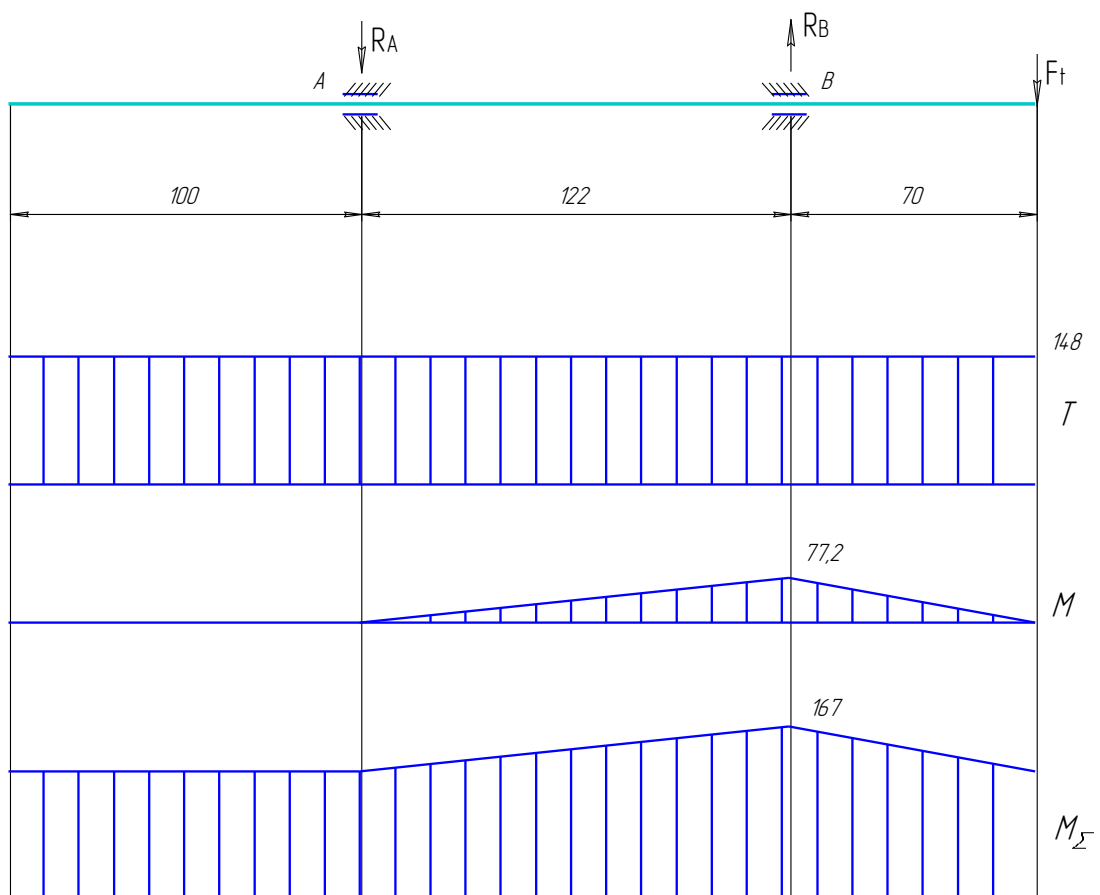


Рис. 3.1. Розрахункова схема навантаження вала підшипникового вузла.

Реакції в опорах вала визначаємо з умов статичної рівноваги. Для цього складаємо рівняння моментів відносно опорних точок А і В, що дає змогу встановити величину навантажень, які сприймаються підшипниками під час

роботи вузла.

Розрахунок виконуємо за такими залежностями:

$$\sum M_A = 0; \quad F_t \cdot (122 + 70) - R_B \cdot 122 = 0.$$

$$R_B = \frac{F_t \cdot 191}{122} = \frac{1103 \cdot 192}{122} = 1736 \text{ Н.}$$

$$\sum M_B = 0 \quad F_t \cdot (70) + R_A \cdot 122 = 0.$$

$$R_A = \frac{F_t \cdot 70}{122} = -\frac{1103 \cdot 70}{122} = 633 \text{ Н.}$$

Перевірку правильності визначення реакцій опор виконуємо за умовою рівноваги сил, що діють на вал у розрахунковій площині:

$$\sum F = 0.$$

$$-R_A - R_B + F_t = 0.$$

$633 - 1736 + 1103 = 0$ – значить реакції визначені правильно.

Згинаючий момент в точці В буде становити:

$$M_B = F_t \cdot 70 = 1103 \cdot 70 = 77210 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 77,21 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

З сторони точки А від реакції R_A :

$$M_B = R_A \cdot 122 = 633 \cdot 122 = 77,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Еквівалентний момент у найбільш навантаженому перерізі вала визначаємо з урахуванням одночасної дії згинального та крутного моментів. Найбільш небезпечним приймаємо переріз у точці В, оскільки саме в цій зоні виникає найбільше сумарне навантаження на вал підшипникового вузла.

Еквівалентний момент визначаємо за формулою:

$$M = \sqrt{M^2 + T^2} = \sqrt{77,2^2 + 148^2} = 167 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Для виготовлення вала приймаємо сталь 45 [17], яка широко застосовується для деталей, що працюють в умовах дії змінних згинальних і крутильних навантажень. Для подальших розрахунків приймаємо такі вихідні параметри матеріалу:

$$G_{-1} = 300 \text{ Н/мм}^2$$

$$\varepsilon_G = 0,88$$

для вуглецевої сталі:

$$\beta = 0,96$$

попередньо приймаємо:

$$K_G = 2,15$$

коефіцієнт запасу міцності:

$$S = 3$$

Для оцінювання працездатності вала в умовах тривалої експлуатації визначаємо коефіцієнт довговічності. При цьому враховуємо характер зміни напружень за циклограмою навантаження.

Номінальну кількість годин роботи вала за весь строк служби визначаємо за залежністю:

$$L_h = 365 \cdot 24L \cdot K_r \cdot K_c.$$

де $L=8_p$ – довговічність прийнята;

$K_r=0,8$ – коефіцієнт використання на протязі року;

$K_c=0,33$ – коефіцієнт використання на протязі суток.

Тоді:

$$L_h = 365 \cdot 24 \cdot 8 \cdot 0,8 \cdot 0,33 = 18500 \text{ год.}$$

Число обертів напруження:

$$N_E = 60L_h \cdot n = 60 \cdot 18500 \cdot 460 = 5,1 \cdot 10^8$$

$$N_E = N_E (1^m \cdot 0,2 + 0,75^m \cdot 0,5 + 0,2^m \cdot 0,3) = \\ = 5,1 \cdot 10^8 (1^9 \cdot 0,2 + 0,75^9 \cdot 0,5 + 0,2^9 \cdot 0,3) = 1,2 \cdot 10^8$$

$$K_L = \sqrt[m]{\frac{N_o}{N_E}} = \sqrt[9]{\frac{5 \cdot 10^6}{1,2 \cdot 10^8}} < 1;$$

тому приймаємо $K_L=1$.

Допустиме напруження для матеріалу вала визначаємо з урахуванням границі витривалості, коефіцієнтів, що характеризують властивості матеріалу та умови роботи деталі, а також прийнятого коефіцієнта запасу міцності:

$$[G_{-1}] = \frac{G_{-1} E_G \beta}{[S] K_G} = \frac{300 \cdot 0,88 \cdot 0,96}{3 \cdot 2,15} = 39,3 \text{ Н/мм}^2.$$

Діаметр вала в небезпечному перерізі, розташованому в точці В, визначаємо за умовою міцності з урахуванням дії еквівалентного моменту:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M}{0,1[G_{-1}]}} = \sqrt[3]{\frac{167 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 39,3}} = 35,2 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр вала $d=40$ мм.

Перевірку вала на дію короткочасного перевантаження виконуємо за крутним моментом. Пікове навантаження приймаємо як випадкове, тобто таке, що виникає обмежену кількість разів у процесі роботи станда. Для розрахунку вважаємо, що максимальний крутний момент у два рази перевищує номінальне значення.

Тоді піковий крутний момент визначаємо за формулою:

$$G_F = \frac{2 \cdot M}{0,1 \cdot d^3} = \frac{2 \cdot 167 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 40^3} = 52,2 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\tau = \frac{2 \cdot T}{0,2 \cdot d^3} = \frac{2 \cdot 148 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 40^3} = 46,25 \text{ Н/мм}^2.$$

Еквівалентне напруження в небезпечному перерізі вала при короткочасному перевантаженні визначаємо з урахуванням одночасної дії згину та кручення:

$$G_E = \sqrt{G_F^2 + \tau^2} = \sqrt{52,2^2 + 46,25^2} = 69,7 \text{ Н/мм}^2.$$

Перевірку вала за запасом статичної міцності виконуємо для оцінювання його здатності витримувати дію максимальних навантажень без появи залишкових деформацій або руйнування. Розрахунок проводимо за співвідношенням між допустимим напруженням матеріалу та розрахунковим еквівалентним напруженням у небезпечному перерізі:

$$S_t = \frac{G_T}{G_E} = \frac{638}{69,7} = 9,15 > [S_T] = 1,5;$$

де $G_T=638$ Н/мм² – напруга текучості для сталі 45.

Коефіцієнт запасу міцності відносно границі текучості у небезпечному перерізі значно перевищує мінімально допустиме значення. Це свідчить про достатній запас статичної міцності та забезпечує підвищену жорсткість вала підшипникового вузла.

Далі виконуємо перевіірочний розрахунок вала на витривалість для небезпечного перерізу, який проходить через шпонковий паз. Для сталі 45 приймаємо такі механічні характеристики:

$$\sigma_B = 833 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{-1} = 255 \text{ Н/мм}^2$$

Максимальний згинальний момент у небезпечному перерізі визначаємо за формулою:

$$M = Ft \cdot 25 = 1103 \cdot 25 = 27,6 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

і крутний момент $T=148 \text{ Н/м.}$

Концентрація напружень у небезпечному перерізі зумовлена наявністю шпонкового паза шириною:

$$b = 6 \text{ мм}$$

та глибиною:

$$t_1 = 6 \text{ мм}$$

Наявність шпонкового паза зменшує робочий переріз вала і, відповідно, знижує його опір дії згинальних та крутильних навантажень. Тому під час перевірного розрахунку необхідно враховувати фактичний момент опору послабленого перерізу.

Момент опору перерізу вала зі шпонковим пазом визначаємо за формулою:

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} - \frac{b \cdot t_1 (d - t_1)^2}{2 \cdot d} = \frac{3,14 \cdot 35^3}{32} - \frac{6 \cdot 6(35 - 6)^2}{2 \cdot 35} = 3775 \text{ мм}^3.$$

Амплітуду номінального напруження згину для симетричного циклу навантаження визначаємо за залежністю:

$$G_a = G_F = \frac{M}{W} = \frac{27,6 \cdot 10^3}{3775} = 7,3 \text{ Н/мм}^2.$$

Коефіцієнт запасу міцності в небезпечному перерізі вала за напруженнями згину визначаємо за формулою:

$$S_G = \frac{G_{-1} \cdot K_L}{K_G \beta \varepsilon_G \cdot G_a + \psi_G G_m};$$

де $K_G=2,15$ – ефективний коефіцієнт концентрації напруги вала в місці шпоночного паза;

$\beta=1,6$ – коефіцієнт, який враховує обробку поверхні;

$\varepsilon_G=0,88$ – масштабний фактор в залежності від діаметра вала;

$\psi_G=0,12$ – коефіцієнт який характеризує відчутність матеріалу до симетричності циклу зміни напруги для вуглецевих сталей.

$$S_G = \frac{300 \cdot 1}{\frac{2,15}{1,6 \cdot 0,88} \cdot 5,9 + 0,12 \cdot 0} = 33,3.$$

Коефіцієнт запасу міцності вала за крученням визначаємо з урахуванням ослаблення перерізу шпонковим пазом. Для цього попередньо розраховуємо полярний момент опору небезпечного перерізу:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} - \frac{b \cdot t_1 (d - t_1)^2}{2 \cdot d} = \frac{3,14 \cdot 35^3}{16} - \frac{6 \cdot 6(35 - 6)^2}{2 \cdot 35} = 8848 \text{ Н/мм}^2.$$

При нереверсивному обертанні вала дотичні напруження від кручення змінюються за пульсуючим циклом. У такому випадку для розрахунку необхідно окремо визначити змінну складову циклу, тобто амплітуду напруження, та сталу складову, тобто середнє напруження.

Амплітудне та середнє значення дотичних напружень визначаємо за формулами:

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau_{\max}}{2} = \frac{1}{2} \frac{T}{W_p} = \frac{1}{2} \cdot \frac{148 \cdot 10^3}{8848} = 8,36 \text{ Н/мм}^2.$$

Коефіцієнт безпеки на скручування:

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1} K_L}{\frac{K_\tau}{\beta \epsilon_\tau} \tau_a + \psi_\tau \tau_m};$$

де $K_\tau = 20,5$ – ефективний коефіцієнт концентрації напруги при скручуванні для вала в місці шпоночного паза;

$\beta = 1,6$ – коефіцієнт, який враховує якість поверхні;

$\epsilon_\tau = 0,81$ – масштабний фактор при скручуванні в залежності від діаметра вала;

$\psi_\tau = 0,7$ – коефіцієнт, який враховує відчуття матеріалу за асиметрії циклу зміни напруги.

$$S_\tau = \frac{255 \cdot 1}{\frac{2,05}{1,6 \cdot 0,81} \cdot 8,36 + 0,7 \cdot 8,36} = 13,37.$$

Загальний коефіцієнт запасу міцності для небезпечного перерізу вала в зоні шпонкового паза визначаємо з урахуванням одночасної дії згинальних і крутильних напружень:

$$S = \frac{S_G \cdot S_\tau}{\sqrt{S_G^2 + S_\tau^2}} = \frac{33,3 \cdot 13,37}{\sqrt{33,3^2 + 13,37^2}} = 12,4 > [S] = 4.$$

За результатами проведеної перевірки можна зробити висновок, що міцність вала за граничним станом забезпечується. Прийняті геометричні параметри та вибраний матеріал вала дають змогу сприймати дію згинальних і крутильних навантажень без перевищення допустимих напружень.

Для подальшого розрахунку підшипникового вузла складаємо розрахункову схему навантаження вала. На схемі відображаємо розташування опор, місця прикладання сил, напрям дії навантажень та характер напруженого стану. Розрахункова схема вала підшипникового вузла наведена на рис. 3.2.

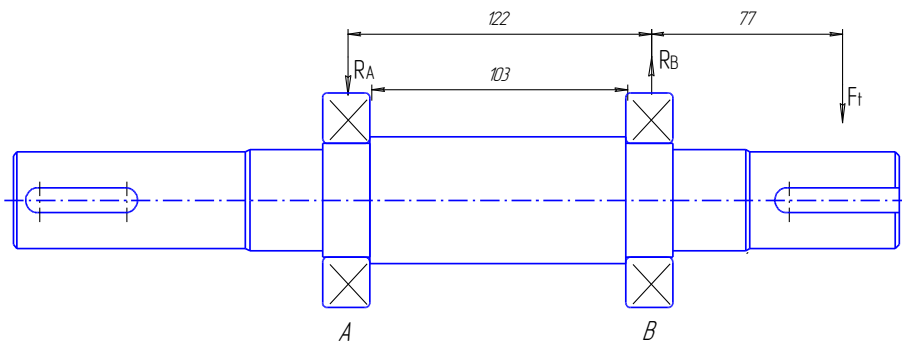


Рис. 3.2. Розрахункова схема навантаження вала підшипникового вузла.

Оскільки за розрахунковою схемою на підшипники діє лише радіальне навантаження, для підшипникового вузла приймаємо радіальний однорядний кульковий підшипник № 209 з такими параметрами:

$$d = 40 \text{ мм}; D = 80 \text{ мм}; B = 18 \text{ мм}$$

Динамічна вантажопідйомність підшипника становить:

$$C = 32000 \text{ Н}$$

статична вантажопідйомність:

$$C_0 = 17800 \text{ Н}$$

Вибраний підшипник здатний сприймати не лише радіальні, а й обмежені осьові навантаження, що діють уздовж осі вала в обох напрямках. При цьому величина осьового навантаження не повинна перевищувати 70 % невикористаного радіального навантаження. Допустимий перекіс зовнішнього кільця відносно внутрішнього є незначним, тому до співвісності посадкових місць у корпусі висуваються підвищені вимоги. З цієї причини механічну

обробку корпусу доцільно виконувати за одну установку після приварювання опорних лап.

Визначаємо реакції, що діють на підшипники при навантаженні:

$$F_t = 1103 \text{ Н}$$

Оскільки розрахункова схема відповідає схемі, використаній під час розрахунку вала, реакції опор приймаємо:

$$R_A = 638 \text{ Н}$$

$$R_B = 1741 \text{ Н}$$

Подальший розрахунок виконуємо для опори В, оскільки вона є більш навантаженою.

За відсутності осьового навантаження:

$$F_a = 0$$

еквівалентне динамічне навантаження приймаємо рівним радіальному:

$$P = F_t = 1103 \text{ Н}$$

Тоді визначаємо відповідне відношення:

$$\frac{C}{P} = \frac{32000}{1103} = 29,0.$$

Ресурс вибраного підшипника визначаємо за розрахунковою залежністю довговічності, яка враховує його динамічну вантажопідйомність та еквівалентне навантаження, що діє на опору під час роботи станда:

$$L_n = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P} \right)^{3,33} ;$$

де $n=460$ об/хв. – число обертів підшипникового вузла.

Тоді:

$$L_n = \frac{10^6}{60 \cdot 460} \cdot 29,0^{3,33} = 2,68 \cdot 10^6 \text{ год.}$$

Придатність вибраного підшипника перевіряємо за умовою статичної вантажопідйомності для найбільш навантаженої опори В. Розрахунок виконуємо за формулою:

$$C_0 \geq S_0 \cdot P_0$$

де C_0 – статична вантажопідйомність підшипника, Н;

S_0 – коефіцієнт запасу статичної вантажопідйомності;

P_0 – еквівалентне статичне навантаження на підшипник, Н.

Оскільки найбільше навантаження діє на опору В, подальшу перевірку виконуємо саме для цієї опори. Якщо розрахункова умова виконується, то вибраний підшипник має достатній запас статичної міцності та може бути використаний у конструкції підшипникового вузла стенда.

$$C_{тр} = R_B \cdot \sqrt[3]{\frac{60 \cdot n \cdot L_h}{10^6}} = 1741 \cdot \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 460 \cdot 2,68 \cdot 10^2}{10^6}} = 3392 < C = 25700 \text{ Н.}$$

Розрахунковий ресурс вибраного підшипника відповідає умовам експлуатації стенда, тому прийнятий підшипник може бути використаний у конструкції підшипникового вузла.

Для з'єднання вихідного кінця вала підшипникового вузла з валом компресора застосовуємо втулкову муфту. Кріплення муфти на валах виконується за допомогою шпонкових з'єднань, розрахунок яких на міцність було проведено попередньо.

Втулку муфти приймаємо виготовленою зі сталі 5. Для валів діаметром:

$$d = 20 \dots 70 \text{ мм}$$

зовнішній діаметр втулки орієнтовно визначають за залежністю:

$$D \approx (1,7 \dots 1,5)d$$

Довжину втулки приймають:

$$L = 3d$$

Тоді основні розміри втулкової муфти визначаємо за формулами:

$$D = (1,7 \dots 1,5) \cdot 35 = 59,5 \dots 52,5 \text{ мм.}$$

Приймаємо зовнішній діаметр втулки:

$$D = 55 \text{ мм}$$

Довжину втулки визначаємо за залежністю:

$$L = 3d$$

За прийнятого діаметра вала:

$$d = 35 \text{ мм}$$

одержуємо:

$$L = 3 \cdot 35 = 105 \text{ мм}$$

Отже, для подальших розрахунків приймаємо основні розміри втулкової

муфти:

$$D = 55 \text{ мм}; L = 105 \text{ мм}$$

Перевірку втулки на міцність при крученні виконуємо за умовою:

$$\tau_k = \frac{T}{W_k} = \frac{T \cdot D}{0,2(D^4 - d^4)} \leq [\tau_k],$$

тоді:

$$\tau_k = \frac{148 \cdot 10^3 \cdot 60}{0,2(60^4 - 38^4)} = 4,2 < 22 \text{ МПа.}$$

де $[\tau_k] = 22 \dots 25 \text{ МПа}$ для сталі 45 ст.

Отже, за результатами перевірного розрахунку встановлено, що втулкова муфта має достатню міцність при дії крутного моменту. Прийняті геометричні параметри муфти та вибраний матеріал забезпечують надійне передавання обертального моменту від вала підшипникового вузла до компресора без перевищення допустимих дотичних напружень.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час обслуговування та ремонту гальмівної системи автомобіля RENAULT Magnum

Технічне обслуговування та ремонт гальмівної системи автомобіля RENAULT Magnum виконуються на ремонтному посту [15, 17, 18], оглядовій канаві або за допомогою підйомного обладнання. Основними операціями є встановлення автомобіля на робоче місце, зняття колеса, очищення гальмівного механізму, демонтаж зношених гальмівних колодок, перевірка стану диска, супорта, напрямних, гальмівної камери, пневматичних трубопроводів, датчиків ABS/EBS, встановлення нових колодок і контроль працездатності системи після ремонту.

Одним із найбільш небезпечних факторів є велика маса автомобіля та його окремих вузлів [15, 17, 18]. Колеса вантажного автомобіля мають значну вагу, тому їх демонтаж і встановлення без спеціальних пристроїв може призвести до травмування працівника, падіння колеса, пошкодження шпильок або різьбових з'єднань. Особливу небезпеку становить виконання робіт під автомобілем або біля колеса, якщо тягач ненадійно зафіксований, встановлений на несправний домкрат чи не має страхувальних підставок.

Під час обслуговування гальмівної системи RENAULT Magnum необхідно враховувати наявність стисненого повітря в пневматичних контурах. Пневматичний привід працює під тиском, тому різке від'єднання трубопроводів, шлангів або елементів гальмівної камери може спричинити неконтрольований вихід повітря, різкий рух штока або пошкодження деталей. Особливої обережності потребують пружинні енергоакумулятори стоянкового гальма, оскільки всередині них знаходиться потужна стиснена пружина. Розбирання таких вузлів без спеціального пристосування є небезпечним і може призвести до важких травм.

До небезпечних механічних факторів також належать защемлення пальців між колодкою та супортом, травмування рук під час зняття стопорних елементів,

пошкодження шкіри гострими краями деталей, а також удари інструментом при відкручуванні закислих кріплень. Робота з пневматичним гайковертом, монтажною лопаткою, домкратом і динамометричним ключем потребує уважності, оскільки неправильне використання інструменту може стати причиною травм.

Окрему групу становлять шкідливі виробничі фактори. Під час зношування гальмівних колодок утворюється дрібнодисперсний гальмівний пилю, який накопичується на супорті, диску, колодках і деталях підвіски. У разі очищення механізму сухим способом або продування відкритим струменем стисненого повітря пилю може потрапляти в органи дихання та на слизові оболонки. Тому під час таких робіт працівник повинен користуватися захисними окулярами, рукавицями та, за потреби, респіратором.

Під час ремонту можливий контакт із мастильними матеріалами, очисниками гальмівних механізмів, залишками технічних рідин, дорожнім брудом і продуктами корозії. Такі речовини можуть подразнювати шкіру, викликати алергічні реакції або погіршувати санітарний стан робочого місця. Недопустимим є потрапляння мастила на робочі поверхні гальмівного диска та фрикційні накладки, оскільки це знижує ефективність гальмування і може стати причиною небезпечної ситуації під час подальшої експлуатації автомобіля.

Підвищений рівень шуму виникає під час роботи пневматичного гайковерта, компресора, продування деталей і використання іншого ремонтного обладнання. Тривала дія шуму негативно впливає на працездатність працівника, викликає втому та знижує увагу. Крім того, під час демонтажних робіт можливі незручні робочі пози, значне фізичне навантаження та перенапруження опорно-рухового апарату.

Важливим фактором безпеки є стан робочої зони. Наявність на підлозі розлитих мастил, розкиданого інструменту, пневматичних шлангів, електричних кабелів або демонтованих деталей створює ризик спотикання, падіння та травмування. Недостатнє освітлення ремонтного поста ускладнює огляд деталей, контроль стану пневматичних з'єднань, датчиків і кріпильних елементів.

Таким чином, під час ремонту гальмівної системи RENAULT Magnum працівник може зазнавати впливу механічних, пневматичних, хімічних, пилових,

шумових та ергономічних небезпек. Зменшення їхнього впливу можливе лише за умови правильної організації робочого місця, застосування справного обладнання, дотримання технологічної послідовності операцій та використання засобів індивідуального захисту.

4.2 Заходи безпеки та охорони праці під час технічного обслуговування і ремонту гальмівної системи

Перед початком робіт автомобіль RENAULT Magnum необхідно встановити на рівний майданчик, оглядову канаву або спеціалізований ремонтний пост. Двигун слід вимкнути, автомобіль зафіксувати противідкотними упорами, а робочу зону звільнити від сторонніх предметів. Якщо роботи виконуються з підніманням осі, необхідно використовувати лише справний домкрат або підйомник, розрахований на масу вантажного автомобіля. Після піднімання тягач обов'язково встановлюють на страхувальні підставки. Виконання робіт під автомобілем, який утримується тільки домкратом, забороняється.

Перед демонтажем елементів гальмівної системи потрібно перевірити тиск у пневматичних контурах і, за необхідності, скинути його до безпечного рівня. Від'єднання шлангів, трубопроводів, гальмівних камер або інших елементів пневматичного приводу допускається лише після переконання у відсутності тиску. Особливо обережно слід виконувати операції, пов'язані з енергоаккумуляторами стоянкового гальма. Їх не можна розбирати без спеціального пристосування, оскільки внутрішня пружина перебуває під значним навантаженням.

Під час зняття та встановлення колеса необхідно використовувати гідравлічний візок або інший пристрій для переміщення важких коліс. Послаблення і затягування колісних гайок слід виконувати справним гайковертом або ключем відповідного розміру. Остаточне затягування кріплення колеса потрібно проводити динамометричним ключем у перехресній послідовності. Це забезпечує рівномірну посадку колеса на ступиці та зменшує ризик ослаблення кріплення під час руху.

Очищення гальмівного механізму необхідно виконувати з використанням спеціального очисника, щітки або пиловідсмоктувального пристрою. Не рекомендується здувати гальмівний пи́л відкритим струменем стисненого повітря без засобів захисту, оскільки це призводить до його розповсюдження в повітрі робочої зони. Працівник повинен користуватися захисними окулярами, рукавицями, спецодягом і, за потреби, респіратором. Після завершення робіт необхідно вимити руки та очистити інструмент.

Під час огляду та ремонту дискового гальмівного механізму потрібно перевіряти стан гальмівного диска, супорта, напрямних пальців, пильників, гальмівної камери, пневматичних магістралей і датчиків ABS/EBS. Усі дефектні деталі необхідно замінювати. Забороняється встановлювати колодки з пошкодженими фрикційними накладками, тріщинами, відшаруваннями або слідами замащення. Також не допускається експлуатація автомобіля з пошкодженими пневматичними шлангами, несправними датчиками або витоками повітря.

Під час складання гальмівного механізму слід дотримуватися технологічної послідовності. Гальмівні колодки повинні встановлюватися без перекосів, а фіксатори, пружини та стопорні елементи – на штатні місця. Напрямні супорта допускається змащувати тільки спеціальним високотемпературним мастилом, при цьому мастило не повинно потрапляти на робочу поверхню диска або фрикційні накладки. Після складання необхідно перевірити вільне переміщення колодок і супорта.

Для зниження ризику травмування робоче місце повинно бути добре освітлене, сухе та впорядковане. Інструмент необхідно розміщувати на спеціальному столі або в інструментальному візку. Пневматичні шланги й електричні кабелі слід прокладати так, щоб вони не перешкоджали переміщенню працівника. Розлиті мастильні матеріали потрібно негайно прибирати, оскільки вони створюють небезпеку падіння.

Засоби індивідуального захисту є обов'язковими під час виконання ремонтних робіт. До них належать спецодяг, захисне взуття з нековзною підошвою, рукавиці, захисні окуляри, а під час роботи з пилом – респіратор. Під час використання пневматичного інструменту доцільно застосовувати засоби

захисту слуху. Працівник повинен бути ознайомлений з інструкцією з охорони праці, правилами користування підйомним обладнанням і порядком дій у разі аварійної ситуації.

Після завершення ремонту необхідно відновити тиск у пневматичній системі та перевірити її герметичність. Для виявлення витоків повітря можна використовувати мильний розчин або спеціальні засоби контролю. Далі перевіряють роботу гальмівної камери, хід штока, відсутність сторонніх шумів, правильність роботи стоянкового гальма та справність системи EBS/ABS. За наявності діагностичного обладнання слід перевірити відсутність помилок у пам'яті електронного блока керування.

Перед випуском автомобіля з ремонтного поста обов'язково проводять контрольне гальмування на малій швидкості. Це дозволяє переконатися у правильності встановлення гальмівних колодок, справності пневматичного приводу, відсутності витоків повітря та рівномірності спрацювання гальмівних механізмів. Лише після позитивного результату перевірки автомобіль може бути допущений до подальшої експлуатації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У загально-технічному розділі проаналізовано будову та принцип роботи гальмівної системи RENAULT Magnum. Встановлено, що джерелом енергії для гальмування є стиснене повітря, яке створюється компресором, проходить очищення й осушення, накопичується у ресиверах і через систему клапанів та електропневматичних модуляторів подається до гальмівних механізмів. Особливе значення має система EBS/ABS, яка забезпечує регулювання гальмівного тиску, запобігає блокуванню коліс і сприяє збереженню стійкості автопоїзда під час гальмування.

У технологічному розділі визначено типові відмови пневматичної гальмівної системи вантажного автомобіля. До основних несправностей належать зниження продуктивності компресора, витоки повітря, несправності ресиверів, регулятора тиску, осушувача, гальмівних камер, енергоакумуляторів, клапанів, трубопроводів і з'єднувальної арматури. Для кожної групи відмов розглянуто характерні ознаки, можливі причини виникнення, методи діагностування та способи усунення.

Розроблено технологічні карти заміни гальмівних колодок тягача RENAULT Magnum і напівпричепа. Для тягача запропоновано послідовність робіт, яка включає підготовку автомобіля, зняття колеса, огляд дискового гальмівного механізму, демонтаж колодок, дефектування деталей, очищення супорта, встановлення нових колодок, перевірку гальмівної камери, монтаж колеса та контроль працездатності системи. Для напівпричепа розглянуто операції з демонтажу колеса, зняття колодок, заміни втулок, наклепування нових фрикційних накладок, складання та встановлення колодок.

Виконано нормування трудомісткості операцій технічного обслуговування і ремонту гальмівної системи. Визначено орієнтовний час виконання основних робіт із заміни гальмівних колодок, що дає змогу планувати завантаження ремонтного поста, кількість виконавців і тривалість перебування автомобіля в ремонті. Нормування операцій має практичне значення, оскільки забезпечує більш раціональну організацію праці та дає можливість оцінити економічну доцільність виконання ремонтних робіт.

У роботі підбрано обладнання для поста технічного обслуговування та ремонту гальмівних систем вантажних автомобілів. До його складу включено стенд для перевірки гальм, слюсарний верстат, стіл для деталей, гідравлічні домкрати, візок для коліс, гайковерт, стенди для ремонту й випробування компресорів, набір слюсарного інструменту, інструментальні шафи та допоміжне оснащення. Такий склад обладнання забезпечує виконання діагностичних, демонтажно-монтажних, регулювальних і контрольних операцій.

У конструкторському розділі розглянуто модернізований стенд для випробування компресорів пневматичної гальмівної системи. Запропоноване рішення дає змогу перевіряти компресор після ремонту в умовах, наближених до експлуатаційних, контролювати тиск повітря, тиск мастила, продуктивність, герметичність клапанів і загальний технічний стан агрегату. Виконані розрахунки основних елементів стенда підтверджують можливість його використання для діагностування компресорів вантажних автомобілів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кисляков В.Ф., Лущик В.В. Будова і експлуатація автомобілів : підручник. – К. : Либідь, 2006. – 400 с.
2. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. – К. : Знання-Прес, 2003. – 511 с.
3. Канарчук В.Є. та ін. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У 3-х кн. Кн. 2. Організація, планування й управління : підручник / В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко, А.Д. Чигринець. – К. : Вища школа, 1994. – 383 с.
4. Канарчук В.Є. та ін. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах. – К. : Логос, 1996. – 348 с.
5. Форнальчик Є.Ю., Качмар Р.Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів. – Львів : Львівська політехніка, 2017. – 324 с.
6. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів / уклад. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 550 с.
7. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К. : Міністерство транспорту України, 1998. – 36 с.
8. Мигаль В.Д., Мигаль В.П. Методи технічної діагностики автомобілів : навч. посібник. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2014.
9. Конспект лекцій з курсу «Комп'ютерна діагностика» для студентів спеціальності «Автомобільний транспорт» денної і заочної форми навчання / Босюк П.В., Левкович М.Г., Тесля В.О. – Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2016. – 236 с.
10. Кіркач Н.Ф. Розрахунок і проектування деталей машин. – Харків, 1991. – 274 с.
11. Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту : навч. посібник. – Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2007. – 252 с.

12. Кукурудзяк Ю.Ю., Біліченко В.В. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР : навчальний посібник. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.

13. Афанасьев Л.Л., Маслов А.А., Колясинский Б.С. Гаражі та станції технічного обслуговування автомобілів. – М. : Транспорт, 1980. – 216 с.

14. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр» галузі знань 27 «Транспорт», спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» / О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, А.Б. Гупка, Р.В. Хорошун. – Тернопіль : Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.

15. Закон України «Про охорону праці». – Харків : Вид-во «ФОРТ», 2003. – 32 с.

16. НАОП 60.2-3.06-98. Типові норми видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам автомобільного транспорту.

17. Практикум з охорони праці : навчальний посібник / за ред. В.Ц. Жидецького. – Львів : Афіша, 2000. – 352 с.

18. Войналович О.В., Марчиниша Є.І., Кофто Д.Г. Охорона праці в галузі (автомобільний транспорт) : навчальний посібник. – Харків : ХНАДУ, 2020. – 695 с.