

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра вагонів

І. Д. Борзилов

**ПЕРЕДОВИЙ ДОСВІД
ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА
ДІАГНОСТИКА ВАГОНІВ**

Конспект лекцій

Харків – 2016

Борзилов І.Д. Передовий досвід технічного обслуговування та діагностика вагонів: Конспект лекцій. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 58 с.

Даний конспект лекцій містить відомості передового досвіду технічного обслуговування та діагностики вагонів у нашій країні і за кордоном. Розглянуто перспективи удосконалення системи технічного обслуговування вагонів. Описано технічні рішення апаратурних способів та засобів діагностування технічного стану вагонів, принципи розміщення постів діагностики вагонів перед вузловими сортувальними станціями і організацію роботи пунктів технічного обслуговування вагонів на залізничних дільницях, що обладнані засобами технічної діагностики.

Рекомендується для магістрантів денної і заочної форм навчання спеціальності 8.07010502 «Вагони та вагонне господарство».

Лл. 10, табл. 1, бібліогр.: 13 назв.

Конспект лекцій розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри вагонів 16 листопада 2015 р., протокол №5.

Рецензент

проф. О.С. Крашенінін

І.Д. Борзилов

ПЕРЕДОВИЙ ДОСВІД ТЕХНІЧНОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ДІАГНОСТИКА
ВАГОНІВ

Конспект лекцій

Відповідальний за випуск Борзилов І.Д.

Редактор Буранова Н.В.

Підписано до друку 10.02.16 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк. арк. 3,00. Тираж 100. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,

61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ**

Механічний факультет

Кафедра вагонів

І.Д. Борзилов

**ПЕРЕДОВИЙ ДОСВІД ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА
ДІАГНОСТИКА ВАГОНІВ**

Конспект лекцій

Харків 2016

Борзилов І.Д. Передовий досвід технічного обслуговування та діагностика вагонів. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 58 с.

Даний конспект лекцій містить відомості передового досвіду технічного обслуговування та діагностики вагонів у нашій країні і за кордоном. Розглянуто перспективи удосконалення системи технічного обслуговування вагонів. Описано технічні рішення апаратурних способів та засобів діагностування технічного стану вагонів, принципи розміщення постів діагностики вагонів перед вузловими сортувальними станціями і організацію роботи пунктів технічного обслуговування вагонів на залізничних ділянках, що обладнані засобами технічної діагностики.

Рекомендується для магістрантів денної і заочної форм навчання спеціальності 8.07010502 «Вагони та вагонне господарство».

Іл. 10, табл. 1, бібліогр.: 13 назв.

Конспект лекцій розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри вагонів 16 листопада 2015 р., протокол № 5.

Рецензент

проф. О.С. Крашенінін

3MICT

Тема 1. Напрямки розвитку вітчизняних та закордонних систем технічного обслуговування вагонів.....	4
Тема 2. Оцінка факторів, що впливають на систему технічного утримання вагонів.....	8
Тема 3. Оцінка рівня якості існуючої організації та технології технічного обслуговування вагонів.....	1 1
Тема 4. Опис передового досвіду технічного обслуговування вагонів.....	1
...	8
4.1 Своєчасне виявлення тріщин та дефектів у візках вантажних вагонів.....	1 8
4.2 Виявлення прихованих несправностей в автозчіпному пристрої за зовнішніми ознаками.....	
4.3 Виявлення несправностей колісних пар.....	2 3
4.4 Виявлення несправностей буксового вузла.....	2 5
4.5 Виявлення і усунення причин незадовільної роботи гальм.....	2 7
...	
4.6 Структура і функціональні можливості інформаційно-керуючого комплексу АСУ ПТО.....	2 8
Тема 5. Системний підхід до вагона як до об'єкта діагностування.....	3 3
.....	
Тема 6. Вимоги до діагностичних параметрів функціональних вузлів вагона.....	3 8
Тема 7. Опис математичних моделей об'єктів діагнозу.....	4 1
Тема 8. Характеристика методів та засобів діагностики	4

технічного стану агрегатів та вузлів вагонів.....	3
Список	5
літератури.....	7

Тема 1. НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ВІТЧИЗНЯНИХ ТА ЗАКОРДОННИХ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАГОНІВ

Систему технічного утримання вагонів можна визначити як спеціальним чином територіально розповсюджену на мережі залізниць сукупність виробничих підприємств, на яких, відповідно до єдиної галузевої нормативно-технічної документації, з урахуванням місцевих умов здійснюється контроль технічного стану, технічне обслуговування і ремонт вагонів вантажного та пасажирського парків. Метою системи технічного утримання є керування технічним станом вагонів протягом визначеного часу, щоб забезпечити заданий рівень готовності вагонів до використання за призначенням і їхню працездатність у процесі експлуатації, мінімальні витрати на виконання технічного обслуговування та ремонту.

З цього визначення випливає, що зазначена велика та складна система технічного утримання вагонів складається з елементів, якими є експлуатаційні та ремонтні підприємства, вагони, технології їх технічного обслуговування та ремонту, органи керування і т.ін.

На залізницях України діє планово-попереджувальна система технічного обслуговування та ремонту вагонів (ТОР), яка направлена на забезпечення стабільної їх роботи при найменших витратах.

Існуюча система ТОР вагонів може бути зображена схематично як на рисунку 1.1.

Але в існуючій планово-попереджувальній системі на залізницях України час від часу виникають організаційно-технічні проблеми, які негативно впливають на її функціонування. З вини вагонних депо та вагоноремонтних заводів виникають випадки транспортних подій, серйозних інцидентів, порушень.

Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є впровадження нових технічних засобів та технологій і перехід на сучасні інформаційні та ресурсозберігаючі технології, а також використання закордонного досвіду.

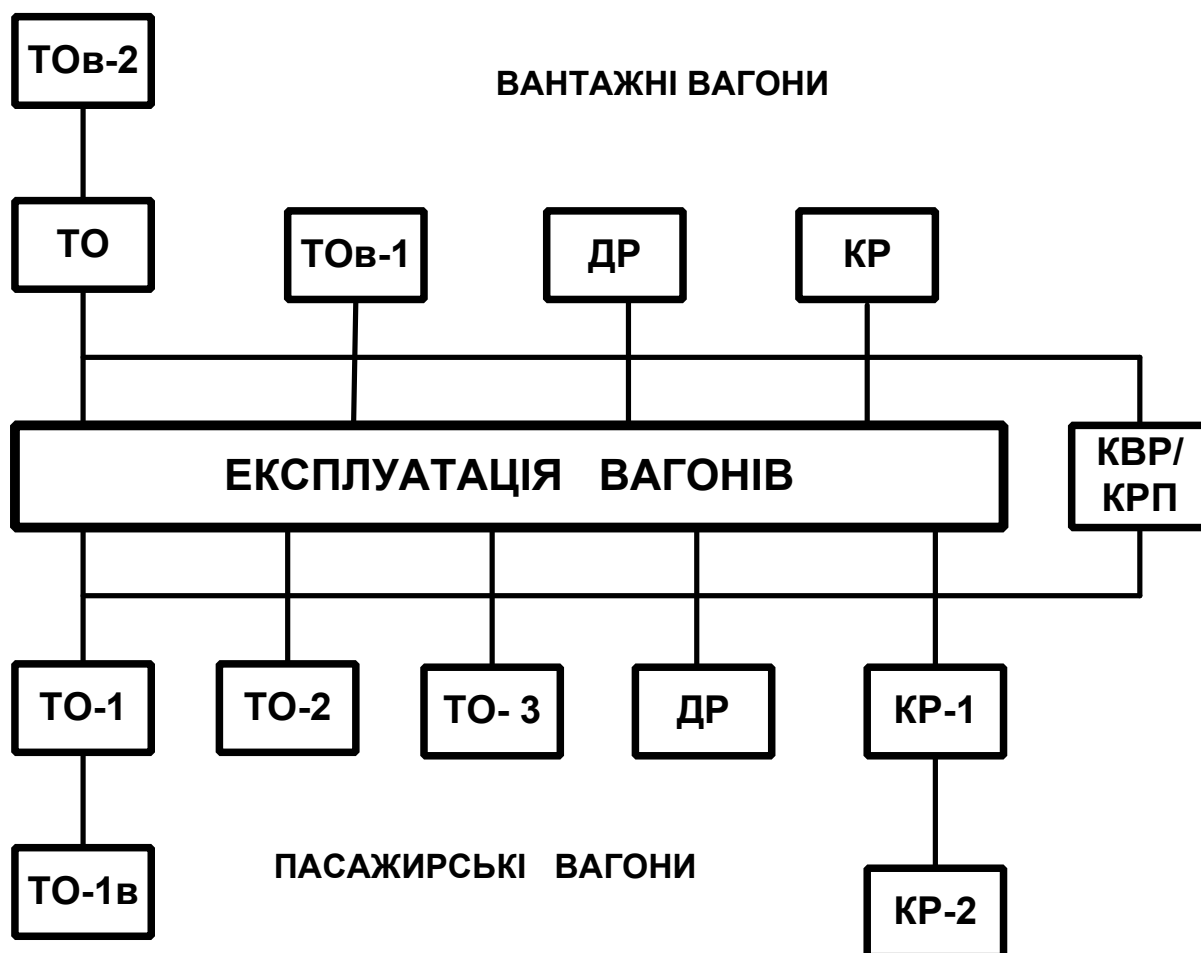


Рисунок 1.1 – Існуюча система технічного обслуговування та ремонту вагонів в УЗ

Формування й удосконалювання систем технічного утримання вагонів у розвинутих країнах ведеться з урахуванням умов експлуатації, надійності вагонів, інтенсивності поповнення парку вагонів більш доскональними конструкціями, спеціалізації вагонів.

У США до 1975 року ремонт вагонів проводився залежно від технічного стану. Однак це призводило до постійного зниження безпеки руху поїздів. Тому федеральна залізнична адміністрація (ФЗА) взяла курс на впровадження планово-попереджувальної системи технічного обслуговування і ремонту.

Відмінною рисою організації ремонтного виробництва є наявність пересувних заводів. Мета таких підприємств – виконання термінових робіт з відновлення працездатності вагона. Як правило, підприємство, що виконує складні види ремонту, спеціалізується на ремонті декількох видів рухомого складу.

В окремих депо виконується ремонт усіх видів. Дуже поширеною на залізницях США є система ремонту вагонів під назвою «Уан спот систем», мета якої – сконцентрувати ремонтне устаткування в одному місці.

Розроблені різні системи діагностики вагонів.

Таким чином, слід зазначити, що на залізницях США єдиної системи ТОР вагонів не існує. Залізниці самостійно вибирають необхідну їм систему, з огляду на особливості конструкції вагонів, умови їхньої експлуатації. Нормативні акти ФЗА встановлюють лише вимоги до технічного стану вагонів.

На технічне обслуговування і ремонт парку вагонів *Державних залізниць ФРН* щорічно витрачається приблизно 10 % усіх витрат залізниць. Термін служби вагонів встановлюється на підставі накопиченого досвіду експлуатації і складає від 20 до 40 років залежно від типу. Однак і після закінчення встановленого терміну вагони не завжди списуються і вилучаються з експлуатації. Особлива увага приділяється технічному стану вагонів у другій половині встановленого терміну служби.

Поточне утримання вагонів здійснюється за планово-попереджувальною системою і спрямовано на недопущення зниження запасу зношеності до нуля.

Поточне утримання передбачає виконання як планових, так і позапланових заходів. До перших належать технічний огляд, технічне обслуговування і ремонт, а до других – ремонт із метою оперативного усунення виникаючих несправностей. Планові заходи підрозділяються на заводські ремонти і періодичні роботи між ними.

Висока експлуатаційна готовність досягається за рахунок раціонального розташування ремонтних підприємств.

У даний час на залізницях ФРН спостерігається тенденція концентрації робіт у декількох, але великих, добре механізованих вагонних депо.

На Британських залізницях застосовується планова система ремонту вагонів. Вона передбачає виконання періодичного генерального, проміжного і поточного ремонтів. Періодичний генеральний і проміжний ремонти виконуються на вагоноремонтних заводах, що не спеціалізовані на ремонті якогось певного типу вагонів.

При виконанні генерального ремонту вагон практично цілком відновлюється. Проміжний ремонт передбачає відновлення зношених і ушкоджених деталей, а також незначний ремонт рами.

На британських залізницях існує й інший підхід до системи ремонту вагонів, побудований на обліку пробігу між ремонтами.

Поточний ремонт виконується у вагонних депо і спеціальних центрах обслуговування вагонів.

Основу системи технічного утримання та ремонту вагонів *Національного товариства Французьких залізниць* складають такі фактори: попереджувальний характер поточного утримання вагонів; визначення ремонтних термінів і черговості окремих операцій з поточного утримання і ремонту; спеціалізація ремонтного підприємства і його персоналу.

Для кожного типу вагона визначається «крок поточного утримання», що містить у собі два види періодичних операцій: контроль і періодичні огляди; періодичні ремонти. У свою чергу останні підрозділяються на обмежений і капітальний ремонти. Крім цього, передбачається також виконання оздоровчого ремонту за технічним станом вагонів.

На залізницях Японії ремонт вагонів здійснюється за планово-попереджувальною системою. Відмінною рисою даної системи є те, що міжремонтні періоди тут менші, ніж на залізницях інших країн.

Розроблена в Японії система контролю за рухомим складом призначена для визначення технічного стану протягом усього терміну його служби. Ця система містить у собі п'ять підсистем: обліку і звітності; розподілу робочої сили всього підприємства з метою компенсації добового відхилення в обсязі робіт; матеріально-технічного постачання; оптимізації використання устаткування; перевірки рухомого складу; складання графіків ремонту і планування.

З огляду на закордонні системи технічного утримання вагонів можна визначити основні положення, що подані на рисунку 1.2.

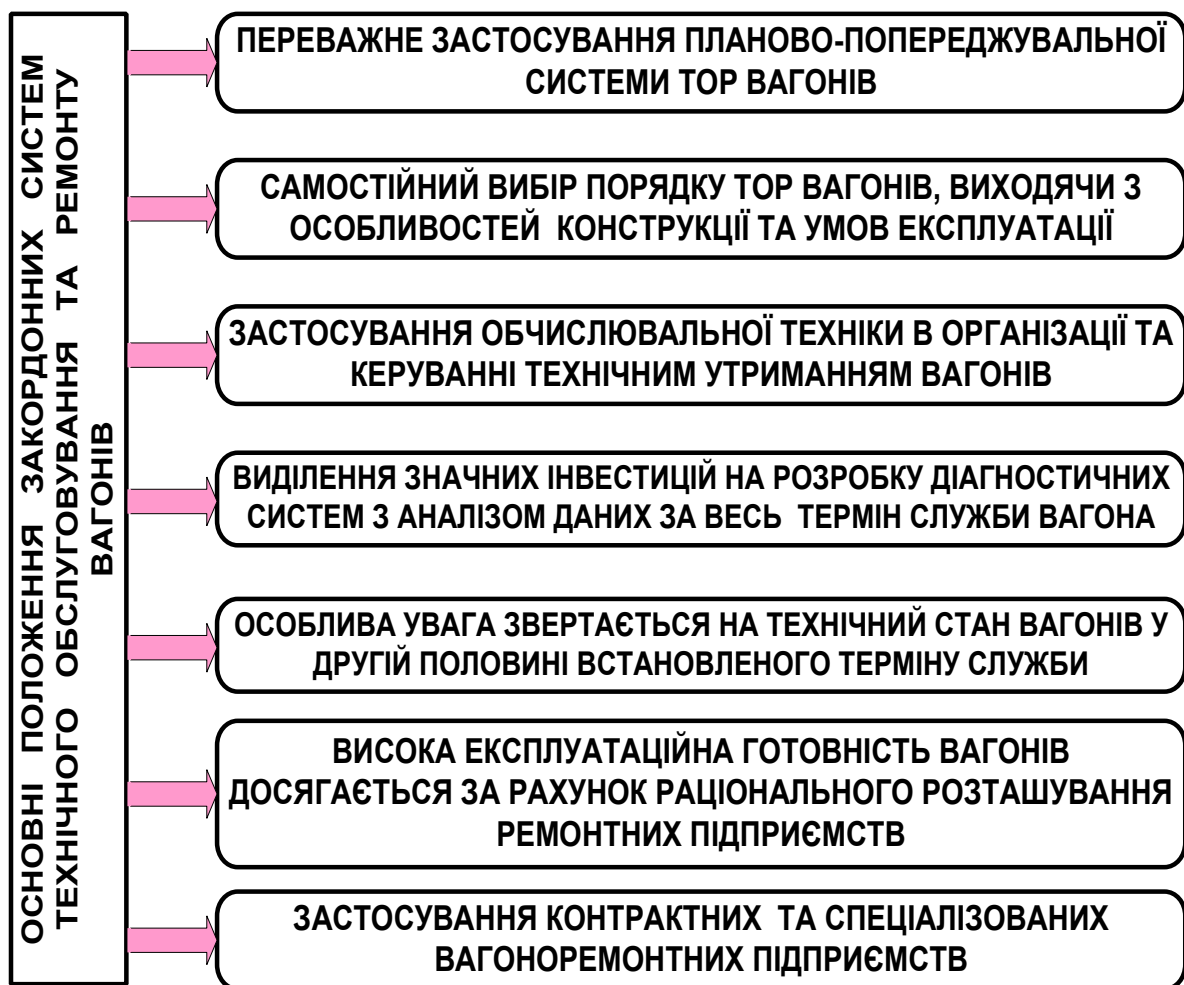


Рисунок 1.2 – Основні положення закордонних систем ТОР вагонів

Тема 2. ОЦІНКА ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА СИСТЕМУ ТЕХНІЧНОГО УТРИМАННЯ ВАГОНІВ

Важливим фактором при оцінці технічного утримання (ТУ) вагонів є мінімізація сумарних витрат ($B_{жц}$), які розраховуються на весь їх життєвий цикл (ЖЦ): виробництва (B^I); експлуатації (B^{II}); списання (B^{III}).

$$B_{жц} = \sum_{N=1}^3 B^N = B^I + B^{II} - B^{III} . \quad (2.1)$$

У міру старіння вагона відбувається поступове накопичення пошкоджень у його конструкції. За допомогою ремонтів різного

типу здійснюється або повне їх усунення (шляхом заміни деталей, що відмовили), або часткове, що призводить не тільки до уповільнення темпів деградації конструкції, але й до накопичення пошкоджень, що не усуваються при ремонтах.

На ТУ вагонів впливає велика кількість факторів, які можуть бути упорядковані щодо основного показника цієї технології.

Як основний показник запропоновано приймати частку несправних вагонів на залізницях “Q”.

Упорядкування (структуризацію) факторів, що впливають на цей показник, подано за допомогою так званої діаграми К. Ісікави, що зображена на рисунку 2.1 відповідно до японського стандарту Z-8101.

Діаграма має назву «риб'ячий кістяк». Проблема, яку необхідно вирішити, позначена основною стрілкою, найбільш важливі фактори – великими боковими стрілками; фактори більш конкретного змісту – дрібними стрілками.

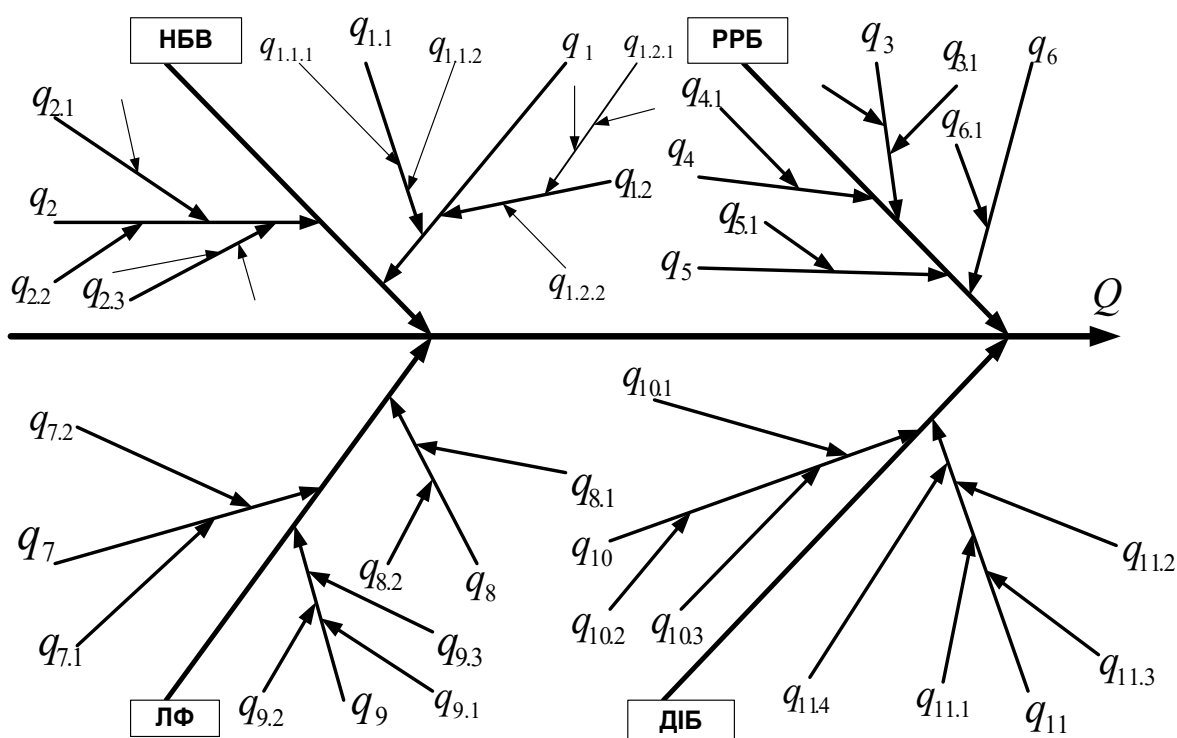


Рисунок 2.1 – Структуризація факторів, які впливають на технологію технічного утримання вагонів

Як видно на рисунку 2.1, всі фактори згруповані в чотири так звані суперфактори: надійність та безпека вагонів (НБВ);

рівень розвитку ремонтної бази (РРБ); людський фактор (ЛФ); добротність інформаційної бази (ДІБ).

Кожен із цих суперфакторів поділяється на фактори більш конкретного змісту, а ті у свою чергу – на фактори ще більш конкретного змісту і т. д.

Усі зазначені фактори діють упродовж усього ЖЦ вагона. Ключовими етапами ЖЦ є експлуатація, обслуговування та ремонт, що вирішують питання підвищення надійності вагонів, керування тривалістю терміну їх служби та покращення якості транспортних послуг.

Для забезпечення керування ЖЦ вагона на етапі його технічного утримання необхідно встановити взаємозв'язок і взаємозалежність цих факторів.

У таблиці 2.1 подано найбільш істотні з них.

Таблиця 2.1 – Фактори, які впливають на технічне утримання вагонів

Суперфактори	Фактори I змісту (q_i)	Фактори II змісту (q_{ik})
1	2	3
Надійність та безпека вагонів (НБВ)	Забезпечення технологічності технічного утримання вагонів на стадії їх виготовлення (q_1)	Генерування нових конструктивних рішень ($q_{1.1}$)
		Сучасні методи розрахунків ($q_{1.2}$)
	Підтримання надійності та безпеки вагонів на стадії їх експлуатації (q_2)	Модернізація конструкцій ($q_{2.1}$)
		Технічне обслуговування та ремонт вагонів ($q_{2.2}$)
	Дотримання правил експлуатації вагонів ($q_{2.3}$)	
Рівень розвитку ремонтної бази (РРБ)	Розробка нових технологій ремонту та технічного обслуговування (q_3)	Інформаційні та ресурсозберігаючі технології в системі ТОР вагонів ($q_{3.1}$)
	Механізація та автоматизація робіт (q_4)	Технічна діагностика в експлуатації та ремонті вагонів ($q_{4.1}$)
	Матеріально-технічне спорядження підприємств з ТОР вагонів (q_5)	Науково-обґрунтовані норми витрат матеріалів та запчастин з урахуванням віку вагона ($q_{5.1}$)
	Модернізація ремонтного обладнання (q_6)	Технічне переозброєння підрозділів з ТОР вагонів ($q_{6.1}$)

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
Людський фактор (ЛФ)	Кваліфікація працівників (q_7)	Знання ($q_{7.1}$)
		Досвід ($q_{7.2}$)
	Мотивація трудової діяльності (q_8)	Матеріальні стимули ($q_{8.1}$)
		Моральні стимули ($q_{8.2}$)
	Психофізіологічні якості особистості працівника (q_9)	Стійкість уваги працівника відносно його втоми ($q_{9.1}$)
		Спроможність до оперативного прийняття рішень ($q_{9.2}$)
Консерватизм, нездатність змінювати технологію роботи ($q_{9.3}$)		
Добротність інформаційної бази (ДІБ)	Джерела первинної інформації (q_{10})	Облікові форми типу ВУ ($q_{10.1}$)
		Моделі функціонування об'єктів ($q_{10.2}$)
		Інші джерела інформації ($q_{10.3}$)
	Якість інформації (q_{11})	Оперативність ($q_{11.1}$)
		Точність та достовірність ($q_{11.2}$)
		Доступність ($q_{11.3}$)
		Повнота інформації ($q_{11.4}$)

Тема 3. ОЦІНКА РІВНЯ ЯКОСТІ ІСНУЮЧОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАГОНІВ

Відновлення працездатності вагонів у процесі експлуатації відіграє важливу роль у забезпеченні безвідмовної їх роботи. Відомо, що чим краще організована система технічного обслуговування вагонів, тим менше відмов. Тому удосконалення ТО вагонів і підвищення відповідальності при цьому за безпеку руху є потребою нинішнього часу. Очевидно, що чим краще технологія технічного обслуговування (V), тим менше відмов (n) виникає у процесі перевізної роботи. Цей взаємозв'язок відповідає залежності:

$$n(V) = n_o - n_o V(t) = n_o [1 - V(t)], \quad (3.1)$$

де $n(V)$ – число відмов вагонів у процесі руху поїздів по дільниці за розглянутий час T з урахуванням відновлення їхньої працездатності на ПТО;

n_o – загальне число відмов, обумовлене ненадійністю вагонів;

$V(t)$ – імовірність відновлення працездатності вагонів (після виникнення відмови) за припустимий (нормований) час t ;

$NoV(t)$ – число відмов, що були виявлені й усунуті на ПТО за зазначений час t при підготовці составів у рейс.

Відношення

$$\eta = \frac{n_o}{n(V)} = \frac{n_o}{n_o[1-V(t)]} = \frac{1}{1-V(t)} \quad (3.2)$$

показує, у скільки разів скоротяться відмови вагонів у результаті відновлення їхньої працездатності у системі технічного обслуговування та ремонту.

Для того щоб забезпечити більш високий рівень безвідмовного прямування поїздів за графіком, вагони мають проходити якісне технічне обслуговування на ПТО з метою своєчасного виявлення несправностей і запобігання можливим відмовам.

$$q_i(l) = 1 - p_i(l) = 1 - e^{-\omega_o l} \quad (3.3)$$

За формулою (3.3) можна встановити, у скільки разів зменшиться число відмов на шляху прямування після того, як поїзд пройшов якісне технічне обслуговування на ПТО.

На експлуатаційну надійність вагонів значно впливає довговічність. Доцільно характеризувати довговічність вагона терміном його служби та технічним ресурсом.

Термін служби – календарна тривалість експлуатації вагона та його елементів до моменту виникнення граничного стану, зазначеного в технічній документації, або до списання. Розрізняють термін служби між капітальними ремонтами, середній термін служби, термін служби до списання та ін.

Технічний ресурс – це сумарний час напрацювання вагона та його вузлів у даних умовах експлуатації до ремонту або заміни. Технічний ресурс розглядається як величина, яка поступово витрачається у процесі експлуатації вагона.

Термін гарантії – це період, протягом якого вагонобудівний завод або вагоноремонтне підприємство гарантує справність вагона й несе матеріальну відповідальність за можливі несправності при умові дотримання правил експлуатації цього вагона. Термін гарантії експлуатації вагона та його частин задається календарною тривалістю початкового періоду експлуатації або величиною пробігу в кілометрах.

Оптимальний термін служби вагона у цілому та окремих його вузлів залежить від багатьох взаємопов'язаних факторів, що проявляються у процесі виготовлення та експлуатації вагонів. З великого числа факторів, що змінюються в часі та враховуються при аналізі та розрахунку оптимального терміну служби, основними є такі:

- вартість вагона, що відповідає визначеному рівню техніки;
- витрати на ремонт та їх збільшення протягом терміну служби;
- експлуатаційні витрати на технічне обслуговування та ремонт;
- можливість модернізації, пов'язані з цим витрати та отримана ефективність.

Планово-попереджувальна система технічного ТОР вагонів має профілактичну спрямованість, будується з урахуванням закономірностей зношування деталей та вузлів і являє собою сукупність запланованих організаційних та технічних заходів щодо контролю, обслуговування і ремонту вагонів. Вона включає в себе два види заходів:

- 1) заходи, що направлені на зменшення інтенсивності зношування деталей і на запобігання несправностям, а також на своєчасне виявлення несправностей;
- 2) заходи, що направлені на усунення несправностей.

Вагони складаються з великої кількості деталей та вузлів, терміни служби яких значно відрізняються один від одного. Це призводить до того, що при виконанні чергового ремонту часто замінюють ще придатні деталі, у повній мірі не вичерпавши їх ресурси працездатності.

Практично дуже часто розбирання вузлів вагонів виконується не за фактичною потребою, а значно раніше. В той же час будь-яке розбирання механізму негативно впливає на його

працездатність. Це призводить до того, що при подальшій роботі знов виникає процес притирання, який, як відомо, супроводжується підвищеною швидкістю зносу деталей.

Інколи трапляється й інша крайність: у процесі технічного обслуговування немає можливості вилучити несправність, і подальша експлуатація механізму призводить до аварійного стану.

Отже, як занадто ранній, так і пізній ремонт вузлів вагона небажаний, тому важливо встановити раціональну періодичність планових ремонтів.

Найбільш важливим питанням обґрунтування планово-попереджувальної системи є встановлення оптимальних термінів служби окремих деталей.

Для вирішення питання про необхідність ремонту деталі недостатньо знати тільки найбільший знос. Треба ще визначити ступінь придатності деталі, тобто встановити, чи потрібно деталь ремонтувати, чи вона зможе працювати до чергового ремонту.

Інший шлях більш повного використання ресурсу працездатності деталей полягає у використанні селективного складання вузлів вагонів, що дає змогу досягнути нормальної роботи з'єднань до наступного ремонту.

Крім того, ремонт вагонів за визначеним пробігом дає можливість більш повніше використовувати їх ресурс.

Разом з тим існуюча планово-попереджувальна система потребує ще подальшого удосконалення. По-перше, необхідно відмовитися від традиційних термінів і видів ремонту вагонів, а по-друге – від старих методів їх відновлення. Сутність цього принципу розв'язання задачі зводиться до переходу від загального до особистого. Як терміни постановки вагонів у ремонт, так і методи їх відновлення мають бути індивідуальні – за “особистим” технічним станом. Вирішення вказаної концепції має базуватися на діагностиці стану вагонів до їх подавання у ремонт, своєчасній постановці вагонів у ремонт, додатковій діагностиці на вагоноремонтних підприємствах, виборі технології, що забезпечує потрібну якість ремонту, встановленні обсягу та вартості ремонту.

Таким чином, в організації технічного обслуговування та ремонту вагонів важливо правильно вирішити такі завдання: підтримувати працездатність вагонів у заданих межах у процесі

їх руху по гарантійних ділянках на всьому шляху прямування; вибрати раціональну періодичність ремонту вагонів з урахуванням терміну їх служби; організувати роботи з технічного обслуговування та ремонту на підставі нової концепції, що базується на впровадженні технічної діагностики вагонів; розробити передові технологічні процеси технічного обслуговування та ремонту вагонів.

Рівень якості технології технічного утримання (ТТУ) вагонів можна розглядати за такими напрямками: своєчасне виявлення пошкоджень та відмов вагонів в умовах експлуатації та в рамках здійснення планових ремонтів і технічних ревізій; підготовка вагонів до перевезень; технічне обслуговування вагонів без відчеплення та з відчепленням їх від составів; плановий ремонт вагонів і технічна ревізія.

Оцінку рівня ТТУ за вказаними напрямками доцільно проводити за схемою, що подана на рисунку 3.1.

Своєчасне виявлення пошкоджень та відмов вагонів

Для своєчасного виявлення пошкоджень та відмов вагонних конструкцій необхідно широке застосування засобів технічної діагностики та наявність інформації про зміни стану деталей та вузлів протягом міжремонтного циклу.

Технічне обслуговування вагонів без відчеплення і з відчепленням їх від составів

Такі показники, як частота відчеплень на гарантійній ділянці ПТО і затримки відправлень поїздів, одночасно характеризують якість контролю технічного стану і технічного обслуговування без відчеплення і з відчепленням вагонів від составів.

Вихід з низької ефективності технології обслуговування вагонів без відчеплення і з відчепленням їх від составів – поміняти акценти, тобто основні обсяги технічного обслуговування на станціях слід здійснювати у відчіпному варіанті, бажано на високоомеханізованих технологічних лініях МПТОВ.

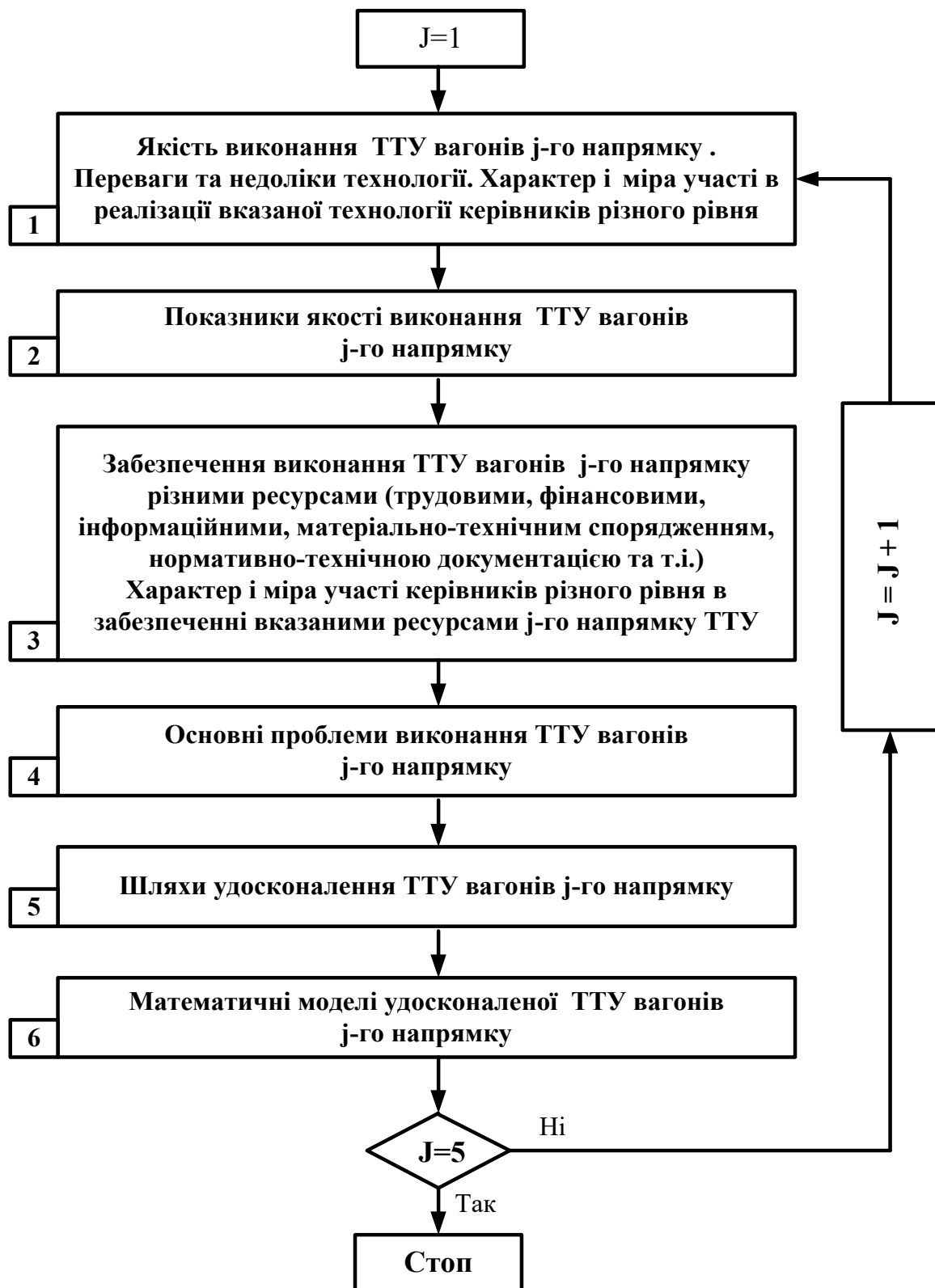


Рисунок 3.1 – Схема оцінки рівня якості технології технічного утримання вагонів j-го напрямку

Дана форма організації технічного обслуговування вагонів дає можливість: сконцентрувати існуюче технологічне

устаткування, розкидане по парках станції; усунути витрати часу і фізичних сил на переходи оглядачів-ремонтників по території станції; поліпшити умови праці, зменшити небезпеку травматизму і професійних захворювань; різко підвищити якість ремонтних операцій.

Виконання планового ремонту і технічних ревізій вагонів

Якість виконання планового ремонту вагонів характеризується такими показниками, як: відхилення залишку несправних вагонів від норми, що задається як нормативний показник; собівартість виконаного ремонту; частота відчеплень вагонів у період гарантії через неякісний ДР; частка вагонів, що експлуатується з простроченим терміном планових ремонтів.

Розроблення гнучких технологій ремонту вагонів – якісно новий напрямок в удосконалюванні ремонтної бази. Вони стійкі щодо коливань трудомісткості ремонту і не вимагають спеціалізації депо за типами вагона.

Для підвищення якості роботи вагонних депо, продуктивності й рентабельності необхідно домогтися керованості процесів і впроваджувати із цією метою сучасні багаторівневі автоматизовані системи контролю за технологічними процесами (АСК ТП), реалізовані на базі автоматичних систем збору й обробки даних про хід виконання технологічних операцій.

Наступна проблема полягає в тому, що через коливання інтенсивності експлуатації вагонів останні, навіть одного року випуску, до призначених термінів постановки в ДР мають різний рівень зносу й інших пошкоджень. Рішення цієї проблеми полягає у впровадженні технології, яка має містити такі основні елементи: стратегія ДР вагона за фактичним технічним станом; технології ДР, засновані на АСК ТП.

Для успішної реалізації цієї технології ДР необхідно: для кожного типу вагонів установити періодичність поглибленої діагностики; перейти на технологію ТОВ-2 вагонів на сортувальних станціях, що припускає наявність на цих станціях МПТОВ; організувати на базі ВЧДЕ пункти поглибленої діагностики (ППД) вагонів; розробити експертний метод поглибленої діагностики вагонів. Важливо мати не тільки ретельно продуману й апробовану технологію реалізації нової

стратегії ДР. Необхідно домагатися того, щоб впровадження цієї стратегії було вигідним усім: транспорту в цілому, працівникам ППД, МПТОВ і депо.

Тема 4. ОПИС ПЕРЕДОВОГО ДОСВІДУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАГОНІВ

4.1 Своєчасне виявлення тріщин та дефектів у візках вантажних вагонів

При огляді буксового вузла, як з боку оглядової кришки, так і з боку лабіринтового кільця, необхідно одночасно оглядати зовнішню і внутрішню поверхні боковини візка у місці буксового отвору, особлива увага має бути приділена його кутам.

Ознаки наявності тріщин: концентрація металевого пилю на краях тріщини, утворення з неї валиків, а в зимовий період, по краях тріщини - інею; розрив шару фарби або окалини, поява в цих місцях волосовини або розшарування металу з буро-червоним нальотом корозії.

Ретельно оглядати тріщини в боковинах, якщо на колісних парах є дефекти у вигляді повзунів, наварів, нерівномірного прокату.

Ці дефекти при русі вагона за рахунок ударів колеса об рейку ніби очищають тріщини від бруду, фарби, і більше виступає буро-червоний наліт корозії.

Так само із зовнішнього і внутрішнього боку оглядають відбуртовку технологічного вікна.

Найчастіше виникають тріщини в кутах відбуртовки, де трапляються ливарні вади, які сприяють розвитку тріщин.

Огляд місць з'єднання верхнього і нижнього поясу з колонками - наступна операція. Це небезпечні зони, в яких також можуть розвиватися дефекти.

Подовжні тріщини, що виникають у результаті неякісного відливання боковини або її ушкодження при сході і зіткненнях, трапляються у верхньому поясі, в надбуксовому отворі.

Небезпечні зони надресорної балки розташовані у місці підп'ятника, нижнього поясу балки, виїмки (чи паза) для фрикційного клина, опори під коробку ковзуна, кромки вікон.

Наявність тріщин і зламу опори під коробкою ковзуна визначають за вигином верхньої частини коробки над виїмкою, а також за станом.

Особлива увага приділяється колонці, яка добре є видимою як вдень, так і вночі за допомогою ліхтаря.

Виявлення несправностей шворня візка вантажного вагона можливе як під час руху поїзда, так і в процесі огляду вагонів.

При русі поїзда зі швидкістю 5–10 км/год можна виявити несправність шворня за характерними зовнішніми ознаками і поведінкою вузлів вагона. Особлива увага приділяється пересуванню візка під вагоном по подовжній осі. Якщо візок під вагоном має підвищений рух, можлива несправність шворня.

Завжди ретельніше оглядаються шворні вагонів після проходження через маневрову гірку, особливо, якщо вагони в порожньому стані.

При технічному огляді вагонів увага приділяється стану горизонтальної гальмової тяги. Якщо одна або обидві тяги погнуто – це вказує на несправність шворня. На цю несправність також вказує і положення ковзунів один відносно одного до осі вагона.

При огляді п'ятникового вузла звертається увага на послаблення п'ятника або підвищений проміжок в один бік між п'ятником і підп'ятником, що вказує на несправність шворня.

Відсутність шворня визначається візуальним оглядом через отвір надресорного бруса. При неможливості побачити шворинь через отвір в надресорному брусі використовується металевий гачок, яким промацується шворинь і визначається злам. Велика вірогідність відсутності шворня у піввагонів, які вантажилися сипкими вантажами і розвантажувалися на перекидачі.

4.2 Виявлення прихованих несправностей в автозчипному пристрої за зовнішніми ознаками

Автозчіпний пристрій є одним з найважливіших вузлів вагона, від справного стану якого залежить безпечний рух поїздів.

Багаторічними спостереженнями встановлено ряд зовнішніх ознак, за якими безпомилково можна визначити несправність поглинального апарата і тягового хомута. Так, злам пружин поглинального апарата можна виявити за яскравим металевим блиском на нижній і бокових поверхнях хвостовика автозчепу, а також за таким самим блиском на нижній смузі тягового хомута сумарною довжиною близько 150 мм з обох боків підтримувальної планки при виході автозчепу до 100 мм, якщо ж вихід автозчепу більше 100 мм і немає вищезгаданих ознак, апарат справний, проте тяговий хомут має бути ретельно оглянутий.

При стисненому стані поглинального апарата злам пружин можна виявити за яскравим блиском на нижній і бокових поверхнях хвостовика автозчепу, а також на нижній смузі тягового хомута з боку під'ятника; довжина блискучої поверхні має бути не менше 150 мм.

При розтягнутому стані поїзда і ударно-тягового пристрою яскравий металевий блиск на хвостовику автозчепу і такий самий блиск на нижній смузі тягового хомута завдовжки не менше 150 мм з боку клина автозчепу свідчить про злам пружин. Злам пружин підтверджують сліди торкання упору автозчепу і ударної розетки.

Вказані розміри застосовні для визначення зламу пружин у поглинальному апараті типу Ш-1-ТМ. Для вагонів, обладнаних поглинальними апаратами типу Ш-2-В, ці розміри мають складати не менше 180 мм.

Яскравий металевий блиск на нижній поверхні корпусу тягового хомута має бути довжиною не менше 150 мм.

Хід апарата Ш-1-ТМ складає 70 ± 5 мм. Отже, якщо ніщо не обмежує переміщення автозчепу (у разі зламу пружин поглинального апарата), автозчеп, постійно переміщуючись вперед і назад, рухатиме за собою тяговий хомут на 140 – 150 мм. За рахунок тертя по підтримувальній планці на нижній смузі хомута виникне яскравий металевий блиск вказаного розміру.

Якщо профіль колії рівнинний, то після виходу з ладу пружин поглинального апарата блиск на автозчепі і тяговому хомуті виникне на перших же десятках кілометрів. При гористому профілі колії блиск на цих деталях при зламі пружин виникає трохи пізніше.

У вагонів з поглинальними апаратами Ш-2-В довжина металевго блиску на тяговому хомуті і корпусі автозчепу відповідно збільшиться до 180 мм, оскільки в апараті Ш-2-В повний хід натискного конуса (хід апарата) складає 90 мм.

Осідання пружин можна також визначити за зовнішніми ознаками. Якщо в апараті Ш-1-ТМ пружини просіли на 20 мм (поглинальний апарат і тяговий хомут розміщуються на підтримувальній планці), то тертя тягового хомута об планку вже буде обмеженим, оскільки пружини чинять частковий опір. Отже, яскравий металевий блиск на тяговому хомуті буде довжиною не більше 40 мм (по 20 мм з обох боків підтримувальної планки).

Зовні визначити пружину, що просіла, можна:

- у вільному стані поглинального апарата за яскравим металевим блиском на нижній смузі тягового хомута сумарним розміром з обох боків підтримувальної планки менше 150 мм;

- у розтягнутому стані – блискуча смуга буде розташована за підтримувальною планкою з боку клина автозчепу, а у стисненому – з боку підп'ятника.

Утворення тріщин або розрив корпусу поглинального апарата відбуваються, як правило, при різких ударах, коли кінетична енергія удару перевищує енергоємність апарата; при розриві корпусу клини при стисканні апарату не виконують тертя об корпус, тому навантаження сприймають тільки пружини.

На ходу поїзда через постійне зміщення автозчепу на нижній поверхні хвостовика виникне яскравий металевий блиск від тертя об поверхню центральної балочки, що доходить до упору корпусу автозчепу. Якщо ж пружини справні, то блиску на тяговому хомуті не буде. В цьому випадку необхідно оглянути передню частину корпусу поглинального апарата. Якщо корпус і клини не мають зносу і похитуються від легкого натиснення гачком, то корпус апарата обов'язково має розрив. При розриві корпусу клини похитуватимуться в будь-якому положенні апарата – вільному або стисненому. За цими ж ознаками можна

виявити і знос клинів поглинального апарата. При усіх ідентичних ознаках різниця в оцінці стану поглинального апарата все ж є: при зносі клинів або корпусу шукати тріщину в корпусі апарата не слід.

Виявити апарат, що втратив пружність, можна за яскравим металевим блиском на хвостовику автозчепу, що доходить до упору (тобто за слідом постійного переміщення автозчепу всередину вагона і назад). У справного поглинального апарата такі переміщення практично неможливі.

У денний час перевірити справність полички і запобіжника можна, різко повернувши і відпустивши валик підйомника. Чіткий металевий звук (удар запобіжника об поличку) свідчить про справність цих деталей.

Якщо автозчипний пристрій справний, то зміщення автозчепу (вперед-назад) обмежене розміром не більше 45 мм.

Отвір у хвостовику автозчепу має розмір 137 мм, ширина клина автозчепу – 92 мм, різниця між ними – 45 мм і є величина вільного ходу автозчепу. Величина цього переміщення за рахунок тертя об центрувальну балочку виразно видно на хвостовику автозчепу в будь-який час доби.

Злам верхньої смуги тягового хомута можна виявити слідами інтенсивного тертя автозчепу об центрувальну балочку (об її заплечики), що вказує на необхідність уважнішого огляду болтів, що підтримують клин тягового хомута. Якщо зігнутий передній болт, необхідно оглянути прилягання задньої опорної частини тягового хомута до основи поглинального апарата. Нещільність прилягання (проміжок будь-якого розміру у верхній частині) вказує, що є злам верхньої смуги тягового хомута.

Виявити *злам нижньої смуги тягового хомута* можна за слідом збільшеного тертя автозчепу об центрувальну балочку (об її заплечики). Якщо погнутий задній болт, треба оглянути прилягання задньої опорної частини тягового хомута до основи поглинального апарата. Якщо є проміжок у нижній частині (будь-якого розміру від 5 до 30 мм), то це означає, що зламана нижня смуга тягового хомута. Проміжок прилягання обов'язково має бути у вигляді трикутника, вершина якого спрямована в кут між верхньою смугою і опорною поверхнею хомута.

Якщо є сліди інтенсивного тертя на хвостовику автозчепу об центрувальну балочку, треба оглянути болти, що підтримують клин тягового хомута. Погнуті болти вказують, що клин тягового хомута зламаний. Встановити це можна ударом молотка, гачком, щупом або променем ліхтаря.

Металевий блиск на хвостовику автозчепу будь-якого розміру з одного боку (з правого або лівого) вказує на розрив вертикальної сполучної смуги тягового хомута з цього боку.

Випадання валика підйомника відбувається у той момент, коли зміщення противаги валика від вертикальної стінки автозчепу з боку малого зуба досягає 15 мм.

Оглядач вагонів парку прибуття під час контролю технічного стану автозчіпного пристрою звертає увагу на величину проміжку між противагою валика підйомника і отвором для нього з боку малого зуба. При величині проміжку 15 мм і більше перевіряється вручну надійність кріплення валика підйомника. При виході його із зони контакту з болтом або незначному торканні (до 1 мм) робиться напис про заміну валика підйомника або болта.

4.3 Виявлення несправностей колісних пар

У процесі експлуатації вагонів колісні пари піддаються значним статичним і динамічним навантаженням. Наявність на поверхні кочення коліс дефектів у вигляді повзунів, наварів, вищербин, нерівномірного прокату посилює дію динамічних навантажень на колесах, що у свою чергу призводить до утворення тріщин у дисках коліс, які необхідно своєчасно виявити і вилучити з експлуатації.

Нерівномірний прокат проявляє себе при русі поїзда у вигляді:

- биття колісної пари – вона ніби "шкутьильгає", створюється зоровий ефект руху обода "вісімкою";
- частих коливань ресорних комплектів;
- вібрації рами візка і кузова вагона;
- ударів деталей важільної передачі об інші деталі візка;

- при швидкості 50 км/год боковина в місці розташування букси повільно піднімається і опускається, чутно незначні удари колеса об рейку, як при повзунові 0,7 – 0,9 мм.

При стоянці вагона ознаками нерівномірного прокату можуть бути:

- місцеве розширення і розчавлювання обода, звуження або зім'яті фаски, круговий наплив на фаску;

- місцеве розширення доріжки кочення, у тому числі і з наявністю тріщин і розмірів вищербин, що не бракуються;

- повзун, прокат або навар;

- відсутність валика підвіски башмака;

- відсутність гумових і волокнитових втулок вузла підвіски башмака;

- злам скоб важільної передачі візка;

- зріз цапфи і гайки триангеля, шплінтів важільної передачі;

- металевий блиск на шайбах важільної передачі, овальний знос отворів підвіски башмака;

- інтенсивний знос (тріщина) фрикційного клина візка, блискучий слід від контакту пружин з рамою візка;

- інтенсивний знос центрувальної балочки, металевий блиск болта, що сполучає ланцюжок привода розчеплення з важелем;

- послаблення або обрив кріплення важеля розчеплення автозчепу;

- нерівномірний коловий наплив на фаску (в межах 150 мм наплив, далі фаска чиста, потім знову наплив на фаску і так далі по усьому колу кочення);

- поверхневі відколи біля зовнішньої грані обода;

- вищербина з місцевим розширенням доріжки кочення;

- розшарування металу, сітка втомних тріщин навколо фаски.

При виявленні нерівномірного прокату або інших дефектів (вищербина, повзун) по колу кочення колеса, що не перевищують норму бракування, мають бути ретельно оглянуті диски коліс з обстукуванням контрольним молотком на предмет виявлення тріщин. Обстукування виконується по поверхні кочення. За наявності тріщини пролунає специфічний глухий звук, що деренчить і швидко затухає.

У процесі технічного обслуговування вагонів особлива увага приділяється деталям додаткового кріплення валика підвіски башмака, а саме скобі і шплінтовому дроту:

- якщо на скобі і дроті шар бруду, пил і іржа – поверхня кола кочення без дефектів;

- просвітлення шплінтового дроту в місцях проходу крізь отвори в скобі, розробка отворів – ознака наявності на поверхні кочення колеса дрібних дефектів добракувального розміру або дефекту розміру бракування, що тільки що утворився;

- відсутність шплінтового дроту, злам одного вушка скоби або обох вушок (при цьому частина скоби, що залишилася, розташовується на валику підвіски башмака) вказує на наявність на поверхні кола кочення колеса дефекту розміру бракування або ж декількох дефектів добракувального розміру;

- відсутність скоби – ознака наявності на поверхні кочення колеса нерівномірного прокату або повзуна розміру бракування.

При огляді коліс на ПТО необхідно звертати увагу на відшаровування металу, відколи, здуття фарби, появу іржі на поверхні диска колеса, кольори мінливості на ободі колеса, наявність будь-яких смуг різної довжини, концентрації інею (у зимовий період).

Для виявлення тріщин, окрім ретельного огляду, необхідно колеса обстукувати молотком по поверхні кочення, оскільки під тріщиною звук глухий, молоток прилипає, а з протилежного боку цього колеса звук чистий, дзвінкий і молоток підстрибує. Необхідно ретельніше оглядати колеса, що мають товщину обода 23–35 мм.

4.4 Виявлення несправностей буксового вузла

Огляд і визначення несправностей буксового вузла на ПТО відбувається у два етапи:

- визначення несправностей буксового вузла при зустрічі поїзда «з ходу»;

- визначення несправностей буксового вузла в холодному стані.

У першому випадку неодмінною умовою своєчасного і якісного огляду є зустріч поїзда «з ходу», оскільки наварі,

повзуни, вищербини на поверхні кочення колісної пари, що впливають на роботу буксового вузла, виявляються на ходу поїзда. При цьому можна виявити також поперечні переміщення боковини і надресорної балки, візки, що вказують на неправильну роботу буксового вузла.

Дим, поклацування, специфічний запах мастила, періодичне сіпання букси вказує на несправність буксового вузла.

Вважається, що основною ознакою несправності є підвищений нагрів корпусу букси. Практично ж в експлуатації виникають і такі несправності букс, які деякий час не проявляються у високій мірі нагріву, тобто не викликають підвищеного нагріву корпусу. Оглядачі вагонів звертають увагу в першу чергу на розташування лабіринтового кільця і задньої стінки корпусу букси, оскільки в результаті порушення кріплення підшипники разом з корпусом букси зрушуються до торця шийки осі, а лабіринтове кільце залишається на передпідматочинній частині осі. Однією з основних ознак такого зрушення є поява валика з мастила і пилу, що закриває лабіринтове кільце. При огляді таких букс виявлялося послаблення гайки без порушення її кріплення.

При хвилеподібному викиді мастила через лабіринт кількість хвиль практично відповідає тому, скільки разів корпус букси при проходженні вагоном кривих ділянок колії зіскакував з лабіринту і сідав назад. Звертається увага на вертикальний підріз гребеня і загострений його накат (виступ металу гребеня в місці переходу його зношеної поверхні до вершини). Ці несправності утруднюють проходження стрілочних переводів, де осьове навантаження на роликові букси зростає, що і призводить до руйнування підшипників або торцевого кріплення, тому в зимовий період робота буксового вузла у край ускладнена, перепади температур, стоянки на шляху прямуювання і інше збільшують вірогідність пропускання несправних буксових вузлів, тому оглядачі вагонів повинні звертати увагу на такі ознаки: потемніння корпусу букси в порівнянні з іншими; відсутність снігу в місці з'єднання кріпильної кришки з корпусом букси; загорнені старі повзуни і навари, нерівномірний прокат; наявність льоду на корпусі букси; мимовільне послаблення болтів

кріпильної кришки; поява інею, паморозь на корпусі букси; численні свіжі повзуни.

Несправний буксовий вузол визначається за станом і характером взаємодії деталей і вузлів візків і колісних пар: оглядом деталей візка, прилеглих до букси; зносом більше половини товщини фрикційного клина надресорної балки і фрикційних планок. Звертається увага на взаємодію фрикційного клина з фрикційною планкою біля бокової рами візка. З боку, де сталося руйнування роликової букси, вібрація передається на фрикційний клин і підклинову пружину. У порожніх вагонів ця вібрація часта і тому фрикційна планка стає сріблясто-матовою. У навантажених вагонів вібрація ускладнена, тому завжди ослаблені і зірвані заклепки планки.

Вертикальний підріз гребеня або загострений накат гребеня колеса викликає деформацію або зрив торцевого кріплення букси з протилежного боку колісної пари.

Запорошений валик мастила на задній частині корпусу букси, блискуча смуга, корпус букси або бокова рама візка з буксою зміщені уздовж шийки осі або відносно лабіринтового кільця – пошкоджено торцеве кріплення.

4.5 Виявлення і усунення причин незадовільної роботи гальм

Відмови в роботі гальм викликаються несправністю гальмового устаткування вагонів (наявність пробок у магістралі, кінцевих кранах і рукавах, надмірні витоки в гальмовій системі, завищення зарядного тиску в порівнянні з тиском при відпуску гальм).

Якщо гальма в поїзді не відпускають у більшій частині вагонів, а перепад тиску в головній і хвостовій частинах складу нормальної довжини не перевищує 1 атм, прохідність повітря по магістралі хороша, в цьому випадку, найімовірніше, допущена Perezaryadka гальмової системи. Часто це відбувається після прибуття поїзда з дільниці із затяжними спусками крутизною 0,018 % і більше, коли зарядний тиск був встановлений 6–6,2 атм, і відправлення поїзда підвищеної довжини при зарядному тиску

5,3–5,5 атм. При цьому розподільники повітря в поїзді матимуть уповільнений відпуск.

Пробку в гальмовій мережі найлегше виявити за допомогою манометра з голкою і за зовнішніми ознаками. Перевірку починають з того вагона, де гальмо не відпустило. Голка вводиться між кільцями ущільнювачів рукавів вагонів з відпущеним і невідпущеним гальмами і далі між кільцями ущільнювачів рукавів вагонів, де гальма не відпустили. Перепад тиску вказує на наявність пробки в магістралі.

Однією з ознак закупорки повітропроводу є поява інею, масляних плям у місцях закупорки, а при обстукуванні цього місця чутно глухий звук, що вказує на наявність тут пробки. При поганій прохідності повітря чутно шум у місці закупорки: у сполучних рукавах, магістралі.

Велике значення для стійкої роботи будь-якого з'єднання має надійне кріплення повітропроводу і його відгалужень, резервуарів і гальмових приладів. Порушення кріплення спричиняє собою руйнування з'єднання і, як правило, призводить до спрацьовування гальм на шляху прямування.

4.6 Структура і функціональні можливості інформаційно-керуючого комплексу АСУ ПТО

Автоматизація функцій оперативного керування технічним обслуговуванням вантажних вагонів і функцій взаємодії з користувачами лінійного рівня включає:

Контроль за поїздами, що перебувають на лінії:

- отримання від приладів безпеки інформації про наявність у поїздах вагонів, що приймаються, з буксами, що гріються, деталями, що волочаться, загальмованими колесами, колесами, що мають повзуни, навари, вищербини;

- отримання інформації про вагони в поїзді, які неодноразово надходили у ТОВ-2 внаслідок відмов елементів ходових частин, автогальмового і автозчіпного устаткування;

- контроль за проходженням вагонів по гарантійному плечу за даними приладів безпеки;

- облік випадків затримок відправлених поїздів на гарантійних дільницях, зокрема за даними засобів технічного

діагностування;

- отримання інформації від МПТО, що відправив вантажний поїзд, про наявність у ньому вагонів з граничними експлуатаційними характеристиками;

- передача інформації МПТО, що приймає вантажний поїзд, про наявність у ньому вагонів з граничними експлуатаційними характеристиками;

- отримання інформації від чергового по залізничній станції, чергового по переїзду про вимушену зупинку поїзда на перегоні з технічної несправності вагона;

- перегляд загального підходу поїздів на майбутній період з вказівкою номера колії передбачуваного приймання і найменування станції відправлення поїзда, за спеціальними запитами АРМ;

- інформування про підхід поїздів до станції з видачею ТГНЛ або списку номерів вагонів поїздів, що прибувають;

- формування номерного списку вагонів поїзда, що прибуває, з вказівкою:

- колій приймання;

- даних засобів технічного діагностування;

- несправностей, виявлених при зустрічі поїзда «з ходу»;

- зауважень машиністів про роботу гальм і відмічені на шляху прямування несправності вагонів.

Планування технічного обслуговування:

- інформування про черговість їх технічного обслуговування при одночасному прибутті декількох поїздів;

- отримання довідок про пробіг вагонів, що входять у поїзди, що прибувають;

- розмітка несправних вагонів, що вимагають технічного обслуговування з відчепленням від составів і планових видів ремонту в депо;

- приймання повідомлень від АСУ СС про поїзди, що виставляються з сортувального парку;

- інформування про пред'явлення состава до технічного обслуговування;

- оформлення і передача запитів в АСУ СС про план роботи на зміну;

- оперативне планування роботи бригад оглядачів МПТО (за

парками);

- ведення графіка роботи зміни;
- оформлення нарядів, облік роботи оглядачів.

Інформаційна підтримка технічного обслуговування:

- перегляд наявності поїздів на коліях парків і їх готовність;
- перегляд наявності вагонів на коліях МПТОВ і їх готовність;

- приймання по радіозв'язку і введення інформації від оглядачів про результати огляду і про закінчення технічного обслуговування поїзда;

- передача в АСУ СС (маневровому диспетчерові або черговому по станції) відомостей про відчеплення для ремонту вагонів, про обмеження на розпуск з гірки окремих вагонів (обмеження швидкості розпуску, неприпустимість зіткнень у сортувальному парку), про установлення і зняття огороження состава;

- передача операторові вагонного депо відомостей про забраковані і відремонтовані вагони, з вказівкою виявлених і усунених несправностей, або про необхідність виконання чергового планового ремонту;

- формування заявки на подачу несправних вантажних вагонів на спеціалізовані колії технічного обслуговування;

- формування наряду на обсяг робіт за кожним вантажним вагоном;

- контроль за повнотою і якістю виконаних ремонтних робіт;

- оформлення наряду на повернення вагона на станцію після капітального ремонту ВУ-74;

- оформлення приймально-здавальної відомості на передавання вагонів для ремонту на завод ВУ-71.

Автоматизація ведення обліку і аналізу виробничої діяльності:

- формування облікових і звітних форм ВУ 14; ВУ-23М; ВУ-25; ВУ- 26М; ВУ-31; ВУ 36М; ВУ- 41; ВО-15; РБУ-3; РБУ-7;

- облік вагонів, що пройшли через МПТО;

- ведення архіву оглянутих поїздів і відремонтованих вагонів;

- аналіз простою вагонів при огляді і при виявленні несправності;

- аналіз якості технічного обслуговування на МПТО з автоматичним збором інформації про виявлені несправності, замінені деталі і додаткові роботи.

Автоматизація ведення обліку запасних частин і матеріалів:

- контроль наявності запасних частин на стелажах;
- обробка накладних і вимог на запасні частини і матеріали.

Ведення технологічної, нормативної і організаційної документації:

- перегляд технологічних інструкцій;
- ведення технічних паспортів на устаткування і інструмент;
- інформування про зміну кадрів МПТО;
- перегляд наказів і розпоряджень по ВЧДЕ і МПТО.

Організація взаємодії причетних працівників лінійних підприємств:

- забезпечення взаємодії майстрів МПТО, МПТОВ, операторів, старших оглядачів вагонів, оглядачів вагонів з підрозділами вагонного депо і залізничної станції:

- оперативно-диспетчерським персоналом (ДСЦС, ДСЦ, ДСП);

- товарною конторою ТВК;
- технологічним центром станції;
- з АРМ ВЧДЕ.

Окрім вищепереліченого, АРМ парку прибуття виконують функції, подані нижче.

Отримання інформації:

- від засобів діагностичного контролю, що розташовані на перегонах, про технічний стан вагонів, що проходять по гарантійному плечу;

- від автоматизованого діагностичного комплексу, що розташований перед МПТО;

- про вагони в поїзді, що неодноразово надходили у ТОВ-2 внаслідок відмов елементів ходових частин, автогальмового і автозчіпного устаткування;

- про наявність у поїзді вагонів з граничними експлуатаційними характеристиками;

- про наявність у поїзді вагонів з небезпечними вантажами;

- інформації від чергових по залізничних станціях і

переїздах, про вимушену зупинку поїзда на перегоні з технічної несправності вагона;

- про несправності, виявлені при зустрічі поїзда «з ходу»;
- зауваження машиністів про роботу автогальм і відмічені на шляху прямування інші несправності вагонів.

Оглядач вагонів парку прибуття на АРМ оглядача вагонів також має можливість:

- розгляду графіка загального підходу поїздів на майбутній період з вказівкою номера колії передбачуваного приймання і найменування станції відправлення поїзда;
- отримання інформації про підхід поїздів до станції з отриманням ТГНЛ або списку номерів вагонів у поїздах, що прибувають;
- отримання номерного списку вагонів поїзда, що прибуває.

Після прибуття поїзда оператор парку прибуття формує оглядовий листок. Оглядовий листок формується для кожної групи оглядачів, на кожний бік поїзда. В оглядовий листок входять дані діагностики, що надійшли з пристроїв, від оглядачів вагонів після зустрічі поїзда «з ходу», інформація від локомотивної бригади, з постів безпеки і контрольних постів.

Окрім вищеперелічених функцій АРМ оператора, МПТОв надає можливість отримання такої інформації:

- про наявність вагонів з граничними експлуатаційними характеристиками;
- про вагони, що неодноразово надходили у ТОВ-2 внаслідок відмов елементів ходових частин, автогальмового і автозчіпного устаткування;
- перегляд технічного стану вагонів, що очікують ТОВ-2, і складання оперативного плану майбутніх робіт;
- про наявність вагонів з небезпечними вантажами.

Контроль і ремонт вагонів у транзитному парку проводиться на підставі інформації, отриманої по АСУ МПТО. Інформація, що отримується по АСУ МПТО АРМ транзитного парку, аналогічна інформації, що отримується АРМ парку прибуття.

Функції АРМ оператора парку відправлення:

- записи гальмівних процесів у поїзді;
- індикація процесів випробування автогальм на екран монітора комп'ютера;

- збір інформації про процес випробування автогальм і даних про состав;
- обробка зібраної інформації про склад, підрахунок гальмового натиснення поїзда і видача довідки ф. ВУ-45.

Тема 5. СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ВАГОНА ЯК ДО ОБ'ЄКТА ДІАГНОСТУВАННЯ

Ускладнення конструкції вагонів та підвищення напруженості їх роботи ставлять підвищені вимоги до забезпечення надійності їх роботи.

Підтримання високого рівня надійності вимагає своєчасного попередження, виявлення та встановлення можливих несправностей, особливо прихованих, які неможливо виявити зовнішнім оглядом.

Для цього необхідні методи інструментального контролю щодо їх використання під час часткового або повного розбирання вузлів та агрегатів вагона. Разом з тим, відомо, що розбирання вузлів та агрегатів, враховуючи складність конструкції сучасних вагонів, для виявлення прихованих несправностей та пошкоджень пов'язано зі значними витратами часу та коштів, а також з порушенням зв'язку деталей, що дуже скорочує термін роботи агрегатів та вузлів, знижує їх надійність.

Відомо, що ступінь надійності дій людини без застосування технічних засобів складає 10^{-3} , а при їх застосуванні зростає до 10^{-8} , тобто імовірність пропускання несправностей значно зменшується.

Поява нових технологій, приладів і обладнання робить сучасну діагностику цілісною і здатною відігравати одну з ключових ролей в ефективності роботи вагонобудівних і вагоноремонтних підприємств з випуску вагонів з високим рівнем технологічної безпеки та ефективності.

Систематичне проведення технічної діагностики на різних стадіях технологічного процесу допомагають визначити ті стадії процесу, на яких виникають дефекти, а отже, встановити і усунути причини браку.

На сучасному етапі виробництва змінилася сама сутність операцій контролю. З пасивного, що тільки фіксує якість готових деталей, контроль перетворюється в активний метод корегування технологічного процесу. Особливо зростає його активна роль в умовах автоматизації виробництва.

Усі типи вагонів можна розглядати як узагальнений об'єкт діагностування у вигляді системи, що складається з безлічі блоків

разом зі зв'язками і їхніми ознаками. Відповідно до теорії систем під блоками вагона будемо мати на увазі його частини чи складальні одиниці у вигляді установок, приладів, апаратів і різноманітних інших елементів.

З визначення системи випливає, що вагон як система допускає можливість розбиття на підсистеми. Перехід до підсистем приводить до нової безлічі зв'язків. Отже, вагон можна розділити спочатку на великі підсистеми, а потім у міру поглиблення процесу діагностування робити все нові поділи системи.

При поділі системи на підсистеми необхідно враховувати їхні взаємодії і взаємний вплив.

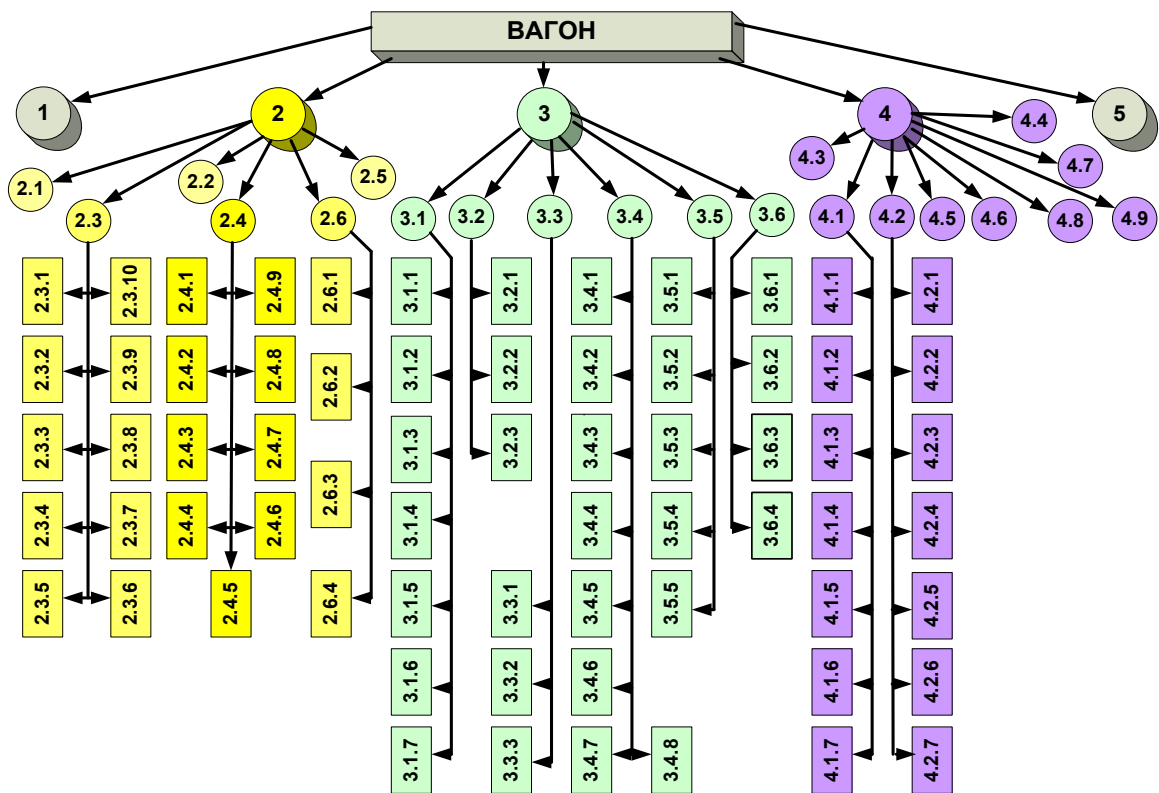
Якщо кожна частина системи зв'язана в такий спосіб з іншою частиною, що зміна в одній частині викликає зміни в усіх інших частинах і в усій системі, у цьому випадку говорять, що система поводить себе когерентно або як одне ціле. Іншу крайність являють собою підсистеми, що зовсім не впливають одна на одну. У цьому випадку підсистеми називаються незалежними, чи адитивними. Досвід діагностування вагонів показує, що в основному ми маємо справу з проміжними системами і тому при їхньому контролі треба постійно оцінювати взаємний вплив блоків.

При розробленні стратегії діагностування вагонів необхідно враховувати роль даної підсистеми, тобто є вона ведучою чи обслуговуючою.

Аналіз конструкцій різних типів вагонів показує, що в них можна виділити кілька ведучих підсистем. Таке розчленування узагальненого вагона як об'єкта діагностування наведено на рисунку 5.1.

Вагон подається у вигляді системи, що складається з блоків.

Вагон, вузол і кожна деталь виготовляється за розробленими кресленнями з певними допусками на розмір та дотриманням існуючих технічних умов. Усі ці деталі та вузли при встановленні на вагоні утворюють структуру, тобто конструкцію, яка складається з певної кількості сукупно працюючих функціональних вузлів. Структуру вагона, як і інших машин, часто називають упорядкованою на відміну від тих деталей, що можуть бути звалені у купу.



1 – кузов; 2 – ходова частина; 2.1 – рама бокова; 2.2 – колісна пара; 2.3 – букса; 2.3.1 – корпус букси; 2.3.2 – підшипники; 2.3.3 – лабіринтове ущільнення; 2.3.4 – кришка кріпильна; 2.3.5 – кришка оглядова; 2.3.6 – болти кріплення кришок; 2.3.7 – гайка торцева; 2.3.8 – планка стопорна; 2.3.9 – болти планки стопорної; 2.3.10 – мастило буксове; 2.4 – важільна передача; 2.4.1 – важіль вертикальний; 2.4.2 – серга; 2.4.3 – розпірка; 2.4.4 – шайба; 2.4.5 – шплінт; 2.4.6 – підвіска триангеля; 2.4.7 – валик; 2.4.8 – триангель; 2.4.9 – башмак; 2.5 – надресорна балка; 2.6 – центральне підвішування; 2.6.1 – пружина зовнішня; 2.6.2 – пружина внутрішня; 2.6.3 – фрикційна планка; 2.6.4 – фрикційний клин; 3 – автогальмове обладнання; 3.1 – магістраль; 3.1.1 – магістральна труба; 3.1.2 – кран кінцевий; 3.1.3 – державка; 3.1.4 – рукав; 3.1.5 – трійник; 3.1.6 – кран роз'єднувальний; 3.1.7 – арматура (муфти, гайки); 3.2 – повітророзподільник; 3.2.1 – магістральна частина; 3.2.2 – головна частина; 3.2.3 – двохкамерний резервуар; 3.3 – запасний резервуар; 3.3.1 – корпус; 3.3.2 – штуцер магістралі; 3.3.3 – штуцер водоспускний; 3.4 – гальмовий циліндр; 3.4.1 – корпус; 3.4.2 – кришка передня; 3.4.3 – кришка задня; 3.4.4 – поршень; 3.4.5 – манжета; 3.4.6 – кільце змащувальне; 3.4.7 – шток; 3.4.8 – пружина; 3.5 – важільна передача; 3.5.1 – авторегулятор важільної передачі; 3.5.2 – тяга; 3.5.3 – важіль головний; 3.5.4 – затяжка; 3.5.5 – важіль вертикальний; 3.6 – авторегулятор; 3.6.1 – корпус; 3.6.2 – демпферна частина; 3.6.3 – пневмореле; 3.6.4 – кронштейн; 4 – автозчіпний пристрій; 4.1 – автозчеп; 4.1.1 – корпус; 4.1.2 – замок; 4.1.3 – замкоутримувач; 4.1.4 – запобіжник від саморозчеплення; 4.1.5 – підйомник; 4.1.6 – валик підйомника; 4.1.7 – болт; 4.2 – поглинальний апарат; 4.2.1 – корпус; 4.2.2 – конус натискний; 4.2.3 – стяжний болт; 4.2.4 – клин фрикційний; 4.2.5 – шайба натискна; 4.2.6 – пружина зовнішня; 4.2.7 – пружина внутрішня; 4.3 – тяговий хомут; 4.4 – клин тягового хомути; 4.5 – маятникова підвіска; 4.6 – плита упорна; 4.7 – балочка центрувальна; 4.8 – розчіпний важіль; 4.9 – ланцюг розчіпний; 5 – спеціальне обладнання

Рисунок 5.1 – Граф типової структури вантажного вагона як об'єкта діагностування (три рівні ієрархії)

Структура функціональних вузлів вагонів характеризується:

- 1) сумісним розташуванням деталей, з яких складається вузол;
- 2) формою та розмірами цих деталей;
- 3) видом з'єднань деталей однієї з іншою.

Структура вузлів забезпечує виконання заданих робочих функцій. Разом з тим структура вузлів визначає закладені в них під час проектування та виготовлення техніко-експлуатаційні якості, які й забезпечують ефективність використання вагона в експлуатації.

У процесі тривалого використання макроструктура, тобто структура, яка характеризується взаємним розташуванням деталей, не змінюється. Проте мікроструктура, тобто взаємозв'язок з'єднання окремих деталей (структурних елементів), поступово змінюється внаслідок ряду процесів руйнування. Змінюються розміри та форма самих структурних елементів. Можлива зміна характеру взаємодії з'єднаних деталей.

Структура функціональних вузлів, зв'язок та взаємодія структурних елементів характеризуються та оцінюються певними параметрами, що називаються структурними параметрами.

Технічний стан вузла оцінюється кількісними значеннями структурних параметрів, які можуть бути номінальними, допустимими та граничними.

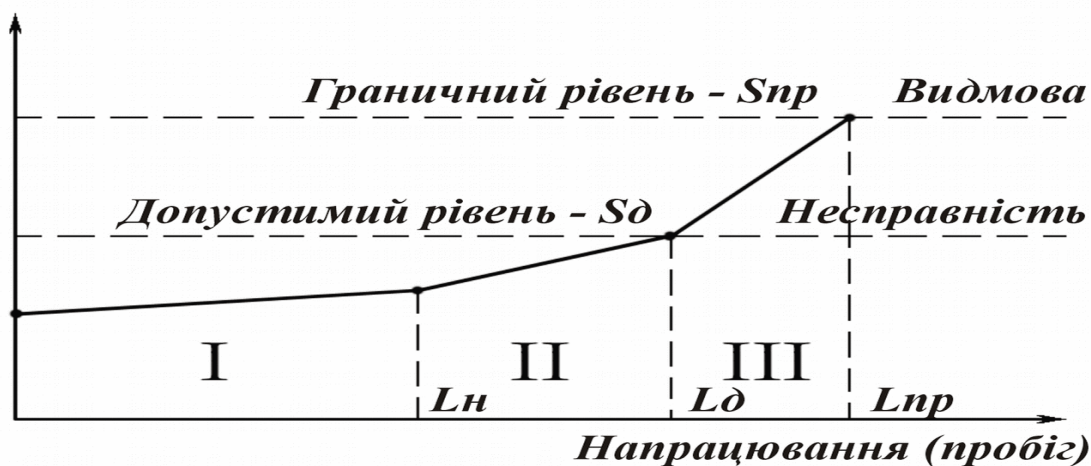
У процесі експлуатації структурні параметри змінюються, тобто збільшуються або зменшуються їх чисельні значення, але завжди це призводить до погіршення технічного стану вузла, що у свою чергу несприятливо впливає на сукупність його експлуатаційних якостей.

Зміна структурного параметра, яка супроводжується погіршенням технічного стану вузла, звичайно зовні проявляється в появі стуку, шуму, вібрації та інших явищ, котрі ще не призводять до втрати працездатності вузла, але вказують на його несправність. Поступово накопичуючись, зміни структурних параметрів поступово досягають такої кількісної межі, при якій настає докорінна, іноді стрибкоподібна якісна зміна.

Граничне значення структурного параметра відповідає або повній втраті працездатності вузла, тобто неможливості виконувати свої функції, або такому зниженню експлуатаційних

якостей, коли подальша експлуатація вагона стає неможливою з технічних та економічних міркувань.

Наприклад, на рисунку 5.2 зображено, як зі збільшенням напруцювання (тривалості або обсягу роботи вузла, що виміряні в кілометрах пробігу, мото-годинах, тонно-кілометрах та інших одиницях) при досягненні допустимого рівня значення структурного параметра при пробігу L_e у вузлі виникають несправності; якщо вони не були усунені, то при пробігу L_m значення структурного параметра сягають граничного рівня й настає відмова.



<i>Справний технічний стан</i>	<i>Несправний</i>
<i>Працездатність вузла</i>	
	<i>Непрацездатність</i>

Рисунок 5.2 – Залежність технічного стану вузла від тривалості або обсягу роботи

Таким чином, при значеннях структурного параметра, які перебувають між номінальними та допустимими їх рівнями, можна говорити про їх технічний стан.

Вузол або вагон у цілому можуть бути в одному з трьох технічних станів:

- справному та працездатному;
- несправному та непрацездатному;
- несправному, але ще працездатному.

Останній технічний стан настає тоді, коли у вузлі виникає відмова.

Відмова характеризується тим, що структурні параметри вузла сягають гранично встановлених значень, при яких подальша експлуатація вагона неможлива через втрату працездатності.

Треба чітко розмежовувати відмову та несправність. Остання не пов'язана з втратою працездатності, але не дає можливості вузлу виконувати свої функції або дає змогу виконувати їх, але з певними порушеннями.

Своєчасно не усунена несправність може призвести до відмови.

Фізична природа відмови дуже різноманітна й часто дуже складна. Але найчастіше в експлуатації трапляються такі відмови, які виникають у результаті старіння деталей та вузлів. Нерідко відмови виникають раптово, як наслідок поступового накопичення тріщин від втоми у деталях або поступового порушення взаємного положення, наприклад, послаблення затяжки різьбових з'єднань.

Тема 6. ВИМОГИ ДО ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВУЗЛІВ ВАГОНА

Параметри вихідних супутніх або робочих процесів дуже зручно приймати за непрямі ознаки чи симптоми несправного технічного стану об'єкта без його розбирання, тому що вихідні параметри по самій суті цього поняття можуть визначатися зовні, вони доступні вимірюванню. Однак не кожен вихідний параметр може стати діагностичним, тобто використовуватися при проведенні операції діагностування. Для цього параметр має відповідати таким вимогам: *однозначності* – тобто кожному значенню структурного параметра, який характеризує технічний стан об'єкта, відповідає тільки одне, цілком визначене значення параметра вихідного процесу; *чутливості* – тобто зміні структурного параметра має відповідати якомога більша зміна вихідного параметра; *доступності та зручності* виміру параметра.

Розглядаючи графіки залежності параметра вихідного процесу від величини структурного параметра (рисунок 6.1, а), припустимо, що по осі абсцис відкладено величину структурного параметра S , наприклад зазору, а по осі ординат – параметр вихідного процесу D . Якщо між структурними та вихідними параметрами залежність лінійна (2), то вона повністю відповідає вимогам однозначності, тому що кожному значенню структурного параметра S_2 відповідає одне значення вихідного параметра D_2 . Для залежності по кривій (1) вимога однозначності не виконується, тому що одному значенню параметра D_1 відповідає два значення S'_1 та S''_1 структурного параметра.

З двох (1 та 2) лінійних залежностей вихідного параметра від структурного видно, що при одній і тій самій зміні ΔS вихідний параметр D_1 змінюється більш ніж D_2 , тобто $\Delta D_1 > \Delta D_2$. Звідси виходить, що параметр D_1 чутливіший за параметр D_2 і за його зміною легше і точніше можна уловити зміну структурного параметра.

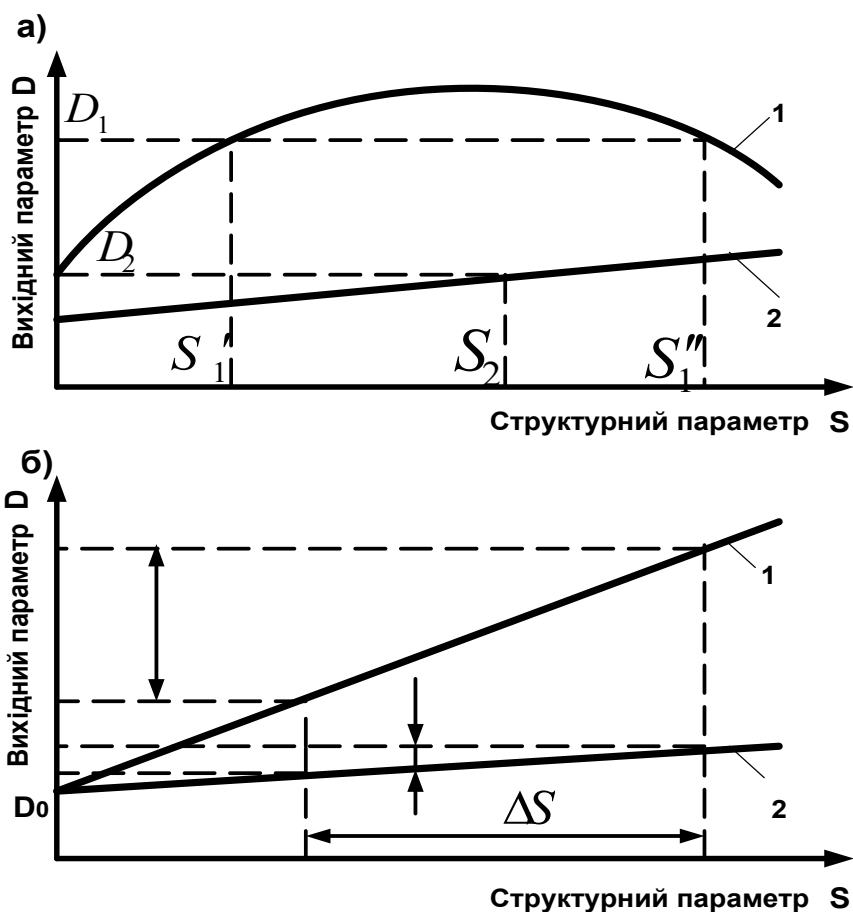


Рисунок 6.1 – Діаграми до визначення поняття

однозначності (а); чутливості (б)

Вимоги, що розглядалися до діагностичних параметрів, можуть бути задоволені при різних швидкісних, вантажних і теплових режимах об'єкта, що діагностується. Тому у процесі діагностування використовуються різноманітні засоби, що задають або підтримують режим роботи об'єкта, найбільш сприятливі з точки зору інформативності діагностичного параметра, що вимірюється, і відповідно оптимальні для установалення діагнозу.

Початкове значення діагностичного параметра D_0 характеризує повну справність об'єкта діагностики і відповідає номінальному значенню структурного параметра S_0 . Початкове значення структурного параметра характеризує технічний стан вагона після виготовлення або при випуску з капітального ремонту. Всі наступні значення діагностичного параметра, які порівнюються з початковим значенням, вказують на ступінь відхилення структурного параметра об'єкта від номіналу.

Діагностичні симптоми і параметри за обсягом, характером і взаємозалежністю інформації, яку вони дають про несправність або відмову об'єкта, що діагностується, об'єднують у три групи:

- *власні* діагностичні симптоми (параметри), що не залежать від інших, вказують на досить конкретну несправність вузла;
- *загальні* (інтегральні) – діагностичні симптоми, які характеризують технічний стан об'єкта діагностики в цілому;
- *взаємозалежні* (симптомокомплекси) – діагностичні симптоми або параметри, які характеризують несправність тільки у купі кількох параметрів, знайдених та виміряних водночас.

Допустиме значення структурного параметра характеризує технічний стан від початкового до проміжного значення, коли складальну одиницю або вузол вже не можна вважати справними, але разом з тим продовження експлуатації вагона або його вузла ще можливе до чергового технічного обслуговування або ремонту, але із зниженими техніко-економічними показниками. Продовження експлуатації вагона призводить до поступового накопичення змін у деталях і вузлах у таких кількостях, що структурні параметри досягають межі, при якій настає корінна, а часом стрибкоподібна їх якісна зміна.

Таким чином, настає граничне значення структурного параметра, яке відповідає повній втраті працездатності складальної одиниці або вузла, тобто вузол або повністю перестає виконувати свої функції, або його техніко-економічні властивості знижуються настільки, що подальша експлуатація стає неприпустимою.

Тема 7. ОПИС МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ОБ'ЄКТІВ ДІАГНОЗУ

Методи побудови алгоритмів діагнозу технічного стану деякого об'єкта передбачають наявність формального опису об'єкта та його поведінку в справному та несправному станах. Такий формальний опис (в аналітичній, табличній, векторній, графічній та іншій формі) називають *математичною моделлю об'єкта діагнозу*.

Основна вимога до математичної моделі справного об'єкта та його несправних модифікацій постає в тому, щоб вона з необхідною точністю описувала подані його об'єкти та їх несправності.

Справний чи несправний об'єкт може бути поданий як діагностична система, стан якої у кожен момент часу t визначається значеннями вхідних, внутрішніх та вихідних параметрів.

Вхідні та внутрішні параметри об'єкта називають вхідними й відповідно внутрішніми змінними, а вихідні параметри – вихідними функціями. Зауважимо, що вхідні змінні та вихідні функції можуть бути зіставлені як основним, так і додатковим входом і виходом об'єкта.

Позначимо символом X n -мірний вектор, компонентами якого є значення n вхідних змінних x_1, x_2, \dots, x_n . Так само Y є m -мірним вектором значень m внутрішніх змінних y_1, y_2, \dots, y_m , а Z – k -мірним вектором значень k вихідних функцій z_1, z_2, \dots, z_k .

Запис

$$Z = \Psi(X, Y_{\text{воч}}, t) \quad (7.1)$$

будемо розглядати як деяку аналітичну, векторну, графічну, табличну чи іншу форму уявлення системи передавальних

функцій *справного* об'єкта діагнозу, що відображає залежність вихідних функцій Z , які реалізуються об'єктом, від його вхідних змінних X , початкового значення $Y_{поч}$ внутрішніх змінних й від часу t . Система (7.1) є *математичною моделлю справного об'єкта*.

Виділимо для розгляду кінцеву множину можливих несправностей об'єкта. Прийнято розрізняти одиничні та кратні несправності. Під *одиничною* розуміють несправність, що приймається як елементарна, тобто така, що не може бути представлена сукупністю декількох інших, більш “малих” несправностей. *Кратна* несправність є сукупністю одночасно існуючих двох або більшого числа поодиноких несправностей. Символом S будемо позначати множину всіх одиничних і кратних несправностей об'єкта, а символом O – множину його одиничних несправностей.

Очевидно, що $O \in S$.

Слід сказати, що при наявності в об'єкті несправності $s_i \in S$, $i=1, 2, \dots, |S|$ (або $o_i \in O$, $i=1, 2, \dots, |O|$) він буде перебувати в i -несправному стані або є i -несправним.

Об'єкт діагнозу, що перебуває в i -несправному стані, реалізує систему передавальних функцій

$$Z^i = \Psi^i(X, Y_{поч}^i, t), \quad (7.2)$$

що подані у тій самій формі, що й передавальні функції (7.1). Слід зауважити, що початкове значення $Y_{поч}^i$ внутрішніх змінних i -несправного об'єкта може не збігатися з їх початковим значенням $Y_{поч}$ у справному об'єкті. Система (7.2) для фіксованого i є *математичною моделлю i -несправного об'єкта*.

Тема 8. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АГРЕГАТІВ ТА ВУЗЛІВ ВАГОНІВ

Технічна діагностика в широкому розумінні покликана вирішувати такі завдання:

- визначення технічного стану вагона в даний момент часу (діагностика);
- передбачення майбутнього технічного стану і визначення пробігів до наступного технічного впливу (технічна прогностика);
- встановлення технічного стану, в якому вагон перебував у минулому, наприклад, перед аварією (технічна генетика).

Знання стану вагона (діагнозу) є обов'язковим як для прогнозу, так і для генезу, тому технічна діагностика – це основа технічної прогностики і генетики.

Прогнозування термінів служби вагона або його вузлів до моменту виникнення граничного стану, обумовленого технічною документацією, або до списання залежно від умов експлуатації і заданого рівня ймовірності безвідмовної роботи є основним завданням діагностики, яка здійснюється методами, поданими нижче.

Параметричний метод технічної діагностики полягає в періодичному або безперервному спостереженні за робочими параметрами ЗТД за допомогою штатних ЗТД у порівнянні їх з допустимими величинами та прийнятті рішень з виконання регульовальних або ремонтних операцій. Оцінку технічного стану ЗТД у цьому випадку проводять як за окремими, так і за узагальненими показниками.

Ефективність методу параметричної діагностики залежить від правильності вибору вихідних даних, а також від досконалості діагностичної логіки, яка використовується для їх обробки. Практичне впровадження методу пов'язане з розробленням алгоритмів розрахунку вихідних параметрів і створенням обчислювальних засобів, здатних реалізувати дані алгоритми з необхідною швидкістю і точністю. До недоліків методу слід віднести необхідність врахування впливу на вихідні параметри змін режиму роботи виробу.

Таким чином, параметричний метод не слід розглядати як основний для технічної діагностики, і він має використовуватися тільки в поєднанні з іншими методами.

Інструментальний метод технічної діагностики полягає в оцінці технічного стану деталей і вузлів за допомогою універсального або спеціалізованого вимірювального інструменту (виявлення прихованих дефектів деталей за допомогою засобів неруйнівного контролю).

Цим методом, перш за все, оцінюють зазори в підшипниках за допомогою щупів або індикаторних головок шляхом переміщення з'єднаних деталей. Зокрема, так визначають розклепування колінчастих валів (тобто зміну відстаней між щоками при повороті колінчастого вала навколо осі), що характеризує якість укладання вала у гніздах підшипників.

При інструментальних методах часто використовуються оптичні прилади – ендоскопи, призначені для огляду внутрішніх порожнин без розбирання для виявлення пошкоджень і відкладень, наприклад, у втулок, поршнів і клапанів дизелів.

Віброакустичні методи технічної діагностики охоплюють широку сферу використання засобів вимірювання низькочастотних і високочастотних коливань ЗТС та їх елементів, що виникають при їх роботі.

Вібраційне діагностування об'єктів проводиться в три етапи: первинний опис вібраційного стану об'єкта, виділення ознак і прийняття рішення.

Вибір діагностичних параметрів вібрації залежить від типів досліджуваних механізмів, амплітудного та частотного діапазону вимірюваних коливань.

У низькочастотному діапазоні частіше вимірюють параметри *вібропереміщення*, в середньочастотному – *віброшвидкості*, а в високочастотному – *віброприскорення*.

Віброакустична діагностика базується на принципі бездемонтажного визначення технічного стану обладнання в робочих умовах за параметрами коливальних процесів, що супроводжують його функціонування.

Метод спектрального аналізу дає змогу визначати величину абсолютного зносу з'єднаних деталей і швидкість їх зношування. Суть методу базується на емісійній спектроскопії за допомогою:

- кварцового спектрографа для фотографування спектрів;
- генератора для отримання дуги змінного струму;
- спектропроекторів для розшифровки спектрограм;
- мікрофотометра для фотометрії спектральних ліній досліджуваних елементів.

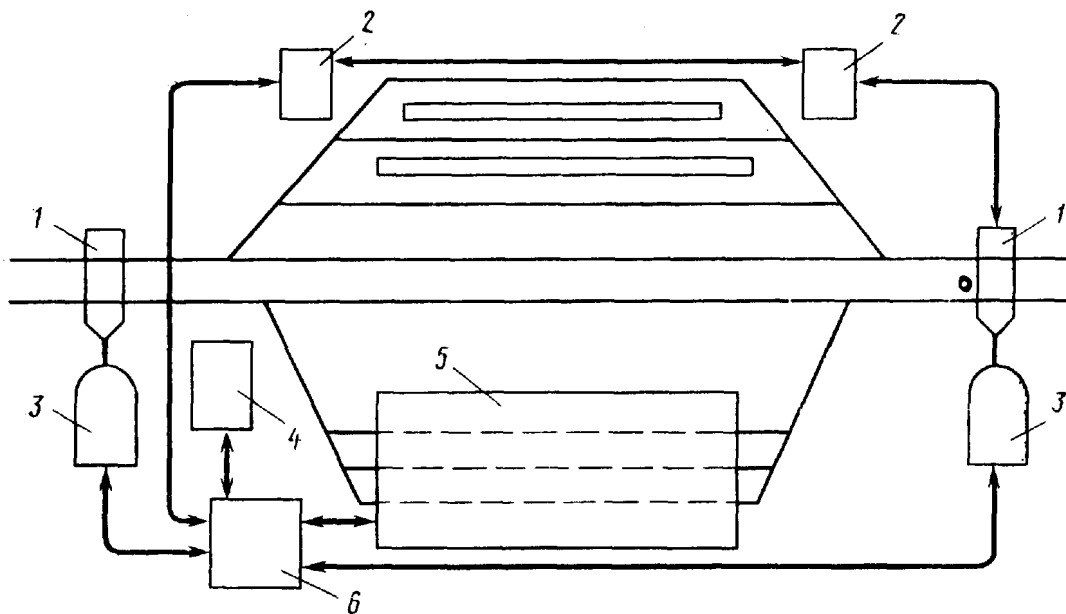
Метод радіоактивних ізотопів побудований на підвищенні кількості радіоактивного ізотопу в олії через зношування активованих деталей.

Щоб знати про технічний стан вагона при його підготовці до модернізації або проведення ремонтних робіт, необхідно, по-перше, бути впевненим у тому, що технічний стан виробу відповідає вимогам його подальшої експлуатації і, по-друге, знати, що якщо технічний стан викликає побоювання щодо подальшої експлуатації виробу, то цей стан можна виправити, іншими словами – повернути вагону його працездатність.

Але для цього необхідно знати ті технічні особливості вагона, які впливають на працездатність кожного вузла конструкції. Таких особливостей дуже багато, і їх значення для формування працездатності різне. Тому в першу чергу потрібно оцінити найбільш значущі технічні властивості спостережуваного об'єкта.

На залізницях можна застосовувати комплексну систему контролю за поїздами, що проходять, основним елементом якої будуть пункти діагностування технічного стану рухомого складу (рисунок 8.1).

Усі підрозділи пункту діагностування технічного стану з'єднані системами зв'язку та обміну інформацією. Технологія діагностування рухомого складу така: проходячи через станцію, поїзди контролюються стаціонарними засобами технічного діагностування і за допомогою установок промислового телебачення, що розташовані у приміщенні оператора, виявляються в основному несправності, що загрожують безпеці руху поїздів (нагрівання букс, дефекти поверхні кочення коліс, обриви і деталі, що волочаться, зовнішні дефекти ходових частин, кузова і зрушення вантажу, що перевозиться). Уся ця інформація, доповнена результатами органолептичного контролю працівників ПТО, надходить у центральний пункт діагностування і далі до диспетчера для проведення відповідних заходів.



1 — приймальні стаціонарні засоби технічного діагностування; 2 — пункти зв'язку з оглядачами (операторами); 3 — операторна з апаратурою попередньої обробки інформації і телевізійного контролю за поїздами, що проходять; 4 — пункт технічного обслуговування вагонів; 5 — центральний пункт діагностування вагонів; 6 — вагонне депо

Рисунок 8.1 – Схема розташування пункту діагностування рухомого складу на станції

Центральний пункт діагностування оснащують ЕОМ для аналізу інформації, що надходить, постановки діагнозу і вироблення рішення. В ЕОМ накопичується інформація про технічний стан вагонів і по лініях зв'язку передається в обслуговуючі і ремонтні підрозділи. Поїзди, що прибувають на станцію, приймають на відповідні колії, де піддають поглибленому діагностуванню як стаціонарними, так і пересувними засобами технічного діагностування за участю операторів-діагностів. Діагностична інформація через пункти зв'язку передається в центральний пункт діагностування і далі в депо для організації відповідного відновлення працездатності вагонів. Одночасно ЕОМ за відповідними алгоритмами розраховує потребу у виконавцях і обсягах ремонтних робіт, запасних частинах і інструментах.

Як зазначалося вище у відповідних розділах, розроблені та впроваджуються ЗТД, що виявляють: перегрівання букс; ударні

дефекти коліс; деталі, що волочаться; граничний прокат коліс; знос гребенів коліс; дефекти роликів підшипників, що не викликають нагрівання букс; несправності торцевого кріплення букс; загальмовані колеса; несправності гальма візка; перекриті кінцеві крани гальмової магістралі; витікання стисненого повітря з гальмової системи поїзда; несправності поглинальних апаратів автозчепу; дефекти механізму автозчеплення.

Крім перелічених ЗТД, центральний пункт діагностування вагонів може бути оснащений:

- підсистемою контролю перевантаження вагонів, що автоматично виявляє вагони, які перевантажені до величини, яка загрожує безпеці руху. В процесі виявлення деформація стискання шийки рейки перетворюється в електричний сигнал, амплітуда якого пропорційна тиску колеса на рейку. Характеристика дефекту, що виявляється, – контроль перевантаження за трьома рівнями (10, 12, 15 т і вище вантажопідйомності і перевантаження, що допускається). Окремо для вагонів 1-, 2- і 3-ї категорії вантажопідйомності, з погрешністю не більше 5 % без обмеження швидкості руху проходження контрольного пункту; також для контролю нерівномірності завантаження візків і боків вагона з видачею інформації з фактичних значень. Вірогідність – 90 %, виявлення – 80 %;

- підсистемою контролю габариту, що виявляє в автоматичному режимі порушення верхнього та бокового габариту рухомого складу вагоном або вантажем. Принцип дії – перекривання світлового променя при виході за габарити елементів вагона або вантажу, що перевозиться.

Є також розроблений принцип дистанційного контролю цілісності несучих елементів вагонів (рисунок 8.2). На елементи 1 вагона, у яких можуть утворюватися тріщини, встановлюють чутливі елементи 2, які шунтують коливальні контури 3. Чутливі елементи 2 виконані у вигляді тонкої металевої нитки (пластинки) з механічними характеристиками, близькими до основних матеріалів кузова. Їх наклеюють (приварюють) у місцях, де найчастіше виникають тріщини в несучих елементах. Таким чином, вагон фактично обладнується пасивними датчиками засобів діагностування. Якщо такий датчик

опромінити радіохвилями від передавача 6, то сигнал на приймач 5 не буде надходити, тому що коливальний контур 3 залишається шунтованим елементом 2.

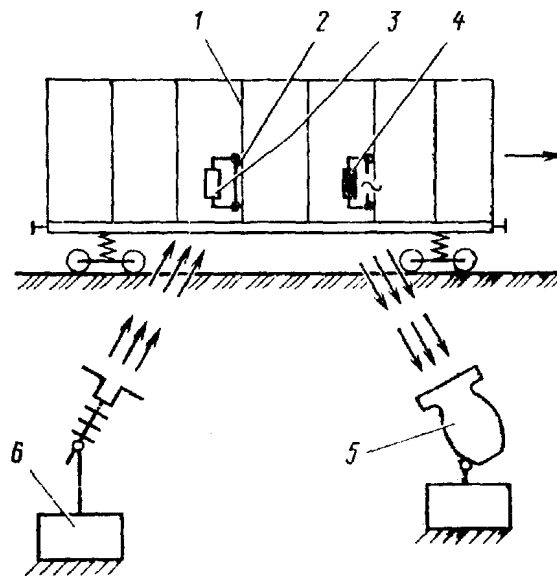


Рисунок 8.2 – Схема установки для дистанційного контролю цілісності несучих конструкцій вагонів

З появою несправності, тобто утворення тріщини в несучому елементі, відбудеться розрив чутливого елемента 2 і контур 4 звільниться від шунтування. У цьому випадку при опроміненні від генератора 6 контур 4 сам стає передавачем і частина сприйнятої ним енергії почне випромінювати, що буде зафіксовано приймачем 5. У такий спосіб виникає можливість автоматизувати трудомістку роботу оглядачів з виявлення тріщин у несучих елементах вагонів.

Останнім часом прийнято рішення про впровадження на залізницях України обладнання для дооснащення пунктів технічного обслуговування вагонів сітьового значення (СПТО).

Основною метою цього заходу є радикальне скорочення експлуатаційних витрат на технічне обслуговування вантажних вагонів, підвищення пропускної та провізної спроможності залізниць України і особливо міжнародних транспортних коридорів з безумовним забезпеченням безпеки руху поїздів.

В основу роботи СПТО покладено застосування високоефективних технологій на спеціалізованих коліях ремонту вагонів з повною механізацією та автоматизацією всіх видів

робіт, програмно-технологічного комплексу АСУ СПТО, що об'єднує всі підрозділи ПТО в єдину інформаційну систему.

Конкретними автоматизованими діагностичними системами контролю параметрів вагонів, які можуть застосовуватися на СПТО, є такі:

Комплекс технічних засобів багатофункціональний КТЗБ-02.

КТЗБ-02 являє собою систему автоматичного контролю, що включає в себе одну або кілька підсистем для виявлення дефектних вузлів і деталей вагонів (наприклад, букс, коліс, гальм, габариту й т. д.).

Основне призначення КТЗБ-02 полягає в контролі параметрів вагонів, прив'язаних до конкретних осей або рухомих одиниць, а також координації роботи підключених до нього підсистем і забезпеченні інформаційної взаємодії через систему централізації із системами контролю й керування верхнього рівня (автоматизована система контролю рухомого складу).

Перевагою даної системи є можливість її розширення, тому що підсистеми контролю стану окремих вузлів і деталей рухомого складу об'єднані інформаційно, мають загальний мережний інтерфейс, стандартні стики і єдиний протокол повідомлень.

На ПТО КТЗБ-02 передбачається комплектувати підсистемами контролю буксових вузлів, загальмованих коліс, підсистемою контролю деталей, що волочаться, й іншими підсистемами.

Система комплексного контролю технічного стану вагонів на ходу поїзда ДИСК-2.

Автоматизована система комплексного контролю ДИСК2 призначена для оснащення станцій з метою найбільш повного охоплення контролем несправностей рухомого складу.

До складу системи входять підсистеми: виявлення перегрітих букс (ДИСК2-Б), загальмованих коліс (ДИСК2-Т), деталей, що волочаться (ДИСК2-В), нерівностей коліс по колу кочення (ДИСК2-К), відхилень верхнього габариту рухомого складу (ДИСК2-Г), перевантаження або нерівномірного завантаження вантажу (ДИСК2-З).

Підсистема ДИСК2-3 – має виявляти вагони із середнім навантаженням на вісь понад 25 т й вагони з коефіцієнтом нерівномірного завантаження по боках або візках понад 0,25.

Підсистема ДИСК2-Г – має виявляти відхилення габариту за висотою 5400 мм від рівня головки рейки й за шириною 1950 мм в обидва боки від осі колії.

Підсистема ДИСК2-ГГ – підсистема контролю гальма візка, проводить на першому етапі автоматичний контроль наявності валика підвіски башмака візків вантажних вагонів на ходу поїзда. На другому етапі – контроль товщини гальмової колодки. Принцип дії – використання інфрачервоного випромінювання. Дає можливість виявляти наявність чи відсутність валика підвіски при швидкості від 0 до 40 км/год.

Підсистема ДИСК2-У – підсистема діагностування упрядного пристрою автозчепу. Призначення – одержання інформації про наявність несправностей упрядних пристроїв вантажних вагонів у поїздах, що рухаються (поглинальний апарат, що просів). Принцип дії – світлового потоку, відбитого від (блискучих) поверхонь, які прироблені у поглинального апарата, з ходом апарата 70 – 50 мм і 110 – 90 мм і більше. Вірогідність – 95 %, виявлення – 80 %.

Підсистема ДИСК2-Р – підсистема виявлення дефектів роликів підшипників. Призначення – безконтактне виявлення на ходу поїзда дефектних букс, несправність яких не викликає нагрівання буксового вузла. Принцип дії побудований на уловлюванні ультразвукових ударних імпульсів, що характерні для буксового вузла з дефектами підшипників і істотно відрізняються від коливань справного вузла. У такий спосіб виявляються утомні раковини на доріжках кочення внутрішніх і зовнішніх кілець, тріщини і розриви внутрішніх і зовнішніх кілець, дефекти роликів, відколи бортів.

Підсистема ДИСК2-ГВ – пристрій контролю герметичності (витоків повітря) гальмової магістралі поїзда. Призначення – виявлення місць витоків повітря в гальмовій системі поїздів, що рухаються, і таких, що стоять.

Принцип дії заснований на уловлюванні ультразвукових сигналів, що виникають у місцях витоків повітря в діапазоні 25 – 45 кГц. Призначений для пошуку конкретного місця витoku (з

точністю до 2,5 м від місця витоку). Вірогідність і виявлення становлять 90 %.

Підсистема ДИСК2-ПК – пристрій дистанційного контролю перекритих кінцевих кранів гальмової системи поїзда. Принцип дії – у зону розташування ручки кінцевого крана в міжвагонному просторі спрямований світловий потік, що приймається фотоприймачем на іншому боці колії. При перекритті потоку, рівного за розміром ручці крана, виробляється сигнал фіксації несправності.

Підсистема ДИСК2-ТК – пристрій для виявлення ослаблення торцевого кріплення роликового підшипника по зрушенню корпусу букси при русі поїзда. Принцип дії – оптичний метод контролю за відбитим променем від лабіринтового кільця. Пристрій фіксує порушення при зрушенні букси відносно лабіринтового кільця більш 1,5 мм. Вірогідність – 90 %. Виявлення – 97 %.

Автоматизований безконтактний комплекс контролю колісних пар.

Автоматизований безконтактний комплекс контролю колісних пар рухомого складу призначений для безконтактного контролю та аналізу параметрів колісних пар вагонів при входженні на ПТО.

Параметри діагностики: товщина гребеня колеса; різниця та сума товщини гребенів на колісній парі; рівномірний прокат; відстань між внутрішніми гранями ободів коліс; різниця відстані між внутрішніми гранями ободів коліс; товщина обода; ширина обода; діаметр колеса; різниця діаметрів коліс в одній колісній парі та у візку; рахунок кількості осей; визначення типу рухомого складу; визначення кількості вагонів у составі; реєстрація швидкості руху состава; реєстрація часу контролю; напрямок руху состава.

Система автоматизованого контролю механізму автозчепу «САКМА».

Система призначена для контролю наявності несправностей автозчепних пристроїв, через які може відбутися саморозчеплення автозчепу вантажних вагонів на ходу поїзда: знос замків; злам напрямного зуба; злам запобіжника від саморозчеплення; зношування замків, поверхонь контуру

зачеплення, перемички між напрямним зубом і сигнальним відростком; тріщини у великому й малому зубі, що призводять у режимі тяги поїзда до розширення зів; розширення зів.

Найбільш раціональним місцем розташування системи є ділянки витяжок з парків формування в парк відправлення – після «гірки», тому що саме «гірка» є одною з основних ділянок, де через динамічні перевантаження виникають дефекти в механізмі автозчепного пристрою, що призводять надалі до саморозчеплень на шляху прямування поїздів.

В основу покладений оптичний метод вимірювання відстані (зазор) між замком і ударною поверхнею зів сусіднього автозчепу. Зверху у зів автозчепу спрямований світловий потік від блока лазерних випромінювачів, а за допомогою магнітного фотоприймача, розташованого внизу, визначається величина зазору.

Вірогідність – 80 %, виявлення – 80 %.

Автоматизована система контролю відкритих, незафіксованих і деформованих люків і дверей вагонів.

Система призначена для контролю технічного й комерційного стану вантажних вагонів у поїздах, що прибувають на станцію. Система автоматизованого аналізу й обробки інформації забезпечує автоматизоване виявлення деформацій, відкритих люків та їх хитання й інших несправностей на основі обробки й підсумовування даних, що надходять від камер і датчиків.

Система здійснює відображення даних і сигналів тривоги на автоматизоване робоче місце оператора автоматизованої програмно-апаратної системи контролю технічного й комерційного стану вантажних вагонів у поїздах, що прибувають на станцію, а також надає можливість операторові здійснювати аналіз технічного й комерційного стану вантажних вагонів за відеозаписом.

Детектор дефектних коліс (ДДК).

Апаратура ДДК є підлоговим засобом автоматичної діагностики технічного стану вагонів на ходу поїзда й призначена для виявлення колісних пар з дефектами на поверхні кочення коліс, що викликають неприпустимі динамічні перевантаження невіднесених елементів вагонів і колії.

Робота апаратури ДДК побудована на вимірюванні спеціальними тензометричними схемами вертикальних сил, що діють між колесом і рейкою при їхній динамічній взаємодії, і порівнянні обмірюваних значень із припустимими нормованими рівнями сил. Перевищення нормованого рівня означає, що на поверхні кочення колеса є нерівність (або кілька нерівностей), що викликає неприпустимі динамічні перевантаження коліс і рейок.

Відомості про наявність у складі поїзда вагонів з колісними парами, що підлягають огляду й бракуванню, передаються по лінії зв'язку на ПТО, перед яким встановлена апаратура ДДК, у вигляді текстового файлу з виходів спеціалізованого комп'ютера, встановленого на посту діагностики.

Автоматизований діагностичний комплекс для виміру колісних пар вагонів на підходах до станції.

Автоматизований діагностичний комплекс для виміру колісних пар вагонів на підходах до станції призначений для виміру геометричних параметрів поверхні кочення, а також виявлення зношування й дефектів коліс на ходу поїзда, реєстрації несправностей колісних пар й оперативної передачі отриманої інформації на найближчий ПТО.

Контрольовані параметри: товщина й висота гребеня; товщина й ширина; діаметр по поверхні кочення; прокат; відстань між внутрішніми гранями коліс.

Контроль виконується при швидкості руху поїзда 60 км/год.

Для передачі інформації в АСУ ПТО використовується локальна мережа (стандарту Ethernet з виділенням не менш 3 IP-адрес).

Автоматичний пристрій контролю сповзання букси із шийки осі.

Автоматичний пристрій контролю сповзання букси із шийки осі призначено для виявлення на ходу поїзда роликів букс, що мають сповзання корпусу із шийки осі внаслідок руйнування торцевого кріплення, реєстрації таких букс й оперативної передачі отриманої інформації на найближчий ПТО.

Контрольована величина сповзання букси – від 0,5 до 15 мм.

Пристрій контролю гальм поїзда на ПТО.

Пристрій призначений для прискореного зарядження й випробування гальм поїздів на МПТО. Пристрій виконує

автоматичну реєстрацію ходу випробування гальм і розрахунок параметрів гальмової системи состава й локомотива з виводом даних у реальному часі на монітор, у мережу АСУ ПТО й на паперовий носій у вигляді графіків і за формою ВУ-45.

Пристрій дає змогу автоматизувати процеси підготовки гальм рухомого складу в парках відправлення, здійснювати контроль над якістю підготовки гальм і дотриманням технологічної дисципліни в парку відправлення.

Пристрій забезпечує: обробку гальм при підключенні гальмової мережі состава й локомотива до стаціонарних підлогових живильних колонок, розташованих у міжколійях парку відправлення (до 5 колонок); обробку гальм состава, у тому числі (від будь-якої колонки); продувку гальмової магістралі состава стисненим повітрям під тиском 0,15 МПа при з'єднанні гальмових рукавів; прискорене зарядження гальм з автоматичним завищенням тиску з наступною ліквідацією його темпом, що не призводить до спрацьовування автогальм з перевіркою гальм на м'якість із контролем спрацьовування; підтримку поїзного тиску й можливість регулювання його значення з пульта оператора парку; перевірку на виконання автоматичного ступеня гальмування з підтримкою заданої величини й можливість зміни її значення з пульта оператора; перевірку на відпущення гальм зарядним тиском; безперервний контроль тиску повітря в магістралі парку із сигналізацією зниження тиску; безперервний контроль тиску повітря в голові й у хвості состава; контроль в автоматичному й ручному режимі витоку й нещільності гальмової мережі состава при зарядному тиску й при ступені гальмування; контроль цілісності гальмової магістралі состава у всіх режимах до відправлення поїзда; контроль числа мимовільних спрацьовувань гальм; вимір швидкості гальмової хвилі состава; вимір швидкості відпускної хвилі состава; безперервний контроль на моніторі комп'ютера за зміною витоку й тиску повітря в гальмовій магістралі состава, тиску в напірній магістралі парку і тисків у гальмовій магістралі локомотива; реєстрацію процесів підготовки гальм, що включає для кожного оброблюваного состава таблицю обмірюваних параметрів гальм і запис у реальному часі графіка зміни величин: тиску повітря в напірній магістралі парку з оцінками щодо неприпустимого

зниження тиску; тиску в гальмовій магістралі состава; витоку повітря в магістралі із оцінками контролю оператором величини нещільності гальмової мережі, контролю цілісності магістралі (відсутності перекритих кінцевих кранів), спрацьовування гальм при проведенні зарядки й випробування; видачу на основі обмірюваних параметрів рекомендацій з ведення обробленого на маршруті з урахуванням місцевих інструкцій і стану автогальм состава; створення пакета документів про роботу ПТО (ВУ-45 та ін.); зарядку й випробування гальм у напівавтоматичному режимі з дистанційним керуванням процесами при використанні радіостанцій.

Пристрій має такі складові (див. рисунок 8.3):

- пульт оператора парку (ПОП), що має у своєму складі: персональний комп'ютер (ПК); принтер (ПУ); блок зв'язку; радіостанцію оператора (РС);
- пульт дистанційного керування (ПДК), підключений до радіостанції оглядача;
- блок зв'язку (БЗ);
- електричні комунікації, призначені для обміну інформацією між блоками пристрою й подачі живильної напруги на підлоговий блок живильної колонки;
- підлоговий блок живильної колонки (БЖК);
- пневматичні комунікації, призначені для підведення повітря від напірної мережі парку до підлогового блока живильної колонки;
- блок хвостового вагона (БХВ), призначений для контролю тиску в гальмовій магістралі хвостового вагона.

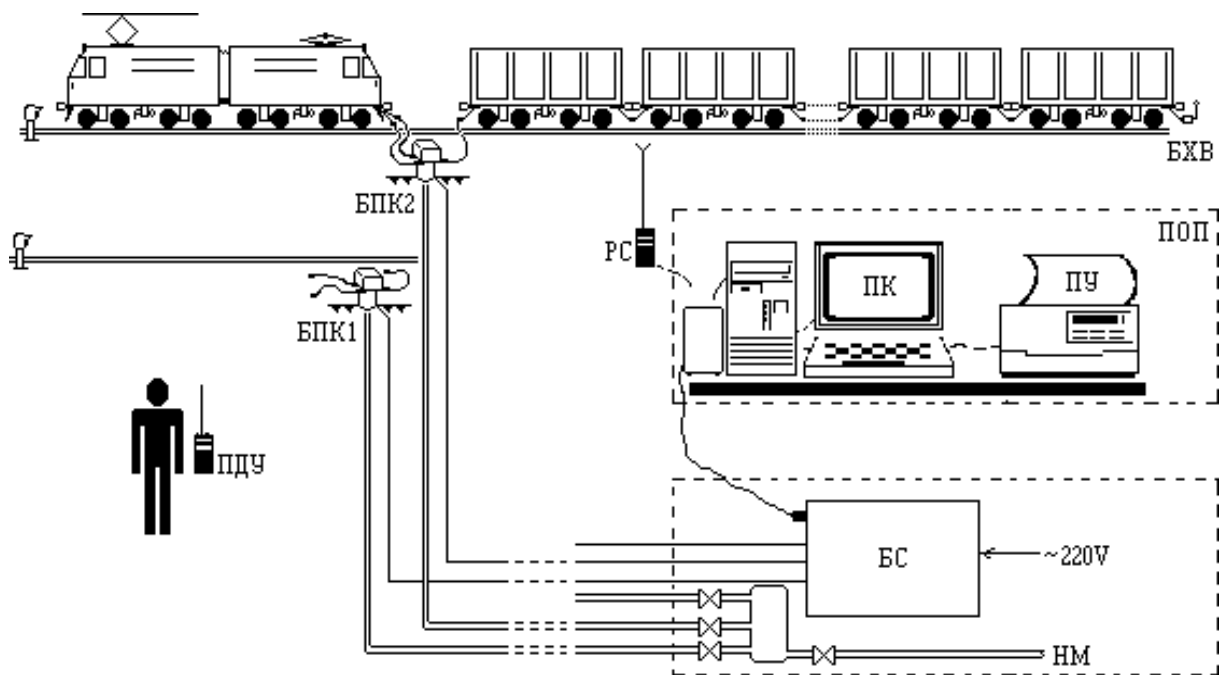


Рисунок 8.3 – Склад пристрою контролю гальм поїзда

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Александровская, Л.Н. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем [Текст]/ Л.Н. Александровская, А.П. Афанасьев, А.А. Лисов. – М.: Логос, 2003. – 208 с.
- 2 Биргер, И.А. Техническая диагностика [Текст]/ И.А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.
- 3 Борзилов, І.Д. Удосконалення технології технічного обслуговування та ремонту вагонів засобами технічної діагностики (частина 1) [Текст]: навч. Посібник / І.Д. Борзилов. – Харків: ТОВ “Енергозберігаючі технології”, 2003. – 91 с.
- 4 Борзилов, І.Д. Математична модель та алгоритм інформаційної технології виявлення пошкоджень та відмов вагонів [Текст] / І.Д. Борзилов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2007. – № 3 (65). – С. 35-37.
- 5 Волкова, В.Н. Основы теории систем и системного анализа [Текст] / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. — СПб.: Энергоиздат, 1997. — 113 с.
- 6 Воробьев, В.Г. Диагностирование и прогнозирование технического состояния авиационного оборудования [Текст] / В.Г. Воробьев, В.В. Глухов, Ю.В. Козлов и др.; под ред. И.М. Синдеева. – М.: Транспорт, 1988. – 191 с.
- 7 Дунаев И.М. Организация проектирования систем технического контроля [Текст] / И.М. Дунаев, Т.П. Скворцов, В.М. Чуприн. – М.: Машиностроение, 1981. – 191 с.
- 8 Зыков, Ю.В. Средства диагностирования при техническом обслуживании вагонов [Текст] / Ю.В. Зыков, С.Н. Лозинский, Г.К. Сендеров и др. // Железнодорожный транспорт. – 1993. – № 6. – С. 38-42.
- 9 Мозгалевский, А.В. Техническая диагностика: Непрерывные объекты [Текст] / А.В. Мозгалевский, Д.В. Гаскаров. – М.: Высш. школа, 1975. – 208 с.
- 10 Пархоменко, Н.Н. Основы технической диагностики [Текст] / Н.Н. Пархоменко, Е.С. Согомоян. – М.: Энергия, 1981. – 512 с.

11 Сенько, В.И. Совершенствование организации технического обслуживания и текущего ремонта грузовых вагонов [Текст] / В.И. Сенько. – Гомель: БелГУТ. – 2002. – 187 с.

12 Соколов, М.М. Диагностирование вагонов [Текст] / М.М. Соколов. – М.: Транспорт, 1990. – 197 с.

13 Цыган, Б.Г. Современное вагоностроение. Неразрушающий контроль и техническая диагностика [Текст] / Б.Г. Цыган, А.Б. Цыган, С.М. Мокроусов, В.П. Щербаков. – Кременчуг, 2010. – 532 с.