

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної роботи бакалавра

на тему: *Формування алгоритмічного забезпечення для технічного
обслуговування багатовісних вантажних автомобілів категорії N3*

Виконав:

студент 4 курсу, групи АТ-22 _____ Д.А. Калінка

(шифр групи)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

В.О.Сістук

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри:

д.т.н., професор

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Ю.А. Монастирський

(прізвище та ініціали)

Кривий Ріг – 2026 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Галузь знань: J – «Транспорт та послуги»

Спеціальність: J8 – «Автомобільний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
автомобільного транспорту

_____/_____.
_____”_____ 2026 р

ЗАВДАННЯ

НА ВИПУСКНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Калінці Дмитру Андрійовичу

1. Тема: *Формування алгоритмічного забезпечення для технічного обслуговування багатовісних вантажних автомобілів категорії N3*
керівник проекту Сістук В.О., к.т.н., доцент
затверджені наказом університету № в191с від 07.04.2026.
2. Строк подання студентом роботи для перевірки на плагіат до 10.06.2026.
3. Вихідні дані до роботи: Технічні характеристики вантажних АТЗ кат. N3.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Функціональний аналіз систем вантажного автомобіля категорії N3 2. Розробка алгоритму планового технічного обслуговування. 3. Врахування екстремальних умов та техніка безпеки. 4. Оформлення пояснювальної записки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Графіки та діаграми по результатам досліджень у вигляді презентації в програмі Microsoft Office Power Point.
6. Дата видачі завдання 07.04.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1	Функціональний аналіз систем вантажного автомобіля категорії N3	07.04-12.04	
2	Розробка алгоритму планового технічного обслуговування	12.04 – 04.05	
3	Врахування екстремальних умов та техніка безпеки	04.05 – 10.05	
4	Оформлення пояснювальної записки і презентації	10.05 – 25.05	

Студент

Д.А. Калінка

Керівник

В.О. Сістук

РЕФЕРАТ

Випускова робота присвячена підвищенню ефективності експлуатації, надійності та безпеки руху важких вантажних автомобілів і сідельних автопоїздів категорії N3 (повною масою понад 12 тон). У роботі розроблено та математично обґрунтовано логіко-динамічний алгоритм планового технічного обслуговування (ТО), побудований за принципом послідовного кругового обходу транспортного засобу проти годинникової стрілки з інтеграцією бінарної функції допуску до рейсу. Виконано комплексне математичне моделювання експлуатаційно-технічних показників тягача. Встановлено, що впровадження превентивного регламенту забезпечує високий коефіцієнт технічної готовності до 0,909 та ймовірність безвідмовної роботи в міжсервісний період $P(t) = 0,874$ для $t=300$ год.

Досліджено синергетичний вплив чинників аридного, арктичного та гірського клімату на зміну технічного стану агрегатів. Математично й практично доведено, що превентивне регулювання тиску в шинах за допомогою системи шинопідкачування (CTIS) до рівня 276 кПа збільшує площу контакту рушіїв із ґрунтом майже вдвічі, що знижує питомий тиск і запобігає самозариванню техніки під час руху по глибокому снігу (понад 40–50 см) або хитких пісках. Обґрунтовано конструктивно-технологічні заходи щодо запобігання «крижаному зварюванню» шин із покриттям, захисту двигуна від абразивного пилу та стабілізації гідродинамічного тиску в паливній системі шляхом комутації запірних клапанів під час руху траверсом схилу.

Ключові слова: вантажний автомобіль категорії N3, сідельний автопоїзд, планове технічного обслуговування, коефіцієнт технічної готовності, система регулювання тиску в шинах, екстремальні умови експлуатації, прохідність, кінематика маневрування, безпека руху.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРА ТА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ КАТЕГОРІЇ N3	9
1.1. Система рульового керування	9
1.2. Силова установка та електрообладнання	11
1.3. Пневматична система	14
1.4. Система централізованого регулювання тиску шин	18
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ПЛАНОВОГО ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ КАТЕГОРІЇ N3	22
2.1. Загальні положення.....	22
2.2. Алгоритм планового технічного обслуговування вантажного автомобіля категорії N3	26
2.3. Модель системи планового (превентивного) технічного обслуговування вантажного автомобіля категорії N3	27
2.4. Висновки до розділу 2	36
РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ КАТЕГОРІЇ N3 В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ.....	37
3.1. Експлуатація в умовах аридного типу клімату	37
3.2. Експлуатація в умовах арктичного типу клімату	39
3.3. Експлуатація в умовах гірської та лісистій місцевості	42
3.4. Загальний алгоритм експлуатації в екстремальних умовах	44
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ВАНТАЖІВ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ КАТЕГОРІЇ N3	46

4.1. Специфіка динаміки та маневрування автопоїзда під час руху вперед	46
4.2. Організація та кінематика руху заднім ходом	47
4.3. Функціонування гальмівних систем та алгоритми зупинки	48
4.4. Техніка безпеки при проведенні технічного обслуговування.....	48
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54

ВСТУП

Актуальність теми.

Ефективність функціонування транспортної галузі суттєво залежить від надійності та продуктивності важкого рухомого складу категорії N3 (сідельних автопоїздів, тягачів), які виконують основний обсяг стратегічних вантажних перевезень. Специфіка експлуатації такої техніки полягає у високій інтенсивності навантажень, значних габаритах і роботі в географічних регіонах з екстремальними кліматичними чинниками (термічні коливання, глибокий сніговий покрив, складний рельєф гірської місцевості).

Існуюче нормативно-технологічне забезпечення (класичні статичні технологічні карти) не враховує динаміку зміни технічного стану систем у міжсервісний період та не завжди забезпечує гнучкість у прийнятті рішень під час щорейсового контролю. Крім того, процеси взаємодії багатотонних колісних рушіїв із деформівними й нестабільними опорними поверхнями (пісок, сніг, скелястий ґрунт) потребують детального математичного моделювання для розробки превентивних заходів із підвищення опорно-зчипної прохідності та безпеки руху. Таким чином, розробка динамічних алгоритмів планового технічного обслуговування та обґрунтування режимів експлуатації автомобілів категорії N3 в екстремальних умовах є актуальним науково-прикладним завданням для сучасного автомобільного транспорту.

Мета дослідження.

Підвищення ефективності експлуатації, надійності та безпеки руху важких вантажних автомобілів і сідельних автопоїздів категорії N_3 шляхом розробки й упровадження динамічних алгоритмів планового технічного обслуговування, а також обґрунтування оптимальних параметрів функціонування їхніх систем в екстремальних умовах навколишнього середовища.

Задачі дослідження.

1. Проаналізувати конструктивні особливості силових установок, комбінованих двовольтажних електросистем та багатоконтурних пневматичних приводів важких тягачів категорії N3.
2. Розробити алгоритм планового технічного обслуговування на основі принципу послідовного кругового обходу транспортного засобу з впровадженням бінарної логічної функції допуску до рейсу.
3. Сформувати комплексну математичну модель системи превентивного ТО для оцінювання коефіцієнта технічної готовності та ймовірності безвідмовної роботи автопоїзда в міжсервісний період.
4. Дослідити вплив екстремальних температур, абразивного запилення та деформівних опорних поверхонь аридного й арктичного клімату на зміну технічного стану агрегатів автомобіля.
5. Провести моделювання геомеханічної взаємодії колісних рушіїв із глибоким сніговим і піщаним покривом та обґрунтувати параметри роботи централізованої системи регулювання тиску в шинах (CTIS) для підвищення прохідності.
6. Визначити особливості кінематики маневрування (вперед і заднім ходом) та режими функціонування гальмівних систем великогабаритних автопоїздів з позиції охорони праці й безпеки руху.

Об'єкт дослідження.

Процес зміни технічного стану, надійності та безпеки функціонування систем важких вантажних автомобілів категорії N3 під час виконання планового технічного обслуговування та руху в складних експлуатаційних умовах.

Предмет дослідження.

Закономірності впливу технологічних регламентів ТО, параметрів інтегрованих систем (CTIS, багатоконтурного пневмопривода, паливоподачі) та кінематичних параметрів маневрування на показники ефективності й безпеки експлуатації автопоїздів категорії N3.

Методи та інструменти дослідження.

Системний аналіз та теорія прийняття рішень, теорія надійності та ймовірнісне моделювання, математичне моделювання, методи геомеханіки та теорії руху автомобіля, узагальнення, синтез, аналіз.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблено покрокове інженерне керівництво у вигляді динамічної блок-схеми планового ТО вантажних автомобілів категорії N3, яка, на відміну від статичних техкарт, дозволяє на кожному етапі кругового обходу чітко верифікувати стан придатності машини до рейсу ($R=1$ або $R=0$).

Структура і обсяг роботи. Робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 16 позицій. Загальний обсяг роботи - 55 с.

РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРА ТА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ КАТЕГОРІЇ N3

1.1. Система рульового керування

Для забезпечення високої маневреності та зменшення радіуса повороту багатоосного повнопривідного колісного тягача застосовано схему з двома керованими осями — передньою (вісь № 1) та задньою (вісь № 4).

Вхідний керівний вплив від водія через кермове колесо, розташоване в кабіні, транслюється на верхній вал кермової колонки в зборі. У нижній точці (під підлогою кабіни) кутовий редуктор (трійниковий редуктор) розподіляє обертовий момент та розгалужує кінематичний зв'язок паралельно на два напрямки: до кермових механізмів осі № 1 та осі № 4 відповідно.

Особливості кінематики повороту.

1. *Противазне відхилення коліс:* керовані колеса осі № 1 та осі № 4 повертаються у протилежних напрямках. Це дозволяє суттєво зменшити габаритну смугу руху автопоїзда у повороті та мінімізувати ефект «зрізання кутів» важким напівпричепом.

2. *Пропорційне зменшення кута (Редукація):* задня керована вісь (№ 4) обладнана додатковим редуктором зменшення кута повороту, що забезпечує менший кут відхилення коліс задньої осі порівняно з передньою, що необхідно для збереження курсової стійкості багатовісної машини та запобігання надмірній заносності на середніх та високих швидкостях руху.

Рульове керування за умов повного завантаження автопоїзда здійснюється за допомогою гідрооб'ємного підсилювача.

Створення гідравлічного тиску забезпечується основним насосом гідропідсилювача керма, який має прямий механічний привід від двигуна вантажівки. Насос нагнітає робочу рідину під тиском до інтегрованих

гідропідсилювачів кермових механізмів осей № 1 та № 4. Ротаційне зусилля на вихідних валах механізмів мультиплікується та передається через сошки на поздовжні рульові тяги і далі — на чотири поворотні кулаки (важелі) коліс.

Для забезпечення живучості та безпеки руху в разі відмови ДВЗ або поломки основного контуру підсилення, в систему інтегровано *допоміжний (аварійний) насос кермового керування*. Особливістю його конфігурації є безпосередній привід від *роздавальної коробки*. Таким чином, поки автомобіль перебуває в русі (коліса обертають вали трансмісії), аварійний насос підтримує робочий тиск у системі, зберігаючи ефективність керування навіть за заглушеного двигуна.

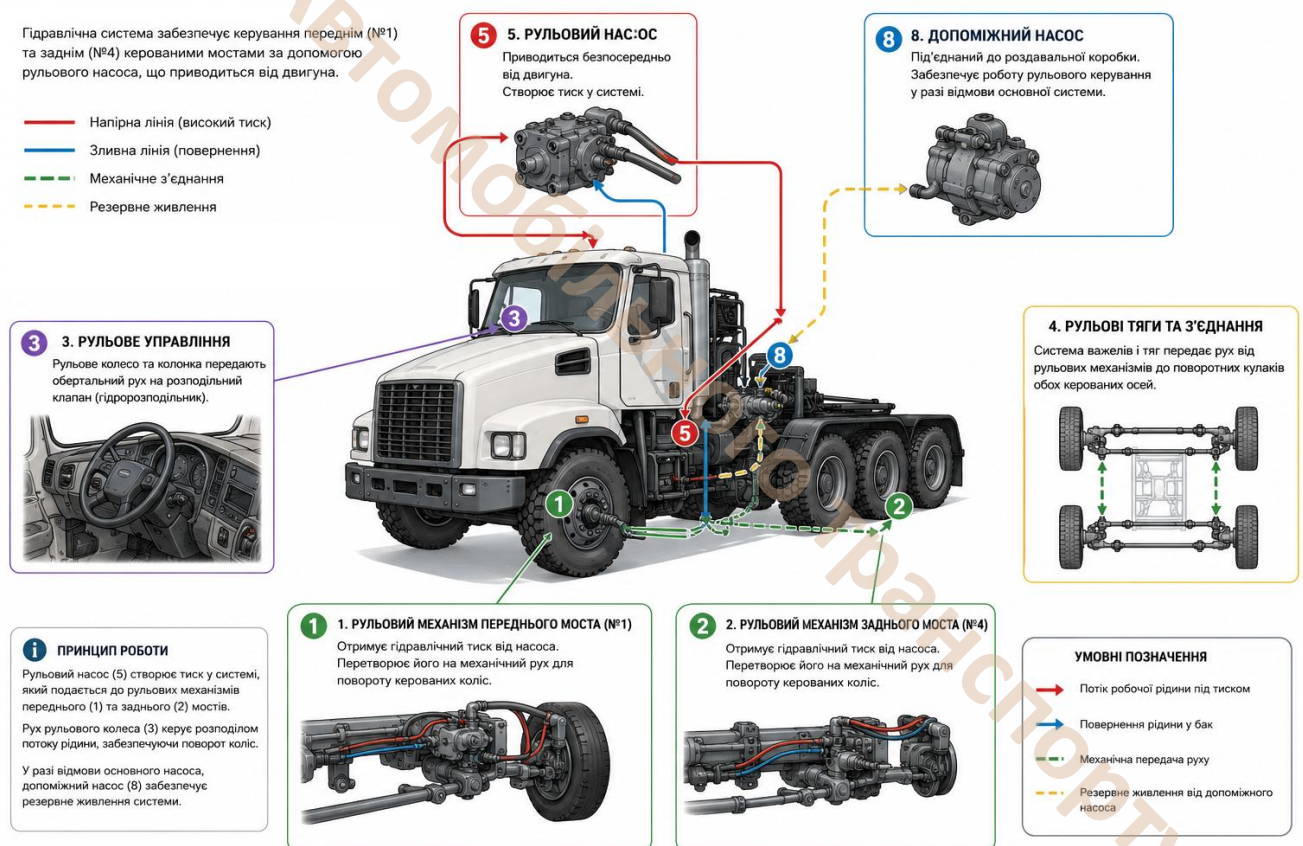


Рис. 1.1. Типова система рульового керування вантажного автомобіля категорії

N3

Режим екстремального аварійного керування.

У випадку критичного пошкодження елементів гідросистеми (наприклад, обриву або перебиття гідравлічного шланга виконавчого циліндра осі № 4) і повної втрати робочої рідини (робота гідропідсилювача повністю блокована), конструкція рульового приводу зберігає механічний зв'язок.

Завдяки жорстким механічним зв'язкам, валам та рульовим тягам, тягач зберігає обмежену здатність до маневрування. Механічна міцність компонентів дозволяє здійснювати аварійне переміщення транспортного засобу своїм ходом на короткі дистанції в екстремальних ситуаціях для евакуації з небезпечної зони або доставки до місця ремонту.

1.2. Силова установка та електрообладнання

Енергетичний вузол транспортного засобу категорії N3 частіше всього представлений двотактним дизельним двигуном із V-подібним розташуванням циліндрів. Конструктивною особливістю ДВЗ є висока питома потужність та інтеграція електронної системи керування двигуном.

Мікропроцесорна система в режимі реального часу оптимізує циклову подачу палива індивідуально для кожної насос-форсунки (інжектора), адаптуючи параметри упорскування під поточне навантаження.

Електронний блок керування (ЕБУ) забезпечує прецизійне регулювання та стабілізацію частоти обертання колінчастого вала під час роботи допоміжних гідросистем (наприклад, приводів евакуаційних лебідок або гідросистеми напівпричепа).

Силова установка повинна мати значний гальмівний потенціал — інтегрована система компресійного моторного гальма здатна генерувати до 500 к.с. (368 кВт) гальмівної потужності, що мінімізує теплове навантаження на робочу гальмову систему під час руху автопоїзда на затяжних спусках у гірській місцевості.

Для оцінювання поточних параметрів, зчитування кодів помилок та аналізу журналів ефективності ДВЗ передбачено інтерфейс для підключення виносного діагностичного зчитувача, що відповідає сучасним вимогам до комп'ютеризації процесу ТО.

Автоматична трансмісія.

Двигун жорстко агрегатований із багатодіапазонною автоматичною коробкою передач (АКПП), яка оптимізує режими роботи силового привода. Оператор має можливість примусового (мануального) вибору одного з п'яти основних діапазонів руху вперед залежно від рельєфу та дорожніх умов. Процес зниження передач автоматизовано: ЕБУ трансмісії адаптує передавальне число на основі безперервного моніторингу частоти обертання вихідного вала та кутового положення дросельної заслінки (педалі акселератора).

Електрообладнання.

Для забезпечення оптимального балансу між масо-габаритними показниками виконавчих пристроїв та сумісністю зі стандартним обладнанням, у конструкції вантажних автомобілів категорії реалізують комбіновану систему електропостачання постійного струму з номінальними напругами 12 В та 24 В. Особливістю системи є суворе функціональне розділення споживачів за рівнями енергоємності. Контур низької напруги призначений для живлення систем загального призначення, приладів оптичної сигналізації та забезпечення ергономіки кабіни. До цього контуру підключено:

- Зовнішні освітлювальні прилади та штатні системи освітлення причепа/напівпричепа.
- Елементи підсвічування приладової панелі, внутрішньокабінні інформаційні індикатори, аварійні сигналізатори та контрольно-вимірювальні прилади (датчики).
- Електродвигуни привода склоочисників та насоса склоомивача.

2. Контур високої напруги інтегрує найбільш енергоємні силові споживачі, що потребують високих пускових або робочих струмів, а також спеціалізовані військові/інженерні системи:

- Електричний стартер магістрального ДВЗ.
- Силові евакуаційні та допоміжні лебідкові механізми (у разі наявності).
- Централізовану систему регулювання тиску в шинах.
- Нагрівальні елементи й приводи паливно-водяного сепаратора та осушувачів повітря пневмосистеми.
- Систему світломаскування напівпричепа та систему полегшення пуску двигуна методом упорскування ефіру.

Акумуляторний комплекс складається з чотирьох 12-вольтних стартерних батарей, які комутовані за послідовно-паралельною схемою. Негативний вивід загальної збірки жорстко заземлений на масу (корпус) транспортного засобу. Така топологія підключення дозволяє одночасно знімати потенціал 12 В (з паралельних плечей) та 24 В (із послідовного ланцюга) для безперебійного живлення обох контурів.

Пряме керування запуском стартера здійснюється безпосередньо від 24-вольтного джерела через кабінний перемикач режимів двигуна.

Баланс енергії та відновлення заряду акумуляторних батарей реалізовано шляхом інтеграції двох роздільних генераторів із пасовими приводами від колінчастого вала ДВЗ:

- Генератор контуру 24 В має номінальну силу струму 130 А. Його функціональним завданням є підтримання заряду акумуляторів, задіяних у високовольтній мережі, та компенсація витрат енергії під час роботи силових агрегатів.
- Генератор контуру 12 В має підвищену потужність із номінальним струмом 145 А, що обумовлено високою сумарною тривалістю роботи приладів постійного освітлення, склоочисників та систем індикації автопоїзда.

Для моніторингу працездатності джерел живлення головна приладова панель обладнана дубльованою системою вольтметрів:

- Калібрований показчик напруги контуру 12 В відображає поточний рівень вихідної напруги першого генератора та стан відповідних плечей АКБ.
- Показчик напруги контуру 24 В здійснює безперервну телеметрію високовольтного ланцюга.

Захист бортових електричних ланцюгів від струмів короткого замикання та теплового перевантаження реалізовано за допомогою автоматичних автоматично-поворотних вимикачів. Використання біметалевих запобіжників із функцією автоматичного відновлення підвищує живучість тягача, унеможливаючи тривалу відмову критичних систем через короточасні стрибки навантаження. Транспортування та розподіл електричної енергії до периферійних вузлів та аксесуарів забезпечується за допомогою захищених кабельних джгутів.

1.3. Пневматична система

Пневматична система транспортного засобу функціонує в робочому діапазоні тиску 120–125 psi (827–862 кПа / 0,83–0,86 МПа). Атмосферне повітря всмоктується через загальний повітряний тракт ДВЗ, проходячи контроль ступеня забруднення за допомогою індикатора обмеження повітряного фільтра і надходить до компресора.

Процес термодинамічної підготовки повітряного потоку від компресора з метою захисту виконавчих механізмів від корозії, заклинювання та замерзання конденсату розділено на три послідовні фази.

Первинне охолодження: стиснуте високотемпературне повітря від компресора спрямовується в післяохолоджувач повітря, де відбувається зниження його температури та початкова конденсація вологи.

ПНЕВМАТИЧНА СИСТЕМА

Пневмосистема забезпечує роботу гальм, підвіски, системи регулювання тиску в шинах (CTIS), блокування, допоміжного обладнання та інших пневматичних споживачів.



КАБІНА ВОДІЯ



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- Потік стисненого повітря
- Охолоджене повітря
- Розподіл повітря
- Лінія продувки
- Внутрішні з'єднання між ресиверами

КОНТРОЛЬ ТИСКУ



Тиск у ресивері 4 (зелена стрілка)
Живить передню сервісну гальмієну систему та допоміжне обладнання.



Тиск у ресиверах 5, 6, 7 (червона стрілка)
Живить задні гальма, CTIS та пневмопідвіску.

13 ІНДИКАТОР LOW AIR

Спрацює при тиску в системі нижче 60 psi (414 кПа).



14 ІНДИКАТОР ЗАСМІЩЕННЯ ПОВІТРООЧИСНИКА

Показує, що потік повітря через повітроочисник обмежений.

1 ПОВІТРЯНИЙ КОМПРЕСОР

Приводиться від двигуна. Створює стиснене повітря для системи.



8 ПІСЛЯОХОЛОДЖУВАЧ

Охолоджує стиснене повітря.



9 КОАЛЕСЦЕНТНИЙ ФІЛЬТР

Видаляє частинки оливи та конденсат.



10/11 ОСУШУВАЧІ ПОВІТРЯ

Осушують повітря та видаляють вологу.



2 РЕСИВЕР ПРОДУВКИ

Подає повітря для продувки осушувачів (10 і 11) та післяохолоджувача (8).



3 РЕСИВЕР 3 (УПРАВЛІННЯ КОМПРЕСОРОМ)

Тиск у ресивері контролює роботу компресора. Подає повітря до ресиверів 4, 5, 6, 7 та до CTIS.



4 РЕСИВЕР 4

Подає повітря на:

- робочі гальма передньої осі
- стоянкові гальма
- блокування роздавальної коробки та міжосьові
- натягувачі троса лебідки
- омивачі скла, сигнали

5 РЕСИВЕР 5



6 РЕСИВЕР 6



7 РЕСИВЕР 7



Ресивери 5, 6, 7 з'єднані між собою та відокремлені від ресивера 4 зворотними клапанами.

Подають повітря на:

- систему CTIS
- робочі та стоянкові гальма задніх осей
- пневмопідвіску

ПНЕВМОПІДВІСКА ЗАДНІХ ОСЕЙ



16 КЛАПАНИ РЕГУЛЮВАННЯ ВИСОТИ (лівий та правий бік)
Регулюють тиск у пневмоподушках залежно від навантаження.

17 РОЗДАВАЛЬНА КОРОБКА

Подача повітря забезпечує виключення повного приводу (високий або низький діапазон).
Пілотний клапан блокування міжосьових диференціалів запобігає випадковому блокуванню на високих передачах.



ПРИМІТКА

Продувка осушувачів (10 і 11) відбувається автоматично при досягненні тиску 125 psi (862 кПа) у системі. Компресор зупиняється, і повітря з ресивера продувки (2) очищає осушувачі від накопиченої вологи через зливні клапани.

Рис.1.2. Будова пневматичної системи вантажного автомобіля категорії N3

Коалесцентна фільтрація: у коалесцентному фільтрі здійснюється сепарація дрібнодисперсних крапель моторної оливи та зважених часток, що запобігає заклинюванню клапанних механізмів.

Адсорбційне осушення: очищений повітряний потік проходить крізь подвійні вологовідділювачі-осушувачі повітря.

Для забезпечення безперервної адсорбційної здатності осушувачів у системі реалізовано автоматичний цикл регенерації (продування) зворотним потоком за допомогою спеціального продувного ресивера.

Логіка керування компресором: датчик тиску, інтегрований у первинний ресивер № 3, безперервно відстежує параметри системи. При досягненні верхнього ліміту тиску 125 psi (862 кПа) робочий цикл компресора призупиняється (переведення в режим холостого ходу).

Алгоритм регенерації: у момент відключення компресора автоматично відкриваються клапани в нижній частині осушувачів повітря. Сухе стиснене повітря з продувного ресивера № 2 розширюється і рухається у зворотному напрямку крізь вологовідділювачі та проміжний охолоджувач, примусово видаляючи накопичену вологу, емульсію та забруднення в атмосферу. Залишковий конденсат, що не був усунутий осушувачами, сепарується безпосередньо в ресиверах за допомогою дренажних клапанів під час регламентного ТО.

Для підвищення строку експлуатації транспортного засобу за умов інтенсивного експлуатаційного пошкодження, пневмосистема розділена на ізольовані контури за допомогою системи зворотних і запобіжних клапанів. Ресивер № 3 виконує роль головного живильника, з якого повітря розподіляється на два незалежні магістральні блоки:

Ресивери № 5, № 6 та № 7 жорстко взаємопов'язані між собою і відокремлені від інших контурів зворотними клапанами. Вони забезпечують функціонування найбільш навантажених вузлів:

- Робочої та стоянкової гальмових систем осей заднього тривісного візка (тридема).
- Системи пневматичної підвіски задніх осей, яка містить дві пари пружин підвіски на кожну вісь. Автоматичне регулювання тиску (накачування/здування) залежно від поточної маси корисного навантаження здійснюється двома (лівим та правим) клапанами регулювання висоти.
- Подачі повітря до централізованої системи регулювання тиску в шинах (CTIS).

Ресивер № 4 (контур передньої осі та допоміжних систем) є повністю ізолюваним від блока заднього візка і здійснює енергозабезпечення таких компонентів:

- Робочих гальмівних механізмів передньої керованої осі (вісь № 1).
- Аварійної стоянкової гальмової системи заднього візка.
- Виконавчих пневмоприводів роздавальної коробки (активація повного привода у високому чи низькому діапазонах передач) та міжвісьових/міжколісних блокування диференціалів. Безпека трансмісії додатково контролюється пілотним клапаном блокатора, який унеможлиблює випадкове увімкнення жорстких блокування на високих швидкостях руху.
- Допоміжних систем: пневмоциліндрів натягу, системи омивача вітрового скла та пневматичних звукових сигналів.

Зниження тиску в контурах менше 60 psi (414 кПа) тригерує аудіо- та світлову сигналізацію. Подальший рух заборонено через загрозу відмови робочих гальм та заклинювання пружинних енергоаккумуляторів.

1.4. Система централізованого регулювання тиску шин

Централізована система регулювання тиску в шинах (CTIS) призначена для динамічної зміни опорно-зчепних та прохідних властивостей важкого колісного тягача (автопоїзда) шляхом адаптації площі контакту шини з поверхнею. Система дозволяє оператору вибирати один із чотирьох зумовлених режимів тиску залежно від типу дорожнього покриття (транспортна магістраль, пересічена місцевість, пісок, екстремальний режим).

З метою запобігання руйнуванню каркаса шини від перегріву та відцентрових навантажень, кожен режим тиску жорстко корелює з гранично допустимою швидкістю руху. Логіка електронного контролера безперервно аналізує середню швидкість транспортного засобу. У разі перевищення встановленого швидкісного ліміту для поточного режиму, система безпеки активує сигналізацію на блоці керування, інформуючи оператора про необхідність зниження швидкості або переходу на вищий режим тиску.

Конструктивний комплекс CTIS інтегрує п'ять базових компонентів: електронний контролер, силовий розподільник (блок клапанів), розподільний блок, повітряні магістралі та колісні запірні клапани.

Електронний контролер інтегрований у головну приладову панель кабіни, містить мікропроцесорний блок, органи керування (світлові комутатори) та світлодіодні індикатори стану.

Силовий колектор розташований під сидінням водія, є виконавчим гідропневматичним вузлом, який містить: електропневматичний клапан, що відкриває доступ стисненому повітрю для підвищення тиску в шинах, клапан дефляції - відповідає за кероване скидання повітря з коліс для зниження тиску, швидкокорознімний випускний клапан перебуває в закритому стані під час вимірювання, інфляції чи дефляції. Наприкінці кожного робочого циклу клапан миттєво відкривається для скидання залишкового тиску з магістралей системи, що

забезпечує автоматичне закриття колісних клапанів, датчик тиску - прецизійний аналого-цифровий перетворювач, який безперервно транслює дані про поточний тиск у систему контролера. Вимикач низького тиску - апаратний захисний елемент, що ізолює CTIS від пневмосистеми шасі.

Розподільний блок розміщений безпосередньо під силовим розподільником (колектором), виконує функцію просторового розгалуження повітряних потоків до ліній відповідних осей.

Повітряні магістралі - сталеві та гнучкі полімерні трубопроводи, що проходять крізь вузли колісних осей та маточні поворотні з'єднання.

Колісні запірні клапани змонтовані безпосередньо на дисках коліс. Робочий тиск у повітряних магістралях присутній виключно в моменти моніторингу або коригування тиску (тривалістю кілька хвилин приблизно один раз на 15 хвилин). Увесь інший час магістралі залишаються розвантаженими (тиск близький до атмосферного), а колісні клапани перебувають у герметично закритому стані, що унеможливорює втрату тиску в шинах у разі пошкодження рухомих з'єднань чи трубопроводів.

Живлення CTIS стисненим повітрям здійснюється від головного ресивера № 3 пневмосистеми автомобіля. Пріоритетом безпеки вантажівки є збереження працездатності гальмівної системи.

Якщо тиск у гальмівних контурах та ресиверах шасі опускається нижче позначки 85 psi (586 кПа), вимикач низького тиску негайно знеструмлює та перекидає подачу повітря до CTIS.

Для запобігання циклічному увімкненню/вимкненню системи при незначних коливаннях тиску, повторний запуск та відновлення роботи CTIS дозволяється лише після регенерації тиску в ресиверах шасі до рівня 110 psi (758 кПа) або вище. Система також автоматично блокується при аварійному вимкненні бортової електромережі.

СИСТЕМА ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ В ШИНАХ (СТІС)

СТІС дозволяє автоматично регулювати тиск у шинах для покращення прохідності, безпеки та ресурсу шин. Керування здійснюється з кабіни водія.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- Подача стисненого повітря
- Подача/скид повітря до коліс
- Сигнал/керування (електричні)
- Сигнал/контроль тиску

БЛОК УПРАВЛІННЯ СТІС (2)

Розташований у кабіні водія. Керує роботою системи, відображає тиск і стан.



ІНДИКАЦІЯ НА ПАНЕЛІ



Тиск у ресивері 4 (зелена стрілка). Показує тиск для передніх гальм, допоміжних систем та обладнання.



Тиск у ресиверах 5, 6, 7 (червона стрілка). Показує тиск для задніх гальм, СТІС та пневмопідвіски.

13 ІНДИКАТОР LOW AIR

Світиться червоним і лунає звуковий сигнал, якщо тиск у системі < 60 psi (414 кПа).

14 ІНДИКАТОР ЗАСМІЩЕННЯ ПОВІТРООЧИСНИКА

Повідомляє про обмеження потоку повітря у фільтрі.

ПРИНЦИП РОБОТИ СТІС



1. СИСТЕМА АКТИВНА
СТІС підтримує тиск у системі моніторингу та регулювання кожні ~15 хвилин.



2. РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ
Колісні клапани (8) відкриваються або закриваються для збільшення чи зменшення тиску.



3. ЦИКЛ ЗАВЕРШЕНО
Після завершення циклу відкривається клапан швидкого скиду (7) для видалення повітря з системи.



4. ПЕРЕВІРКА ГЕРМЕТИЧНОСТІ
Якщо тиск не тримається — система виникається, а на панелі з'являється індикатор LOW AIR (13).

1 ПОВІТРЯНИЙ КОМПРЕСОР
Приводиться від двигуна. Стискає повітря для системи.

8 ПІСЛЯОХОЛОДЖУВАЧ
Охолоджує стиснене повітря.

9 КОАЛЕСЦЕНТНИЙ ФІЛЬТР
Видаляє частинки оливи та конденсат.

10/11 ОСУШУВАЧІ ПОВІТРЯ
Осушують повітря та видаляють вологу.

2 РЕСИВЕР ПРОДУВКИ
Подає повітря для продувки осушувачів (10 і 11) та післяохолоджувача (8).

3 РЕСИВЕР 3 (КЕРУВАЛЬНИЙ)
Контролює тиск у системі (через датчик). Подає повітря до ресиверів 4, 5, 6, 7 і до системи СТІС.

4 РЕСИВЕР 4
Подає повітря до:
• гальм передньої осі (робочі)
• стоянкових гальм (задні)
• блокувань міжосьових диференціалів, роздавальної коробки
• натягувачів і кик-аутів лебідки
• омивачів, сигналів

5 РЕСИВЕР 5

6 РЕСИВЕР 6

7 РЕСИВЕР 7

Ресивери 5, 6 і 7 з'єднані між собою та відокремлені від ресивера 4 зворотними клапанами. Подають повітря до:
• системи СТІС
• гальм задніх осей (робочі та стоянкові)
• пневмопідвіски

ПНЕВМАТИЧНІ КОЛІСНІ КЛАПАНИ (8)
Встановлені на кожному колесі. Відкриваються або закриваються залежно від команд СТІС.

15 ПНЕВМОПОДУШКИ ПІДВІСКИ
По дві подушки на кожній задній осі. Автоматично надуваються або спускаються залежно від навантаження.

16 КЛАПАНИ РЕГУЛЮВАННЯ ВИСОТИ
(ліворуч і праворуч)
Регулюють тиск у пневмоподушках залежно від навантаження.

17 РОЗДАВАЛЬНА КОРОБКА
Повітря забезпечує включення повного приводу (високий/низький ряди). Пневмоклапан також запобігає включенню міжосьових блокувань на високих передачах.

11 ПОРТОВИЙ БЛОК (РОЗПОДІЛЬНИК)
Під'єднаний до повітряних ліній (12) до мостів. Розподіляє повітря до колісних клапанів (8).

12 ПОВІТРЯНІ ЛІНІЇ
Передають повітря від портного блока (11) до колісних клапанів (8).

УМОВИ РОБОТИ

- ✓ СТІС працює при тиску системи ≥ 85 psi (586 кПа).
- ✓ Перезапуск системи можливий при тиску ≥ 110 psi (758 кПа).
- ✓ Якщо живлення втрачено або тиск < 85 psi — подача повітря до СТІС припиняється.
- ✓ Поза режимом контролю тиск у лініях відсутній, клапани (8) закриті.

Рис. 1.3. Будова системи централізованого регулювання тиску в шинах.

У систему інтегровано автоматичні підпрограми виявлення витоків та температурної компенсації:

Під час запуску системи швидкорознімний клапан закривається, а клапан інфляції відкривається для створення тестового тиску в контурі. Якщо датчик тиску фіксує нездатність системи досягти або підтримати номінальний тиск (наявність великого розриву магістралі або критичного проколу), CTIS автоматично вимикається, а на кабінному контролері активується індикатор низького тиску повітря.

Після завершення будь-якого циклу коригування тиску мікропроцесор запускає внутрішній таймер. Якщо протягом наступних 15 хвилин зовнішніх команд не надходить, автоматично ініціюється короткий тестовий цикл перевірки. Система вимірює фактичний тиск у шинах і за потреби виконує мікроінфляцію. Цей алгоритм суттєво підвищує ресурс коліс, оскільки компенсує природне зниження тиску при охолодженні нагрітих шин після тривалого руху, а також підтримує працездатність коліс за наявності повільних (дрібних) проколів.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ПЛАНОВОГО ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ КАТЕГОРІЇ N3

2.1. Загальні положення

Планове технічне обслуговування вантажних автомобілів категорії N3 (тягачів, автопоїздів) доцільно виконувати за принципом послідовного кругового обходу транспортного засобу. Огляд рекомендується розпочинати з передньої лівої частини автомобіля та здійснювати переміщення навколо тягача проти годинникової стрілки. Такий підхід забезпечує системність контролю технічного стану та мінімізує ймовірність пропуску окремих вузлів або агрегатів.

Для оптимізації трудомісткості технічного обслуговування допускається не дублювати операції контролю, якщо одна й та сама процедура вже була виконана в межах щотижневого обслуговування і транспортний засіб продовжує експлуатацію в межах відповідного міжсервісного періоду.

1. Передня ліва частина транспортного засобу.

Інтервал контролю: перед виїздом

Під час зовнішнього огляду необхідно перевірити елементи конструкції на наявність механічних пошкоджень, деформацій або інших дефектів, що можуть негативно вплинути на працездатність транспортного засобу. Додатково здійснюється контроль простору під тягачем з метою виявлення витоків робочих рідин.

Транспортний засіб вважається непридатним до експлуатації у випадку, якщо пошкодження будь-якого елемента унеможливило його безпечне використання.

Під час контролю світлопрозорих елементів кабіни необхідно оцінити цілісність вітрового скла, а також перевірити технічний стан важелів і щіток склоочисників та їхню працездатність.

Експлуатація забороняється за наявності відсутніх або пошкоджених елементів системи склоочищення.

Система охолодження двигуна перевіряється шляхом контролю рівня охолоджувальної рідини через оглядове вікно радіатора. За необхідності виконується доливання рідини до нормативного рівня.

Невідповідність рівня охолоджувальної рідини встановленим вимогам є підставою для заборони експлуатації.

2. Лівий борт.

Інтервал контролю: перед виїздом.

Шини підлягають візуальному контролю на предмет недостатнього тиску, механічних пошкоджень та загального технічного стану.

Транспортний засіб визнається непридатним до роботи у випадку відсутності шини, її розгерметизації або критичного зношування.

Під час перевірки паливно-водяного сепаратора контролюється герметичність системи та відсутність механічних пошкоджень.

Наявність витоків палива III класу є критичною несправністю та виключає подальшу експлуатацію.

Інтервал контролю: після виїзду.

Контроль планетарних маточин коліс виконується шляхом оцінювання температурного стану корпусів методом дотику та візуального огляду на наявність пошкоджень. Перегрів хоча б однієї маточини порівняно з іншими свідчить про несправність вузла.

Після завершення рейсу здійснюється детальний огляд шин на предмет порізів, тріщин, проколів та сторонніх предметів, здатних спричинити руйнування колеса під навантаженням.

Особлива увага приділяється повітряним ресиверам пневматичної системи. При заглушеному двигуні перевіряється відсутність витоків стисненого повітря, після чого виконується злив конденсату через дренажні клапани. Будь-яка негерметичність пневмосистеми є підставою для виведення тягача з експлуатації.

3. Задня частина та зчіпний пристрій.

Інтервал контролю: перед виїздом.

Сідельно-зчіпний механізм перевіряється на справність затискних кулачків, фіксувальних елементів та замкових механізмів. Необхідно переконатися у правильності фіксації кулачків у відкритому положенні. Несправність замкових механізмів або деформація кулачків унеможливилює подальшу експлуатацію автопоїзда.

Пневматичні та електричні з'єднання між тягачем і напівпричепом перевіряються на надійність кріплення, герметичність та відсутність механічних пошкоджень.

Експлуатація забороняється у випадку неможливості надійного з'єднання або виявлення витоків повітря.

4. Правий борт

Інтервал контролю: перед виїздом.

Виконується візуальний контроль елементів конструкції та простору під автомобілем для виявлення пошкоджень або витоків робочих рідин.

Додатково перевіряється технічний стан шин та рівень їхнього тиску.

Інтервал контролю: після виїзду

Проводиться контроль температурного стану планетарних маточин, герметичності повітряних ресиверів та злив конденсату з пневматичної системи.

Окремо перевіряється запасне колесо: оцінюється надійність його кріплення, цілісність та придатність до подальшого використання.

5. Передня частина тягача.

Інтервал контролю: перед виїздом.

Під час огляду перевіряється стан зовнішніх елементів конструкції та відсутність витоків робочих рідин у передній частині автомобіля.

Інтервал контролю: після виїзду.

Контроль системи мащення двигуна здійснюється за допомогою вимірювального щупа. Рівень мастильного матеріалу повинен відповідати нормативним позначкам залежно від температурного стану двигуна.

Також перевіряється герметичність трубопроводів та відсутність витоків оливи.

Наявність витоків III класу або зниження рівня оливи нижче мінімально допустимого значення є критичною несправністю.

6. Кабіна та приладова панель

Інтервал контролю: перед виїздом.

Вогнегасник перевіряється на наявність, справність, відповідність робочому тиску та цілісність пломбувальних елементів.

Паски безпеки контролюються на предмет надійності фіксації та працездатності механізмів блокування.

Сидіння водія перевіряється на функціонування механізмів регулювання та фіксації.

Після запуску двигуна контролюються параметри роботи силового агрегату та допоміжних систем: частота обертання холостого ходу, тиск оливи, температура охолоджувальної рідини, тиск у пневмосистемі, напруга акумуляторних батарей, а також температурний режим трансмісії.

Відхилення контрольних параметрів від установлених нормативів або несправність сигнальних систем є підставою для заборони експлуатації.

7. Контроль гальмової системи.

Інтервал контролю: перед виїздом.

Перевірка робочої гальмової системи виконується під час контрольного руху транспортного засобу з подальшим плавним гальмуванням. Автомобіль повинен зберігати прямолінійність руху без вібрацій та відведення вбік.

Стоянкове гальмо перевіряється шляхом утримання транспортного засобу на ввімкненій передачі при роботі двигуна на холостому ході.

Окремо контролюється функціонування гальмової системи причепа за допомогою ручного керування. Відмови або недостатня ефективність гальмівної системи є критичними несправностями.

8. Щотижневе технічне обслуговування.

У межах щотижневого контролю здійснюється перевірка стану акумуляторних батарей, рівня електроліту та чистоти контактних клем.

Лебідкові механізми (у разі наявності) перевіряються на герметичність гідросистеми та стан металевого троса відповідно до допустимих норм пошкодження канатів.

Проводиться контроль елементів вихлопної системи, натягу приводних пасів генератора, стану карданних валів, рульових тяг, амортизаторів та несучої рами.

Додатково перевіряється працездатність газосигналізатора, герметичність його магістралей та читабельність інформаційних табличок і маркувань транспортного засобу.

2.2. Алгоритм планового технічного обслуговування вантажного автомобіля категорії N3

На основі регламентів, керівництв протоколів технічного обслуговування вантажних автомобілів категорії N3, розроблених ведучими виробниками, розроблений відповідний алгоритм планового ТО, який може слугувати швидким керівництвом по виконанню операцій ТО (рис.2.1). Перевагою розробленого алгоритмічного підходу, на відміну від існуючого нормативно-технологічного забезпечення (технологічних карт), є відображення динамічної архітектури прийняття рішень під час реалізації конкретних операцій ТО у взаємозв'язку з усіма елементами загальної системи експлуатації.

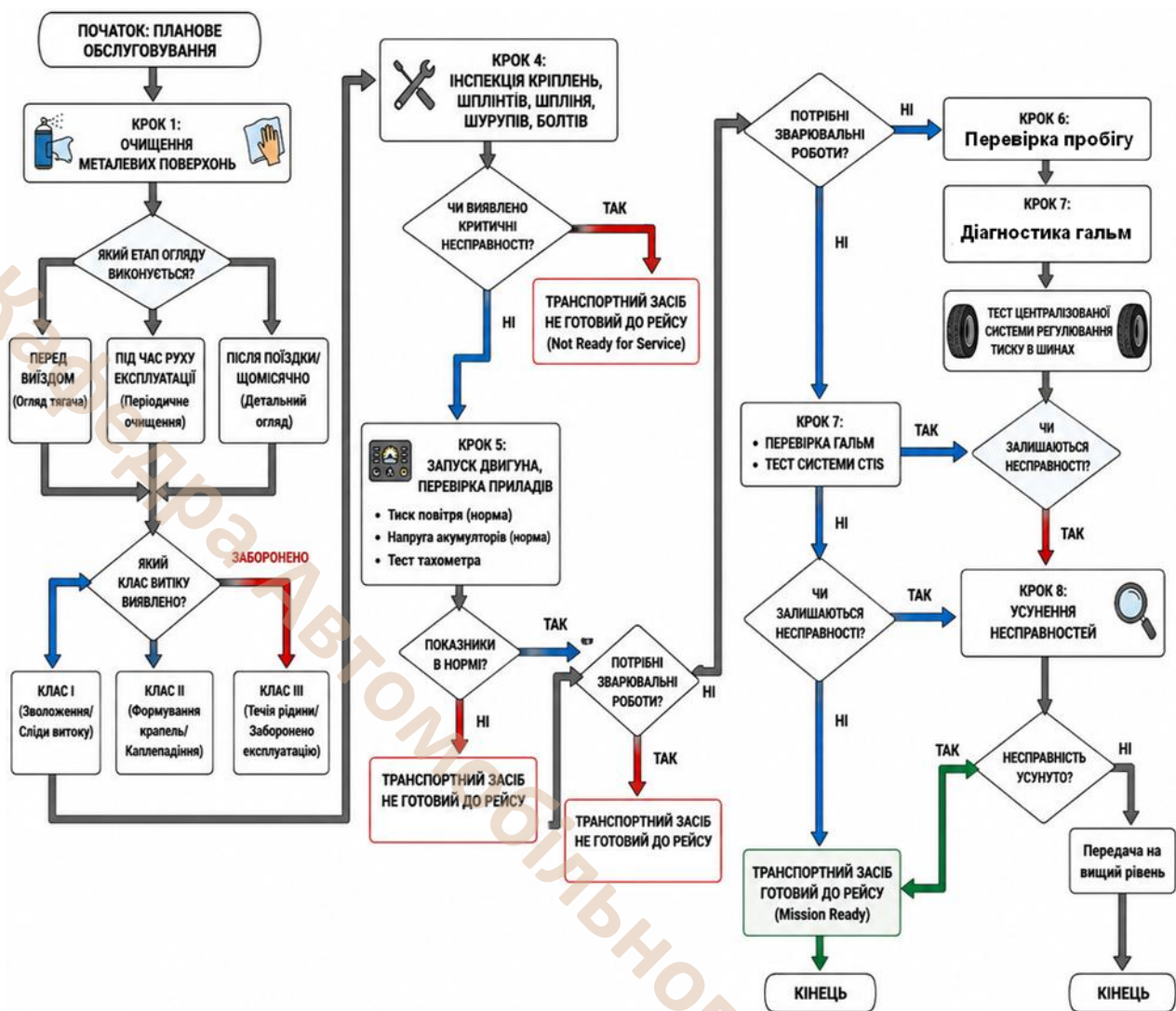


Рис.2.1. Алгоритм планового ТО вантажного автомобіля категорії N3

2.3. Модель системи планового (превентивного) технічного обслуговування вантажного автомобіля категорії N3

Комплексна система планового технічного обслуговування може бути представлена функціоналом:

$$E_{TO} = f(S, \lambda, v, W, L_{TO}, C)$$

де $E_{\text{ТО}}$ – ефективність системи ТО; S – технічний стан АТЗ; λ – інтенсивність відмов; v – коефіцієнт технічної готовності; W – ступень зношування; $L_{\text{ТО}}$ – періодичність ТО; C – експлуатаційні умови.

Загальний технічний стан автомобіля можна подати у вигляді інтегральної функції:

$$S(t) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i(t)$$

$S(t)$ – інтегральний показник технічного стану; w_i – ваговий коефіцієнт важливості i -го вузла; $x_i(t)$ – поточний стан i -го вузла; n – кількість контрольованих елементів.

Для оцінювання ефективності системи технічного обслуговування використовується коефіцієнт готовності:

$$v = \frac{T_p}{T_p + T_{\text{ТО}} + T_{\text{рем}}}$$

T_p – час у працездатному стані; $T_{\text{ТО}}$ – тривалість ТО; $T_{\text{рем}}$ – час ремонту.

Для оцінювання надійності транспортного засобу в міжсервісний період застосовується відома експоненціальна модель:

$$P(t) = e^{-\lambda t}$$

$P(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи, t – час експлуатації.

Інтервал проведення ТО може визначатися за залежністю:

$$L_{\text{ТО}} = L_{\text{б}} \cdot k_{\text{д}} \cdot k_{\text{к}} \cdot k_{\text{н}}$$

$L_{\text{то}}$ – скоригований інтервал технічного обслуговування; L_6 – базовий нормативний пробіг; k_d – коефіцієнт дорожніх умов; k_k – кліматичний коефіцієнт; k_n – коефіцієнт навантаження.

Зношування вузлів у процесі експлуатації можна описати функцією:

$$W = k \cdot L^m$$

W – величина зношування; k – коефіцієнт умов експлуатації; L – пробіг автомобіля; m – показник інтенсивності зношування.

Для оцінювання впливу температури на ресурс оливи використовується залежність типу Арреніуса:

$$V = V_0 \cdot e^{-\alpha(T-T_0)}$$

V – в'язкість оливи при температурі T ; V_0 – базова в'язкість; α – температурний коефіцієнт; T_0 – еталонна температура; T – поточна температура.

Умову допуску тягача до рейсу можна подати логічною функцією:

$$R = \begin{cases} 1, & \text{якщо значення в допустимих межах,} \\ 0, & \text{якщо виявлено критичну несправність} \end{cases}$$

$R=1$ – транспортний засіб придатний до експлуатації; $R=0$ – експлуатація заборонена.

Приклад розрахунку експлуатаційно-технічних показників на прикладі тягача категорії N3 представлено нижче.

1. Коефіцієнт використання вантажопідйомності.

Максимальна допустима маса тягача:

$$GVWR = 39044 \text{ кг}$$

Власна маса тягача:

$$G_c = 17665 \text{ кг}$$

Тоді корисне навантаження:

$$Q = GVWR - G_c$$

$$Q = 39044 - 17665 = 21379 \text{ кг}$$

Коефіцієнт використання маси:

$$K_{\text{вм}} = \frac{Q}{GVWR}$$

$$K_{\text{вм}} = \frac{21379}{39044} = 0,548$$

Отже, приблизно 54.8% повної маси припадає на корисне навантаження.

2. *Питома потужність тягача.*

Потужність двигуна:

$$N_e = 373 \text{ кВт}$$

Повна маса:

$$G = 39044 \text{ кг}$$

Питома потужність:

$$N_{\text{пит}} = \frac{N_e}{G}$$

$$N_{\text{пит}} = \frac{373}{39,044} = 9,55 \text{ кВт/т}$$

Для автопоїзда при GCWR:

$$G_{\text{авт}} = 105056 \text{ кг}$$

$$N_{\text{пит(авт)}} = \frac{373}{105,056} = 3,55 \text{ кВт/т}$$

3. Коефіцієнт осьового навантаження.

Середнє навантаження на вісь:

$$G_{\text{ось}} = \frac{39044}{4} = 9761 \text{ кг}$$

Максимальне фактичне навантаження:

$$G_{\text{max}} = 9998 \text{ кг}$$

Коефіцієнт нерівномірності:

$$K_{\text{нер}} = \frac{G_{\text{max}}}{G_{\text{ось}}}$$

$$K_{\text{нер}} = \frac{9998}{9761} = 1,024$$

Розподіл навантаження є близьким до оптимального.

4. Коефіцієнт прохідності.

Для оцінки прохідності використовується кліренс і радіус колеса.

Радіус шини:

$$R = \frac{16.00 \times 25.4}{2} = 203,2 \text{ мм}$$

Повний зовнішній діаметр:

$$D \approx 1340 \text{ мм}$$

Коефіцієнт прохідності:

$$K_{\text{пр}} = \frac{h}{D}$$

де:

$$h = 404 \text{ мм}$$

$$K_{\text{пр}} = \frac{404}{1340} = 0,301$$

Для важкого тягача даний високий показник геометричної прохідності.

5. Питомий тиск на опорну поверхню.

Навантаження на одне заднє колесо при GVWR:

$$G_k = 5027 \text{ кг}$$

Тиск у шині:

$$P = 517 \text{ кПа}$$

Орієнтовна площа контакту:

$$A = \frac{G_k \cdot 9,81}{P}$$

$$A = \frac{5027 \times 9,81}{517000}$$

$$A = 0,095 \text{ м}^2$$

Питомий тиск:

$$q = \frac{G_k \cdot 9,81}{A}$$

$$q \approx 517 \text{ кПа}$$

При зниженні тиску у системі підкачки шин до 276 кПа площа контакту збільшується майже вдвічі.

6. Коефіцієнт запасу тягового зусилля.

Крутний момент двигуна:

$$M_e = 1993 \text{ Н\м}$$

Передаточне число мостів:

$$i = 7,36$$

Тяговий момент на колесах:

$$M_k = M_e \cdot i$$

$$M_k = 1993 \times 7,36$$

$$M_k = 14668 \text{ Н\м}$$

Високий запас тяги на малих швидкостях забезпечено.

7. Розрахунок коефіцієнта технічної готовності.

Прийmemo:

- час роботи за цикл:

$$T_p = 300 \text{ год}$$

- час ТО:

$$T_{\text{то}} = 18 \text{ год}$$

- середній ремонт:

$$T_{\text{рем}} = 12 \text{ год}$$

Тоді:

$$v = \frac{T_p}{T_p + T_{\text{то}} + T_{\text{рем}}}$$

$$v = \frac{300}{300 + 18 + 12}$$

$$v = 0,909$$

Технічна готовність становить приблизно 90,9%.

8. Імовірність безвідмовної роботи.

Прийmemo інтенсивність відмов:

$$\lambda = 0.00045 \text{ год}^{-1}$$

Для 300 год експлуатації:

$$P(t) = e^{-\lambda t}$$

$$P(t) = e^{-0.00045 \times 300}$$

$$P(t) = 0,874$$

Ймовірність безвідмовної роботи становить 87,4%.

9. Оцінка паливної автономності.

Запас ходу:

$$L = 523 \text{ км}$$

Якщо середня витрата:

$$Q = 210 \text{ л/100 км}$$

Тоді необхідний об'єм палива:

$$V = \frac{L \cdot Q}{100}$$

$$V = \frac{523 \times 210}{100}$$

$$V = 1098 \text{ л}$$

Сумарна місткість двох баків становить приблизно 1100 л.

10. Узагальнений критерій ефективності експлуатації.

Інтегральний показник ефективності:

$$E = \frac{K_{\Gamma} \cdot P(t) \cdot N_{\text{пит}}}{C_{\text{то}}}$$

де $K_{\Gamma} = 0,909$; $P(t) = 0,874$; $N_{\text{пит}} = 9,55$; $C_{\text{то}}$ - відносні витрати на ТО.

За умов нормалізації:

$$E \approx 7,58$$

Розрахований показник свідчить про високий рівень технічної ефективності тягача при дотриманні системи планового технічного обслуговування.

2.4. Висновки до розділу 2

1. Розроблений алгоритм планового ТО, на відміну від статичних технологічних карт, характеризується динамічною архітектурою прийняття рішень, що дозволяє оперативно оцінювати придатність тягача до рейсу за допомогою бінарної логічної функції ($R = 1$ або $R = 0$) на кожному етапі контролю.

2. Математичне моделювання тягача категорії N3 доводить, що превентивне зниження тиску за допомогою централізованої системи шинопідкачування (CTIS) до 276 кПа збільшує площу контакту майже вдвічі, суттєво знижує питомий тиск на поверхню, запобігає самозариванню автомобіля та є ключовим інструментом підвищення опорно-зчепної прохідності в аридних (пісок) та арктичних (глибокий сніг) умовах експлуатації.

3. Розрахований коефіцієнт технічної готовності дорівнює 0,909, що показує, що транспортний засіб перебуває у працездатному стані приблизно 90,9% всього операційного часу. Це підтверджує високу ремонтпридатність конструкції та збалансованість часових витрат на планове ТО і поточний ремонт.

4. Відповідно до експоненціальної моделі надійності, ймовірність безвідмовної роботи в міжсервісний період тривалістю 300 год. становить 0,874. Отримане значення вказує на стабільність функціонування систем автомобіля, проте підкреслює необхідність суворого дотримання розробленого щотижневого та щорейсового регламентів обслуговування для запобігання раптовим відмовам.

РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ КАТЕГОРІЇ N3 В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ

3.1. Експлуатація в умовах аридного типу клімату

Експлуатація важких транспортних засобів категорії N3 (повна маса понад 12 тонн) у пустельних регіонах пов'язана з агресивним впливом навколишнього середовища. Поєднання високих температур, абразивного пилю та нестабільних типів покриття (пісок, солончаки, сухий мул) створює критичні навантаження на всі системи автомобіля. Моделювання технічних процесів у таких зонах базується на синергії трьох ключових чинників: термодинамічному (екстремальна спека), механічному (пил та абразив) та геомеханічному (маневрування на нестабільних ґрунтах).

Одним із найбільш деструктивних кліматичних факторів пустелі є різке коливання температури навколишнього середовища протягом доби, яке може досягати 21 °C між денним максимумом і нічним мінімумом. Такі температурні цикли викликають явище *термічної втоми* матеріалів та суттєво впливають на об'ємні показники робочих середовищ.

При нагріванні всі технічні рідини (дизельне паливо, моторні та трансмісійні оливи, охолоджувальні та гідравлічні рідини) суттєво розширюються, а при нічному охолодженні — стискаються. Аналогічні процеси відбуваються з повітрям у пневматичній системі гальм та всередині шин.

З метою запобігання переливанню палива, зриву ущільнювальних манжет та розгерметизації контурів внаслідок теплового розширення, заповнення паливних баків та технологічних резервуарів до максимального рівня суворо заборонено. Обов'язковим є залишення демпферного (повітряного) об'єму не менше ніж на 5–10% від загальної місткості резервуара.

Різкі температурні перепади порушують стабільність роботи високоточного обладнання. Бортові комп'ютери, датчики тиску й температури, електронні блоки керування (ЕБУ) двигуном та елементи паливної апаратури (особливо системи Common Rail) зазнають мікродеформацій через різницю коефіцієнтів теплового розширення металів та пластмас. Це вимагає збільшення частоти калібрування, діагностики та технічного регулювання приладів.

Підвищена запиленість повітря є головною причиною прискореного абразивного зношування рухомих деталей. Пустельний пил містить високий відсоток діоксиду кремнію (SiO_2), який за твердістю наближається до кварцу.

Потрапляння мікрочастинок пилу у циліндро-поршневу групу (ЦПГ) діє як наждачний матеріал, що в рази прискорює зношування поршневих кілець та дзеркала циліндрів. У пустельних умовах стандартні паперові повітряні фільтри вантажних автомобілів N3 забиваються впродовж кількох годин роботи, що призводить до «кислородного голодування» двигуна, втрати потужності та підвищення витрати палива. Необхідно застосовувати двоступеневі системи очищення з мультициклонами (відцентровими передфільтрами).

Пил накопичується у роз'ємах електропроводки, що за умов високої вологості вночі призводить до утворення токопровідних містків та замикань. Крім того, пил змішується зі змащувальними матеріалами на відкритих з'єднаннях (карданні вали, сидельно-зчіпні пристрої), перетворюючи мастило на руйнівну абразивну пасту.

Рух важкого сидельного автопоїзда категорії N3 по пустельному ландшафту підпорядковується специфічним правилам кінематики та динаміки.

Великогабаритні вантажівки з напівпричепами мають властивість «зрізати» кути під час поворотів (задні колеса йдуть по меншому радіусу, ніж передні). На піщаному покритті це створює колосальний додатковий опір руху, оскільки колеса напівпричепа не йдуть по вже ущільненій колії тягача, а прокладають нову схему просідання.

Для запобігання застряганню та перекиданню (ураховуючи високий центр ваги техніки N3) водій повинен:

1. Заходити на поворот по максимально широкій дузі (глибокий захід на перехрестя).
2. Уникати різких рухів рульовим колесом, оскільки передні колеса можуть втратити зчеплення і почати працювати як бульдозерний відвал, зариваючись у пісок.

Рух заднім ходом повністю контролюється лінійним регулювальником (наземним гідом), який повинен постійно перебувати в полі зору водія. Особливість маневрування заднім ходом полягає в тому, що після зупинки на піску колеса напівпричепа залишаються повернутими під кутом. При спробі рушити вперед задня частина причепа здійснює небезпечний широкий винос вбік, що може призвести до зсуву машини в дюну або травмування особового складу.

Сучасні автомобілі категорії N3 для пустельних умов обов'язково оснащуються централізованою системою регулювання тиску в шинах (CTIS). Зниження тиску дозволяє збільшити пляму зчеплення колеса з ґрунтом, зменшуючи питомий тиск на поверхню і запобігаючи самозариванню автомобіля.

3.2. Експлуатація в умовах арктичного типу клімату

Арктичне середовище вимагає відмови від стандартних методів логістики. Успіх експлуатації техніки в умовах низьких температур залежить не лише від справності механізмів, а й від розуміння фізики снігу, льоду та поведінки матеріалів під навантаженням. Для важких автомобілів категорії N3 (масою понад 12 тон) пухкий сніг та прихований під ним рельєф є критичними чинниками, що здатні повністю паралізувати рух комплексу.

Сніг є динамічним матеріалом, чия тримальна здатність змінюється залежно від температури, вітру та віку покриву. Важка техніка категорії N3 чинить

колосальний питомий тиск на ґрунт, що вимагає особливого підходу до маневрування.

Під час руху транспортного засобу по глибокому сніговому покриву (товщиною понад 40–50 см) картер головної передачі переднього моста та елементи направляючого пристрою підвіски починають виконувати функцію відвалу. Даний процес зумовлює інтенсивне ущільнення та накопичення снігової маси перед автомобілем, що призводить до прогресуючого зростання сили опору руху. Наслідком зазначеного явища є виникнення вертикальної сили підпору, яка спричиняє часткове або повне вивішування коліс, вертикальне розвантаження рушіїв та критичне зниження їхніх опорно-зчепних властивостей.

Рух по сніговій цілині має здійснюватися на знижених передачах із постійною швидкістю без різких прискорень. Якщо автомобіль починає буксувати, категорично заборонено надмірно натискати на педаль газу – це призведе до миттєвого підтавання снігу під колесами, утворення льодової кірки та самозаривання вантажівки. Обов'язковим є превентивне зниження тиску в шинах за допомогою системи шинопідкачування або встановлення ланцюгів проти ковзання.

При русі колони автомобілів категорії N3 кожен наступний транспортний засіб зазнає меншого опору, оскільки перший автомобіль ущільнює сніг, створюючи колію. Проте, за умов критичного промерзання снігу руйнування колії першою машиною може створити гострі крижані бруси, які здатні пошкодити гальмівні магістралі та шини наступних машин.

Тривала стоянка вантажного автомобіля на снігу без підготовки гарантовано призводить до його знерухомлення через термічні процеси у плямі контакту шини.

Тепла після руху шина під дією маси вантажівки N3 розтоплює під собою сніг. Після зупинки та охолодження коліс утворена вода миттєво перетворюється на лід, намертво зварюючи протектор із підстильною поверхнею. Спроба рушити з місця

силою двигуна в такому випадку призводить до розриву редукторів, пошкодження трансмісії або викидання шматків протектора шини.

Перед паркуванням ділянку очищають від пухкого снігу або утрамбовують її колесами, здійснюючи рух вперед-назад. Під колеса всіх мостів тягача та напівпричепа обов'язково підкладають колоди, дошки, гілки (лапник) або спеціальні маніпуляційні трапи. Шина не повинна торкатися снігу чи льоду під час тривалої стоянки. Перед остаточною зупинкою рекомендується проїхати останні 100–200 метрів по глибокому снігу на низькій швидкості, щоб знизити температуру гальмівних барабанів/дисків та самих шин. При температурах нижче -30°C конструкційні сталі, з яких виготовлено раму, ресори та буксирні пристрої вантажних АТЗ категорії N3, змінюють свою кристалічну структуру, стаючи крихкими.

Динамічні удари, які за нормальних умов компенсуються еластичністю металу (наприклад, наїзд на мерзлу грудку або ривок під час буксирування), в арктичних умовах призводять до миттєвого розколювання ресорних листів або тріщин у рамі. Будь-які буксирувальні чи евакуаційні роботи мають починатися плавно, без ривків, з використанням еластичних строп або з попереднім прогріванням буксирних вузлів.

Дрібний арктичний сніг під дією вітру (завірюхи) має надвисоку проникну здатність. Він проникає крізь решітку радіатора, накопичуючись у моторному відсіку, навколо генератора, стартера та повітряних фільтрів. При прогріванні двигуна цей сніг тане, а під час подальшої зупинки перетворюється на лід, блокуючи привідні паси, вентилятори та дросельні заслінки. У полярних умовах автомобілі категорії N3 обов'язково оснащуються захисними капотами-утеплювачами (намордниками) та спеціальними щитками, що обмежують пряме потрапляння снігового пилу в моторний відсік.

Експлуатація техніки в таких умовах розглядається через призму безпеки людини, оскільки відмова техніки в арктичній зоні є прямою загрозою життю.

Оскільки під час коротких зупинок двигун залишають працювати на холостому ході для підтримки тепла, виникає небезпека накопичення чадного газу в кабіні. Вітер може задувати вихлопні гази під днище автомобіля, звідки вони через технологічні отвори потрапляють до салону. Під час стоянки з увімкненим двигуном одне з вікон кабіни має бути постійно причиненим на 1–2 см для забезпечення припливної вентиляції, а екіпаж повинен по черзі нести чергування, контролюючи стан один одного.

Крім небезпеки миттєвого обмороження при дотику до металу дизайн інструментів та органів керування вантажного АТЗ N3 має дозволяти виконувати базові операції (перевірка оливи, очищення скла, заміна запобіжників) без зняття товстих арктичних рукавиць.

3.3. Експлуатація в умовах гірської та лісної місцевості

Головною небезпекою під час руху по похилих поверхнях є зміщення центру мас автомобіля відносно його поздовжньої або поперечної осі симетрії. Для важких тягачів, які часто мають високе розташування центру ваги, це явище є критичним.

Рух вантажного автомобіля категорії N3 по діагоналі або вздовж схилу (траверсом) створює нерівномірне бічне навантаження на колісні пари. При перевищенні критичного кута крену вектор сили тяжіння виходить за межі опорного контуру автомобіля (за зовнішню лінію коліс), що призводить до динамічного перекидання машини під укіс. Рух по схилах має здійснюватися виключно за вектором прямо вгору або прямо вниз (перпендикулярно до горизонталі схилу), коли це дозволяють умови місцевості.

Якщо уникнути руху поперек схилу неможливо, водій та інженерна служба повинні забезпечити виконання таких умов:

вибір траєкторії з найменшим можливим кутом нахилу;

автомобіль повинен постійно перебувати в русі. Зупинка на схилі створює небезпечний момент статичного зсуву ґрунту під нижніми колесами;

категорично заборонено виконувати різкі, кутові повороти кермом. Будь-який різкий маневр створює відцентрову силу, яка додається із силою нахилу і миттєво перекидає транспортний засіб;

необхідно постійно моніторити стан покриття. Наявність вологого листя, мокрих каменів або дрібного гравію різко знижує коефіцієнт зчеплення шин, провокуючи бічне ковзання (знос) усього автопоїзда вниз по схилу.

Сучасні важкі вантажні автомобілі категорії N3 обладнані паливними баками великої місткості, що розташовані по обидва боки рами. При тривалому русі з бічним нахилом рідина всередині баків зміщується під дією сили тяжіння.

Якщо паливний бак з боку водія опиняється вище за рівень бака з боку пасажирів, паливо перетікає на один бік, що може призвести до оголення паливозабірника вищого бака, засмоктування повітря в систему та раптової зупинки двигуна безпосередньо під час подолання складної ділянки.

Конструкція паливної системи передбачає наявність спеціальних перекривних кранів. Під час руху вздовж схилу, коли лівий (водійський) бік вантажівки знаходиться вище за правий (пасажирський), запірний паливний клапан з боку водія повинен бути примусово закритий. Дана операція стабілізує гідродинамічний тиск у паливній магістралі та гарантує безперервну подачу палива з нижнього бака.

Пересічена місцевість характеризується наявністю як нижніх (наземних), так і верхніх (повітряних) просторових перешкод. Через велику колісну базу та значну висоту кабіни/кузова вантажних автомобілів категорії N3, ігнорування габаритів призводить до серйозних аварій.

Наїзд на високі пеньки, великі камені або скелясті виступи загрожує пошкодженням елементів, які не захищені підрамниками: редукторів мостів, карданних валів, паливних магістралей, елементів пневматичної підвіски та рульових тяг.

Водій повинен переконатися, що кліренс (дорожній просвіт) автомобіля гарантовано перевищує висоту перешкоди. За найменшого сумніву такі перешкоди необхідно об'їжджати.

Висота сучасних магістральних та позашляхових вантажних автомобілів категорії N3 разом із вантажем часто досягає 4 метрів. Низько розташовані гілки дерев, кабелі лінії електропередач або арки здатні повністю зруйнувати верхню частину кабіни, пошкодити вихлопні труби (вертикальні стеки), повітряні забірники або знести закріплений на даху тентовий вантаж. Рух під такими об'єктами дозволяється лише за умов суворого візуального контролю швидкості та габаритів.

Скелястий ґрунт створює екстремальні локальні навантаження на протектор та боковини шин важкої техніки.

На відміну від м'яких ґрунтів, де вага розподіляється рівномірно по всій плямі контакту, при наїзді на гострий камінь уся багатотонна маса, що припадає на колесо, концентрується в одній точці. Це призводить до миттєвого пробиття протектора або появи прихованих мікротріщин та розриву корду (утворення «гуль»).

Перед виїздом на скелясті маршрути технічний персонал зобов'язаний провести детальну дефектацію як ходових шин, так і запасних коліс. Робота на пошкоджених шинах або шинах із низьким тиском на гострому камінні категорично заборонена, оскільки це спричиняє негайне руйнування колеса під навантаженням.

3.4. Загальний алгоритм експлуатації в екстремальних умовах

Розроблений загальний алгоритм (блок-схема) експлуатації вантажних автомобілів категорії N3 в екстремальних кліматичних умовах представлений на рис.3.1.

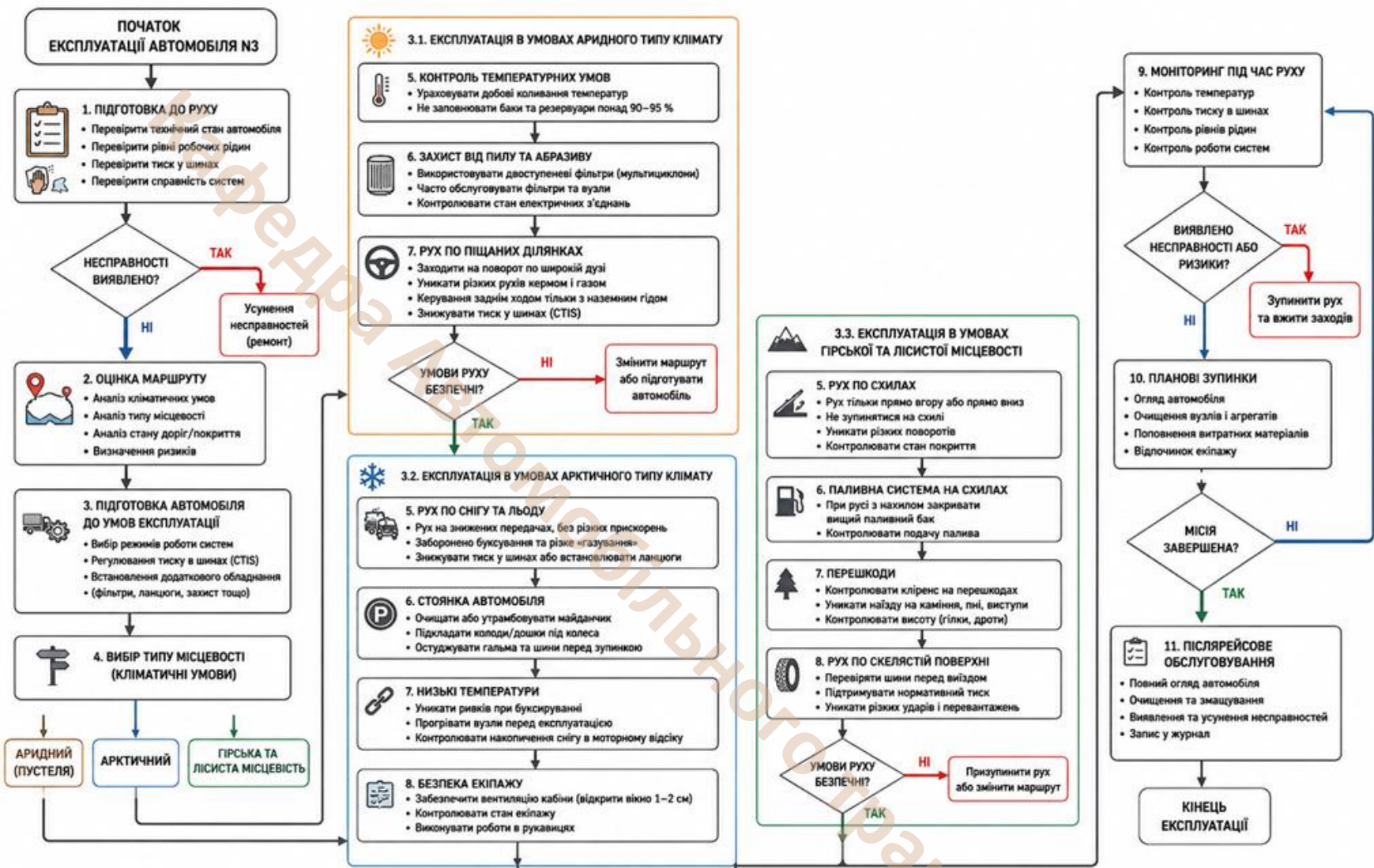


Рис.3.1. Алгоритм експлуатації вантажних автомобілів категорії N3 в екстремальних кліматичних умовах

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ВАНТАЖІВ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ КАТЕГОРІЇ N3

4.1. Специфіка динаміки та маневрування автопоїзда під час руху вперед

Експлуатація важкого вантажного автомобіля категорії N3 у складі сідельного тягача та напівпричепа характеризується підвищеною складністю через значні габаритні розміри та велику повну масу системи. При виконанні маневрів обгону та випередження критично важливо враховувати сумарну довжину автопоїзда. У порівнянні з поодинокими транспортними засобами, автопоїзд із тягачем категорії N3 має значно нижчий коефіцієнт прискорення (динамічність) та суттєво більший гальмівний шлях.

Особливу увагу в теорії керування великогабаритним транспортом приділяють кінематиці повороту. На відміну від стандартних легких або середніх комерційних вантажівок, напівпричіп автопоїзда категорії N3 має специфічну траєкторію кочення коліс. Застосування звичних радіусів поворотів є неприпустимим, оскільки це створює ризик аварійних ситуацій. Під час проходження поворотів колеса напівпричепа значно зміщуються всередину радіуса повороту вантажного автомобіля категорії N3 (*ефект «зрізання» кута*). Для компенсації цього явища застосовують тактику глибокого заходу: тягач скеровують приблизно до середини перехрестя і лише після цього виконують крутий поворот, що мінімізує ризик наїзду на бордюр або виїзду на смугу зустрічного руху. При крутих маневрах задня частина напівпричепа здатна виходити за межі стандартного динамічного коридору (габариту повороту). Важка техніка категорії N3 із високим розташуванням центра мас схильна до перекидання під час подолання затяжних або крутих поворотів. Дорожні знаки обмеження швидкості на таких ділянках розраховані на легкові

автомобілі, тому для автопоїздів категорії N3 передбачено превентивне зниження швидкості значно нижче за встановлений ліміт.

4.2. Організація та кінематика руху заднім ходом

Рух автопоїзда заднім ходом є найскладнішим елементом керування, який вимагає дотримання протоколів безпеки та залучення додаткового персоналу. Через обмежену оглядовість великогабаритного вантажного автомобіля категорії N3 залучення лінійного регулювальника (координатора) є обов'язковою умовою для безпечного маневрування водія.

З точки зору механіки руху, процес підпорядковується таким закономірностям:

1. Інверсія напрямку: Під час руху заднім ходом задня частина напівпричепа завжди зміщується в бік, протилежний до повороту керованих (передніх) коліс тягача категорії N3. Наприклад, поворот керма автомобіля праворуч спрямовує напівпричіп ліворуч.

2. Висока чутливість рульового керування: Напівпричіп реагує на зміну положення коліс тягача категорії N3 з мінімальною затримкою, що вимагає від водія повільного руху та постійної корекції.

3. Стабілізація траєкторії: Для вирівнювання автопоїзда в одну лінію після здійснення повороту водій повинен повернути колеса вантажного автомобіля категорії N3 в той самий бік, куди рухається напівпричіп.

4. Ефект залишкового зсуву: Після зупинки автопоїзда та відновлення руху вперед колеса напівпричепа не вирівнюються миттєво. Задня частина причепа здійснює широкий винос (вправо або вліво), що створює небезпечну зону навколо транспортного засобу категорії N3.

4.3. Функціонування гальмівних систем та алгоритми зупинки

Гальмівна система автопоїзда на базі вантажного автомобіля категорії N3 розподіляється на робочу, стоянкову та допоміжну (автономну систему причепа), кожна з яких виконує чіткі технологічні завдання:

- Робоча гальмівна система: Забезпечує штатне сповільнення автопоїзда. При натисканні на педаль гальма тиск розподіляється одночасно на гальмівні механізми тягача категорії N3 та зчепленого напівпричепа. Задля уникнення заносу або складання автопоїзда (*ефект «складаного ножа»*), гальмівне зусилля має наростати поступово і плавно.

- Стоянкова гальмівна система: Активується відповідним органом керування в кабіні автомобіля категорії N3 та блокує колеса обох елементів зчеплення (тягача і причепа), гарантуючи нерухомість комплексу під час стоянки.

- Важіль автономного керування гальмами напівпричепа: Цей орган керування діє виключно на гальмівні механізми напівпричепа. Його експлуатація має суворі обмеження:

- *Заборонено* використовувати цей важіль для утримання автопоїзда на довготривалій стоянці.
- *Дозволено* застосовувати його як допоміжний інструмент під час технологічних операцій зчеплення або розчеплення вантажного автомобіля категорії N3 з напівпричепами, які не обладнані автоматичними пружинними енергоаккумуляторами.

4.4. Техніка безпеки при проведенні технічного обслуговування

Перевірка відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згорання та автономних опалювачів показує наявність високої концентрації монооксиду вуглецю (CO), який не має кольору та запаху. При дефіциті вентиляції CO викликає

гіпоксію, симптомами якої є цефалгія, запаморочення, атаксія, сомноленція та кома. Фільтрувальні коробки газових партикулярних фільтрів та індивідуальні протигази (33K/CBRN) не забезпечують захист від чадного газу.

Заборонено тривале функціонування двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) у закритих приміщеннях без примусової витяжної вентиляції; категорично заборонено сон у кабіні при працюючому двигуні чи опалювачі; під час стоянки з увімкненим ДВЗ обов'язкове відкриття люків або вікон на 1–2 см.

Негайна евакуація постраждалого на свіже повітря, термоізоляція (зігрівання), сувора заборона фізичного навантаження (зادля зниження потреби тканин у кисні), за потреби — штучна вентиляція легень (ШВЛ) та виклик медичного персоналу.

Нафтові розчинники мають низьку температуру спалаху (61–92 °C для Туре II та 93–116 °C для Туре III) і високу токсичність. Потрапляння всередину організму (інгестія) або інгаляція високих концентрацій викликає ураження ЦНС, легень і кому. При інгестії заборонено викликати блювання через ризик аспірації легень розчинником. При потраплянні в очі - промивання проточною водою щонайменше 15 хвилин.

Фарби із захистом від хімічних агентів містять ізоціанати, що є сильними алергенами та подразниками органів дихання й шкіри. Механічна обробка (шліфування, різання) матеріалів із покриттям CARC дозволяється виключно за умови використання високоефективних респіраторів з очищенням повітря (HEPA) або шлангових дихальних апаратів із подачею чистого повітря під тиском.

Гідравлічні контури важких тягачів працюють під робочим тиском до 3000 psi (20,7 МПа / ~204 атм). Ризик руйнування ліній загрожує кінетичним ураженням персоналу або гідравлічним пробиттям тканин людини (впорскування оливи під шкіру).

Будь-які роботи з роз'єднання магістралей виконуються лише після повної зупинки двигуна та витримання інтервалу в кілька хвилин для самовільного

скидання залишкового тиску до нуля. Роботи мають проводитися мінімум двома особами (вимога «напарника» для взаємодопомоги).

Демонтаж стопорних кілець, пружин та клапанів створює ризик їх відскоку як металевих снарядів. Перед зняттям елементів тиск у ресиверах має бути скинутий до 0 psi. Заборонено спрямовувати тіло чи руки в зону виходу повітряного струменя (ризик шкірної емболії).

Колеса великого діаметра мають високу енергію стиснутого повітря. Початкове накачування демонтованого колеса повинно проводитися виключно в захисній клітці. Оператор зобов'язаний перебувати поза зоною можливої траєкторії вильоту бортового або замкового кільця (мінімум 3 метри від колеса), використовуючи подовжений шланг із накладним патроном та виносним манометром.

Енергосистема вантажних автотранспортних засобів використовує напругу до 50 В, що помилково вважається безпечною, проте здатна викликати фібриляцію серця та смерть. Перед роботами з електрообладнанням обов'язковим є зняття персоналом усіх металевих прикрас (обручки, браслети, армійські жетони) задля недопущення короткого замикання на корпус та отримання термічних і електричних опіків.

Акумулятори в процесі заряджання виділяють вибухонебезпечну суміш водню та кисню (гримучий газ). Заборонено використання відкритого вогню та утворення іскор у зоні АКБ. При ураженні очей електролітом їх промивають водою протягом 15 хвилин. Якщо уражено лише одне око, під час промивання та транспортування пацієнта уражене око має перебувати анатомічно нижче за здорове, щоб запобігти стіканню кислоти та контамінації другого ока.

Будь-які вузли та деталі масою понад 23 кг, а також буксирувальні ланцюги заборонено піднімати самотійно. Їх демонтаж здійснюється із залученням асистента та обов'язковим використанням вантажопідйомних механізмів (кранів-маніпуляторів, талей).

Під час евакуаційних операцій кабелі лебідок (у разі наявності лебідок) зазнають граничних розтягуючих навантажень, що створює небезпеку їх розриву (ефект батога).

Персонал повинен перебувати за межами радіуса ураження кабелю; операції мають виконуватися плавно, без ривків; на барабані лебідки для забезпечення тертя та безпеки повинно залишатися не менше 5 повних витків канату; обслуговування та укладання троса виконується виключно в цупких шкіряних рукавицях. При фіксації вантажу гак лебідки завжди позиціонують зівом (відкритою частиною) догори (якщо гак розігнеться від перевантаження, він впаде вниз, а не вистрілить вгору).

Елементи вихлопної системи (глушники, вертикальні стеки), а також радіатор ОР прогріваються до температур, що викликають глибокі термічні опіки. Заборонено зняття кришки радіатора на гарячому двигуні (ризик викиду пари). Зливання оливи з ДВЗ та КПП виконується з обережністю, оскільки гаряча олива легко проникає крізь засоби захисту шкіри.

Робота ДВЗ, лебідок та кранових установок супроводжується звуковим тиском понад 85 дБ(А), що призводить до незворотної деградації слуху. Персонал зобов'язаний застосовувати індивідуальні засоби захисту органів слуху (протишумові навушники).

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розв'язано важливе науково-прикладне завдання щодо підвищення ефективності експлуатації, надійності та безпеки руху важких вантажних автомобілів і сидельних автопоїздів категорії N3 за умов упровадження динамічних алгоритмів планового технічного обслуговування (ТО) та оптимізації режимів роботи в екстремальних умовах навколишнього середовища.

1. Обґрунтовано алгоритм планового ТО вантажних автомобілів категорії N3, що базується на принципі послідовного кругового обходу транспортного засобу проти годинникової стрілки. На відміну від класичних статичних технологічних карт, розроблений підхід має динамічну архітектуру прийняття рішень, інтегровану із загальною системою експлуатації через бінарну логічну функцію допуску автомобіля до рейсу ($R = 1$ або $R = 0$), що дозволяє мінімізувати вплив людського чинника та унеможливити пропуск критичних точок контролю.

2. Математичне моделювання експлуатаційно-технічних показників тягача довело високу ефективність превентивного обслуговування. Розрахований коефіцієнт технічної готовності становить 0,909, що свідчить про перебування техніки у працездатному стані протягом 90,9% операційного часу й підтверджує раціональний баланс між тривалістю ТО та поточного ремонту. За результатами експоненціальної моделі надійності визначено, що ймовірність безвідмовної роботи в міжсервісний період (300 год.) становить 0,874. Це обґрунтовує необхідність суворого дотримання розроблених щотижневих і щорейсових регламентів для запобігання раптовим відмовам.

3. Визначено синергетичний вплив високих добових температурних амплітуд (до 21°C), термічного розширення робочих рідин та абразивного запилення (діоксид кремнію). Обґрунтовано вимогу недоливу технологічних резервуарів на 5-10% для компенсації теплового розширення та упровадження двоступеневого очищення повітря мультициклонами для захисту циліндро-

поршневої групи двигуна від прискореного зношування. Описано фізику взаємодії важкої техніки зі сніговим покривом. Доведено, що при товщині снігу понад 40–50 см виникає ефект «відвалу» та вертикальна сила підпору, яка призводить до вивішування коліс. Математично та практично підтверджено, що превентивне зниження тиску в шинах за допомогою централізованої системи шинопідкачування (CTIS) до 276 кПа збільшує площу контакту майже вдвічі, запобігаючи самозариванню та суттєво підвищуючи опорно-зчіпну прохідність на нестабільних ґрунтах, піску та глибокому снігу. Визначено регламент теплової підготовки шин і гальмівних механізмів перед тривалою стоянкою для запобігання їх «крижаному зварюванню» зі сніговим покривом.

4. Встановлено особливості руху автопоїздів у гірській та лісистій місцевості, пов'язані зі зміщенням центру мас і виходом вектора сили тяжіння за межі опорного контуру вантажівки. Оцінено габаритні обмеження (висота до 4 м) при взаємодії з верхніми перешкодами та локальні точкові навантаження на протектор при русі по скелястому ґрунту.

5. Обґрунтовано технологічне рішення щодо стабілізації гідродинамічного тиску в паливній системі під час руху траверсом (уздовж схилу) шляхом примусового перекриття запірного клапана вищого бака, що виключає засмоктування повітря паливозабірником і раптову зупинку ДВЗ.

6. Регламентовано режими роботи гальмівних систем: робочої (для плавного сповільнення без виникнення ефекту «складаного ножа»), стоянкової (на базі пружинних енергоаккумуляторів для тривалого утримання) та автономного важеля керування гальмами напівпричепа.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Венцель Є.С., Лисіков Є.М., Євтушенко А.В. Основи трибології та хімотології: Навч. посібник. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – 241 с.
2. Гевко І. Б. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : навч. посіб. / І. Б. Гевко, О. Л. Ляшук, І. В. Луциків, У. М. Плекан, В. М. Клендій. – Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2021. – 264 с.
3. Експлуатаційні матеріали транспортних засобів : навчальний посібник / В. А. Сівак, В. А. Кириленко, Ю. О. Царьов та ін. – Хмельницький : Видавництво НАДПСУ, 2014. – 368 с.
4. Красота М. В. Технологічне обладнання для обслуговування та ремонту автомобілів : навч. посіб. / М. В. Красота, Ю. В. Кулешков, С. О. Магопець, І. В. Шепеленко, О. В. Бевз, Р. А. Осін, Т. В. Руденко. – Кропивницький : ЦНТУ, 2023. – 208 с.
5. Технічний сервіс автомобілів та проектування авторемонтних підприємств : методичні рекомендації до лабораторних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / О. П. Бабак, О. В. Диха, А. А. Вичавка. Хмельницький : ХНУ, 2024. 26.
6. ДСТУ 3650-97. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Держстандарт України. Київ.
7. Мельниченко А. А. Технічне діагностування транспортних засобів: новітні методи і практичні аспекти. Технічна механіка, 2019. С. 92–101.
8. Про затвердження технологічних вимог до засобів перевірки технічного стану, обслуговування і ремонту колісного транспортного засобу. Наказ Міністерства Інфраструктури України від 15.02.2012. № 106.
9. Порядок проведення технічного огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування

підвищеної небезпеки. Постанова Кабінету Міністрів України від 26 травня 2004 р. N 687 (редакція від 01.05.2022).

10. Про затвердження Порядку проведення технічного діагностування. Постанова Кабінету Міністрів України № 1078 від 11.11.2016.

11. Петренко А. І. Методи функціональної діагностики автотransпортних засобів. Автомобільний транспорт, 2020, № 3, С. 45–56.

12. Петров, О.В. Автотransпортні підприємства: Організація та управління технічним обслуговуванням. Київ : НТУ, 2011. 228 с.

13. Подригало М. А. Забезпечення надійності автотракторної техніки адаптивними методами технічного обслуговування та ремонту. Автомобільний транспорт. Зб. наук. тр. Вип. 4. X. : ХДАДТУ, 2000. С. 49–51.

14. Степанов О. В., Волобуєва Т. В. Адаптивна система технічного обслуговування автотransпорту. Автомобільний транспорт та інфраструктура. Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції 18–20 квітня 2024 року. Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2024. С. 129–132.

15. Степанов О. В. Чинники, що впливають на надійність вантажного автомобіля під час роботи на породних відвалах. Автомобільний транспорт. Випуск 36. № 13, 2003. С. 140–142.

16. Шевченко, М. С. Проблеми та перспективи розвитку систем технічного обслуговування транспортних засобів. К. : Техніка, 2010. 420 с.