

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»

Інститут механічної інженерії та транспорту
(назва інституту)

Залізничний транспорт
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
Бакалавр
(ступінь вищої освіти)

на тему: **Удосконалення технології неруйнівного контролю та вимірювань при ремонті візків пасажирських вагонів.**

за освітньою програмою Вагони та вагонне господарство

зі спеціальності: 273 «Залізничний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Виконала: групи: ВГ-31спз
студентка

(підпис студента)

Василь ЯКИМОВ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

(підпис)

к.т.н. Василь ІЛЬЧИШИН

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Завідувач кафедри ЗТ

к.т.н., доц. Олена БАЛЬ

Львів – 2025 рік

Якимов В.В., Ільчишин В.М. (керівник). Удосконалення технології неруйнівного контролю та вимірювань при ремонті візків пасажирських вагонів. – Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 2025.

Розширена анотація

Інтенсивний розвиток виробництва та зростання обсягів залізничних перевезень супроводжуються підвищенням швидкостей руху, що, у свою чергу, вимагає більш високого рівня безпеки та надійності експлуатації рухомого складу. Одним із пріоритетних напрямів підвищення цієї надійності є впровадження сучасних методів неруйнівного контролю, які дають змогу своєчасно виявляти внутрішні та зовнішні дефекти без пошкодження конструктивних елементів. Особливу увагу в цьому контексті приділено візкам пасажирських вагонів, технічний стан яких суттєво впливає на плавність ходу, динамічну стійкість, зношення елементів колії та загальну безпеку руху поїздів.

Об'єктом дослідження даної роботи виступають візки пасажирських вагонів, зокрема їхні конструктивні елементи, що визначають надійність та довговічність роботи.

Метою дослідження є аналіз технічного стану візків, визначення характерних дефектів та розробка рекомендацій щодо удосконалення технологій ремонту й дефектоскопіювання з урахуванням сучасних вимог безпеки та ефективності технічного обслуговування.

Як результат, у роботі проведено аналіз конструктивних особливостей візків пасажирських вагонів, їхніх пошкоджень та технології ремонту, надані рекомендації щодо удосконалення технології ремонту, дефектоскопіювання деталей візків пасажирських вагонів, проведено розрахунок надресорної балки візка пасажирського вагона на міцність. Також у роботі були розглянуті вимоги з охорони праці при ремонті візків пасажирських вагонів.

Ключові слова: візок пасажирського вагона, неруйнівний контроль, дефектоскопія, ремонт, колісна пара, безпека руху.

Extended abstract

The intensive development of industrial production and the growing volume of railway transportation are accompanied by increased train speeds, which in turn require a higher level of safety and operational reliability of rolling stock. One of the priority areas for enhancing this reliability is the implementation of modern non-destructive testing (NDT) methods, which make it possible to detect internal and external defects in a timely manner without damaging the structural components. Special attention in this context is given to passenger car bogies, as their technical condition significantly affects ride smoothness, dynamic stability, track wear, and overall train traffic safety.

The object of the study is the bogies of passenger cars, particularly their structural components that determine the reliability and durability of operation.

The aim of the study is to analyze the technical condition of the bogies, identify typical defects, and develop recommendations for improving repair and defectoscopy technologies in line with modern safety and service efficiency requirements.

As a result, the study analyzes the structural features of passenger car bogies, typical damage to their components, and current repair technologies. Recommendations are provided for improving the repair processes and defectoscopy methods for bogie parts. A strength calculation of the bolster beam of a passenger car bogie was also performed. In addition, occupational health and safety requirements during bogie repair were examined.

Keywords: passenger car bogie, non-destructive testing, defectoscopy, repair, wheelset, traffic safety.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП..... | 12 |
| 1 АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВІЗКІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ, ЇХНІХ ПОШКОДЖЕНЬ ТА ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ | 13 |
| 1.1 КОНСТРУКЦІЇ ВІЗКА ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА | 13 |
| 1.2 КОДИФІКАЦІЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ ВІЗКІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ..... | 19 |
| 1.3 АНАЛІЗ ПОШКОДЖЕНЬ ВІЗКІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ | 22 |

| | | |
|-----|--|----|
| 1.4 | ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ ВІЗКІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ..... | 29 |
| 2 | РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ ВІЗКІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ..... | 36 |
| 3 | РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕФЕКТОСКОПЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ВІЗКІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ . | 39 |
| 4 | РОЗРАХУНОК НАДРЕСОРНОЇ БАЛКИ ВІЗКА ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА НА МІЦНІСТЬ | 46 |
| 5 | ВИМОГИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РЕМОНТІ ВІЗКІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ | 59 |
| | ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ..... | 64 |
| | ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ | 65 |

ВСТУП

Сучасні темпи розвитку виробництва зумовлюють значне збільшення обсягів залізничних перевезень та зростання швидкостей руху, що висуває підвищені вимоги до безпеки та надійності рухомого складу. Особливу увагу приділяють стану візків пасажирських вагонів, оскільки саме вони є одними з найбільш навантажених і відповідальних вузлів. Їхня експлуатаційна надійність

безпосередньо впливає на безпеку руху, тому критично важливим є вдосконалення методів контролю та ремонту.

Такі методи, як ультразвукова дефектоскопія, радіографічний аналіз, вібродіагностика та візуально-оптичний моніторинг, дозволяють виявляти приховані дефекти (мікротріщини, корозійні пошкодження, зміни структури металу) на ранніх стадіях, запобігаючи аварійним ситуаціям. Тому важливим напрямом удосконалення є автоматизація процесів перевірки та контролю, що дозволяє зменшити вплив суб'єктивного фактору та підвищити точність діагностики. Використання сучасних методів, зокрема штучного інтелекту для аналізу даних неруйнівного контролю, дає змогу не лише фіксувати наявні дефекти, а й прогнозувати можливі відмови на основі тенденцій зношування [1, 2]. Сучасні підходи до неруйнівного контролю відкриють нові можливості для підвищення якості ремонтних робіт за рахунок більш точної та об'єктивної діагностики технічного стану вузлів. Впровадження інноваційних рішень у цій сфері, зокрема цифрових технологій обробки даних та предиктивної аналітики, сприяє не лише зростанню безпеки залізничного транспорту, а й дозволяє досягти значної економії коштів за рахунок оптимізації витрат на експлуатацію та стратегічного планування ремонтів, що в результаті продовжує термін служби рухомого складу.

Тому таким важливим є розробка та вдосконалити методи неруйнівного контролю елементів конструкції візків пасажирських вагонів, що забезпечить стабільну та безпечну їхню експлуатацію протягом тривалого терміну служби.

1 АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВІЗКІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ, ЇХНІХ ПОШКОДЖЕНЬ ТА ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ

1.1 Конструкції візка пасажирського вагона

Під кузовом пасажирських вагонів, які експлуатуються на залізницях

України, знаходяться в основному двовісні візки типів ЦМВ із двоступінчастою системою ресорного підвішування КВЗ-5, КВЗ-ЦНІІ, КВЗ-ЦНІІ-М. Типовим є візок КВН-ЦНІІ, що забезпечує нормальну експлуатацію вагонів зі швидкістю 160 км/год. КВЗ-ЦНІІ-І підкочується під кузова вагонів з масою бруто до 60 т, а КВЗ - ЦНІІ - від 60 до 72 т. Ці візки розрізняються за жорсткістю ресора підвішування (у візки КВЗ-ЦНІІ-ІІ воно більш жорстке) і по конструкції рами. На вигляд візки відрізняються числом гасників коливань. У КВЗ-ЦНІІ-І з кожного боку ставлять по одному гідравлічному гаснику коливань, а в КВЗ-ЦНІІ-ІІ – по два. Візки КВЗ-ЦНІІ-ІІ в основному підкочують під вагони ресторани.

Основні вузли візка КВЗ-ЦНІІ-І (рис.1.1): рама 1, дві колісні пари 2, два комплекти центрального підвішування 3, чотири комплекти буксового підвішування 4 та гальмівна важільна передача 5 з двостороннім натисканням колодок [3].

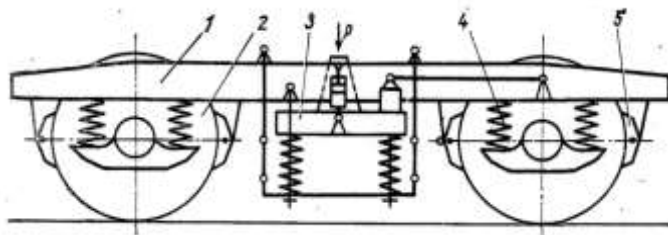


Рисунок 1.1 – Схема візка КВЗ-ЦНІІ - І

Рама візка зварена (рис.1.2) Н-подібної форми. Вона має дві бічні поздовжні балки 1, зварені зі швелерів № 20, дві середні поперечні 2, чотири укорочені кінцеві поперечні 4 і чотири допоміжні поздовжні балки 3, призначені для кріплення гальмівної передачі важеля. Елементи рами виготовляють із сталі Ст3сп або 09Г2Д. У середній частині поздовжніх балок є підсилення з приварених листів товщиною 14 мм. По кінцях поздовжніх балок рами приварені планки 5, призначені для кріплення шпінтонів, а посередині кронштейни 9 для кріплення гасників коливань і вертикальні ковзуни 8 для обмеження поперечного переміщення надресорної балки. У кожній поздовжній балці рами зроблено по чотири вертикальні отвори. Два отвори 10 призначені

для встановлення підвісок люльки, а два інших *11* – для встановлення запобіжних болтів центрального підвішування. Ці отвори посилені накладками, ребрами та обичайками [4].

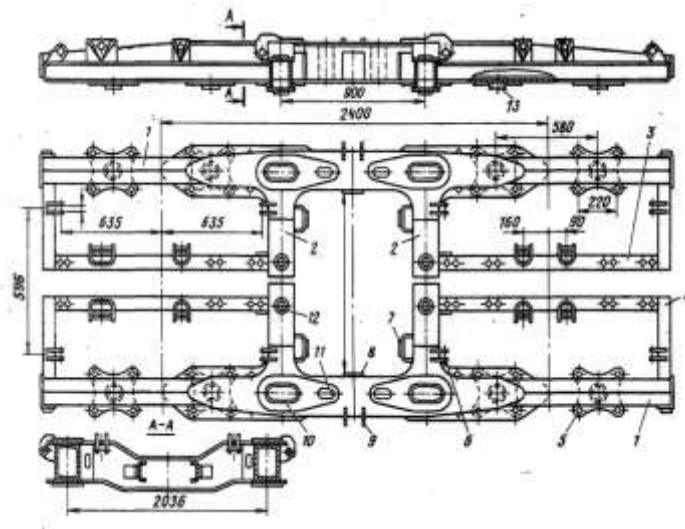


Рисунок 1.2 – Рама візка КВЗ-ЦНП - II

Для центрування шпінтонів при їх встановленні знизу до поздовжніх балок приварені кільця *13*. Середні поперечні балки *2* зварні коробчастого перерізу. Кожна балка зварена з двох вертикальних та двох горизонтальних листів товщиною 10 мм. У цих балках зроблені отвори *12* для кріплення запобіжних скоб надресорної балки. Місця кріплення скоб посилені ребрами жорсткості та шайбами.

Середні допоміжні поздовжні *3* і кінцеві *4* поперечні балки відштамповані з листів товщиною 14 мм коритоподібного профілю. У поздовжніх балок цей профіль відкритий, а поперечних закритий привареною планкою товщиною 8 мм. Для підвішування деталей гальмівної важеля передачі до середніх *2* і чотирьох укорочених балок *4* з листової сталі приварені кронштейни *6*. В отвори цих кронштейнів вварені втулки. Поздовжнє переміщення надресорної балки обмежується вертикальними ковзунами *7*, які приварені до середніх поперечних балок *2*.

Рама *1* спирається на колісні пари через буксовий ступінь ресорного підвішування (рис. 1.3). Кожен комплект підвішування, розташований на одній

буксі 15, включає два шпінтона 2, дві зовнішні пружини, 3 пружні елементи, два комплекти фрикційних гасників коливань. У комплект гасника входять: шпінтонна втулка 13, шість фрикційних клинів 14, верхнє та нижнє опорні кільця 10 та внутрішня пружина 4.

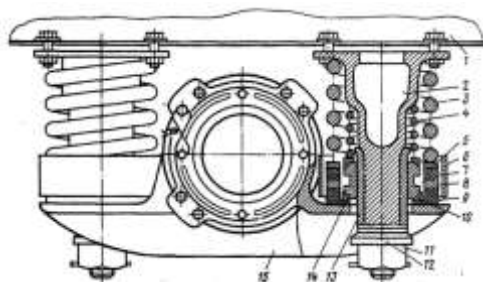


Рисунок 1.3 – Буксове підвішування візка КВЗ-ЦНП

Пружні елементи підвішування спільно з гасниками коливань амортизують поштовхи, зменшують динамічні сили і підвищують плавність ходу вагона.

Для зменшення високочастотних коливань рами і зниження шуму всередині вагона під кожен з пружин 3 ставлять по дві гумові прокладки 7 і 9, що захищені від стирання металевими кільцями 5 і 8. Причому кільце 8 зварене разом з кожухом 6.

Пружний зв'язок колісної пари з рамою візка в горизонтальній (подовжньому та поперечному напрямках) площині забезпечується горизонтальною жорсткістю пружин підвішування та шпінтонами.

Центральне підвішування (рис. 1.4) – люлькове. Воно включає надресорну балку 15, два комплекти трирядних пружин 13, тяги 3, серги 4, піддони 12, поздовжні повідки 1 і гідравлічні гасники коливань 7. Завдяки шарнірному спиранню тяг 3 на поздовжні балки рами люлька може відхилитися поперек вагона. Наявність радіальних виточок на валиках 2 тяг - підвісок дозволяє люльці також повертатися і вздовж вагона. Пружини на піддон спираються через прокладки 10. Від падіння на колію піддону у разі обриву тяг 3 попереджають запобіжні болти 9. Болти мають Т-подібні головки

і через гумову шайбу 6 спираються на поздовжні балки рами. Знизу на болти повернуті гайки 11 [3, 4].

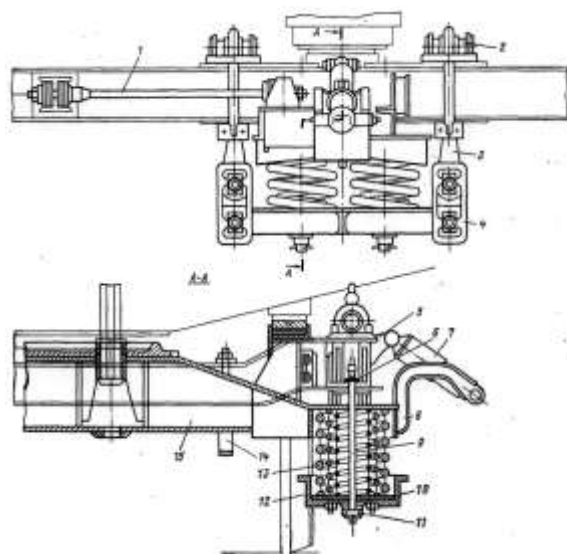


Рисунок 1.4 – Центральне підвішування візка КВЗ-ЦНП

Гасники коливань 7 нижніми кінцями кріпляться до кронштейнів 8 надресорної балки, а верхніми – до кронштейнів 5 рами візка. Від падіння надресорна балка 15 при обриві підвісок захищена скобами 14. Для запобігання перекосу надресорних балок при проходженні вагоном кривих ділянок колії вона з'єднана з рамою візка поздовжнім повідком.

Надресорна балка візка (рис. 1.5) зварна коробчастого перерізу із сталі марки Ст3. Верхній лист балки складається із трьох частин. Кінцеві частини верхнього та нижнього листів уширені та створюють хорошу опору на пружини, мають отвори 8 для запобіжних болтів центрального підвішування.

Опора кузова на візок (рис. 1.6) включає ковзун 1 кузова, ковзун 2 візка, гумову прокладку 4 і коробку ковзуна 3, яка кріпиться болтами на опорі 6 надресорної балки і центрується на ній штирем 5. При такій схемі спирання кузова на ковзуни підвищується плавність ходу вагона внаслідок зменшення бокового хитання та гасіння виляння візка.

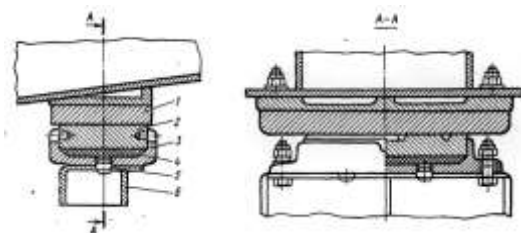


Рисунок 1.6 – Обпирання кузова на візок КВЗ-ЦНП

Для забезпечення вільного повороту візка щодо кузова при проходженні кривих ділянок колії момент тертя між ковзунами підбирається в межах 20-28 Н-м. Досягається це застосуванням різномірних матеріалів: ковзун кузова виготовлений із сталі марки 40Х, а ковзун візка – із сірого чавуну СЧ 23-40 або полімерної композиції КСГ. Для виключення задирів робочі поверхні ковзунів шліфують і змащують.

Повідок візка (рис. 1.7) призначений для пружного обмеження переміщень надресорної балки в горизонтальній площині. Він складається з тяги 6, гумових пакетів 2, тарелей 3, шайб 4 і гайок 1 і 5.

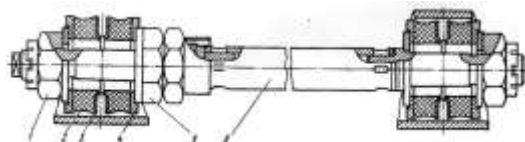


Рисунок 1.7 – Повідок візка КВЗ-ЦНП

Довжина повідка, а отже, і зазори між надресорною та поперечними балками рами регулюють за допомогою гайок 1 і 5 за рахунок запасу різьби на лівій цапфі тяги. Для повороту чи утримання тяги від обертання її лівий кінець

має форму квадрата.

1.2 Кодифікація несправностей візків пасажирських вагонів

Для ідентифікації та класифікації несправностей вагонів в Україні застосовуються класифікатор несправностей вантажних вагонів [6] та Інструкція з дефектації пасажирських вагонів [7].

Коди несправностей використовуються в процесах аналізу технічного стану вагонів, планування ремонту та моніторингу несправних одиниць у складі вагонного парку.

Кодуються ті несправності, які потребують проведення планового ремонту, тимчасового виведення вагонів з експлуатації або виключення їх з обігу в рамках обліку вагонів.

Перейдемо до основних несправностей пасажирських вагонів (таблиця 1.1), які зазначені в Інструкції ЦЛ-0039 [7].

Таблиця 1.1 – Коди несправностей основних систем пасажирських вагонів

| Код системи | Найменування системи (конструкції) | Код підсистеми | Найменування підсистеми (елементи конструкції) |
|-------------|------------------------------------|---|---|
| 1000-1499 | Колісні пари й буксовий вузол | 1000 – 1099 1100 – 1199 1200 – 1269 1270 – 1349 | Поверхня катання колісної пари Диск колісної пари Вісь колісної пари Буксовий вузол |
| 1500-1999 | Приводи генераторів | 1500 – 1529 1530 – 1579 1580 – 1699 1700 – 1749 1750 – 1839 1840 – 1879 1880 – 1929 | Шківні генераторів Редуктори Установка приводу Запобіжні пристрої Карданні й приводні вали Натяжний пристрій ТРКП, ТК Муфти |
| 2000-2499 | Гальмівне обладнання | 2000 – 2089 2090 – 2159 2160 – 2189 2190 – 2279 2280 – 2359 | Гальмівні прилади й арматура Магістраль і резервуари Ручне гальмо Важільна передача Гальмівне підвішування |

Продовження таблиці 1.1

| | | | |
|-----------|-------|----------------------------|----------------------------|
| 2500-2999 | Візки | 2500 – 2549 2550 – 2569 | Настановні розміри Рама |
|-----------|-------|----------------------------|----------------------------|

| | | | |
|-------------|---|---|--|
| | | 2570 – 2709 2710 – 2779 2780 – 2869 | Центральне підвішування Надбуксове підвішування Гасильники коливань |
| 3000-3499 | Автозчепний пристрій | 3000 – 3039 3040 – 3089 3090 – 3219 3220 – 3289 3290 – 3349 3350 – 3389 3390 – 3449 | Настановні розміри Корпус автозчепу Механізм автозчепу Вузол тягового хому́та Розчіпний привід Вузол поглинаючого апарату Центруючий прилад |
| 3500 – 3999 | Кузов, буферні та перехідні пристрої | 3500 – 3599 3600 – 3689 3690 – 3789 3790 – 3899 | Кузов і дах Вхідні пристрої Буферні пристрої Безбуферні пристрої й перехідні площадки |
| 4000 – 4999 | Система водопостачання і сан. – технічні пристрої | 4000 – 4089 4090 – 4189 4190 – 4329 4330 – 4389 4390 – 4439 4440 – 4499 4500 – 4569 4570 – 4749 | Трубна розводка Запірні пристрої (вентелі, крани) Питний вузол кип'ятильника Питний вузол охолоджувача Баки Бойлер Зливи (Зливні труби и патрубки) Санітарно-технічні пристрої |
| 5000 - 5999 | Система опалення | 5000 – 5089 5090 – 5199 5200 – 5249 5250 – 5399 5400 – 5439 | Котел, розширювач, колектор Трубні розведення, батареї Насоси Запірні пристрої Загальні несправності |
| 6000 - 6999 | Внутрішнє обладнання | 6000 – 6119 6120 – 6229 6230 – 6329 6330 – 6459 6460 – 6519 6520 – 6569 6570 – 6599 6600 – 6699 6700 – 6749 6750 – 6789 6790 – 6899 | Віконне заповнення Двері и двірне заповнення Замки дверні Дивани й полиці Крісла Столи Перегородки й стіни Підлога й стеля Вбудовані меблі Сміттеві шухляди Фурнітура та інше Обладнання |
| 7000 – 7999 | Електрообладнання | 7000 – 7129 7130 – 7249 7250 – 7279 7280 – 7409 7410 – 7479 7480 – 7509 7510 – 7589 7590 – 7669 7670 – 7769 7770 – 7819 7810 – 7909 7910 – 7929 7930 – 7959 | Генератор Акумуляторні батареї Опір ізоляції Освітлення Спеціальні й службові споживачі Перехідне опалення Регульовальна та захисна апаратура СКНБ Шафа і пульт керування Шафа розподільна Запобіжники Інші споживачі Електропостачання |

Закінчення таблиці 1.1

| | | | |
|-------------|--------------------------|----------------------------|---|
| 8000 – 8999 | Кондиціонування повітря, | 8000 – 8169 8170 – 8399 | Високовольтне опалення Кондиціонування повітря |
|-------------|--------------------------|----------------------------|---|

| | | | |
|-------------|---|---|--|
| | високовольтне опалення, холодильне, теле-радіо обладнання | 8400 – 8499 8600 – 8799 | Холодильне оладнання Теле-радіо обладнання |
| 9000 – 9999 | Організаційно-технічні та сервісні порушення | 9000 – 9149 9150 – 9299 9300 – 9499 | Організаційно-технічні порушення Санітарно-епідемічні порушення Порушення фарбування |

Наведемо, для прикладу, конкретні коди несправностей візків пасажирських вагонів і відповідне їхнє розшифрування (таблиця 1.2) [7].

Таблиця 1.2 – Коди несправностей основних конструктивних елементів пасажирських вагонів

| Код | Найменування | Найменування групи |
|-------|---|-------------------------|
| Візки | | |
| 2501 | Невідповідність зазору між рамою і надресорною балкою | Настановні розміри |
| 2502 | Невідповідність зазору між вертикальними ковзунами | |
| 2550 | Тріщина чи злам рами візка | Рама |
| 2551 | Тріщина в зварних швах рами | |
| 2571 | Відсутність вертикального ковзуна візка | |
| 2594 | Тріщина горизонтального ковзуна візка | |
| 2631 | Змикання витків пружини | Центральне підвішування |
| 2711 | Злам шпінтона | |
| 2730 | Знос гайки шпінтона | |
| 2750 | Злам надбуксової пружини | |
| 2781 | Руйнування гасника | |
| 2801 | Протертість корпусу гасника | Надбуксове підвішування |
| | | Гасильники коливань |

Наявність кодування несправностей дозволяє ефективно класифікувати проблеми рухомого складу, уникати варіативності в найменуванні однакових несправностей, а також забезпечувати коректне ведення статистики щодо причин поломок елементів конструкції під час експлуатації та ремонту. Це дозволяє точно визначати обсяг необхідних ремонтних робіт, оптимізувати процеси обслуговування та відновлення рухомого складу, а також зберігати інформацію про стан одиниць рухомого складу протягом їхнього життєвого циклу в системах контролю та обліку. Крім того, отримані статистичні дані використовуються для розробки заходів, спрямованих на покращення експлуатаційної надійності та

подовження терміну служби конструктивних елементів вагонів.

1.3 Аналіз пошкоджень візків пасажирських вагонів

Пасажирські вагони експлуатуються в різних кліматичних умовах, при різному технічному стані колії, при підвищених швидкостях руху. Все це істотно відбивається на силовому впливі на візки і, відповідно, на характері та інтенсивності пошкоджень всіх складальних елементів візків КВЗ-ЦНП [4].

Відповідно до [5] та наведеного вище класифікатора несправностей пасажирських вагонів (Інструкція [7]) протягом останніх років в конструкції їхніх візків виникали несправності, які наведені на рис. 1.8.

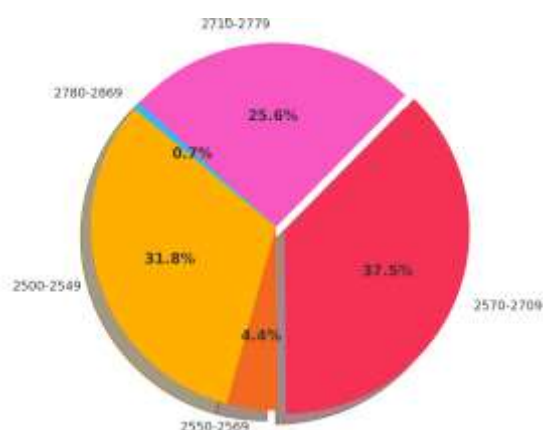


Рисунок 1.8 – Несправності візків пасажирських вагонів по кодах за останні роки

На основі секторної діаграми (рис. 1.8) найбільшу частку несправностей (37,5%) становлять дефекти, пов'язані з рамою візка та її елементами, зокрема тріщини, злами та відсутність деталей (коди 2570–2709). На другому місці (31,8%) — відхилення настановних розмірів (коди 2500–2549), що свідчить про потребу контролю точності складання та регулювання зазорів.

Несправності рам візків

Основні несправності рам візків представлені на рис. 1.9:

- руйнування зварних швів та утворення тріщин у поздовжніх 1, кінцевих 4 та поперечних балках 2;
- корозійні пошкодження елементів рами;
- прогини поздовжніх гальмівних балок 3;
- тріщини по зварних швах приварювання кронштейнів підвіски важільного передачі 6 та кронштейнів для кріплення гасників коливань 9;
- зношування бічних 7 і торцевих 8 вертикальних ковзунів.

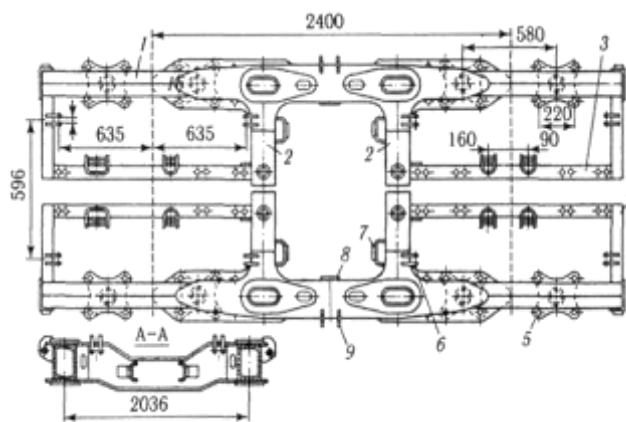


Рисунок 1.9 – Несправності візків КВЗ-ЦНП

Руйнування зварних швів та утворення тріщин по них можливо в різних зонах рами візка, проте частіше зустрічаються в центральній частині візка. Ці тріщини є наслідком недостатньої міцності втоми металу зварних швів і навколошовної зони під дією вібраційного навантаження.

В даний час з метою усунення цих дефектів рекомендується застосовувати при виготовленні рам суцільне зміцнення зварних швів. Ця операція може здійснюватися механічною обробкою зварних швів шліфувальним кругом або фрезою для зняття поверхневих дефектів зварного шва та надання швам плавного обрису на межі переходу від металу шва до основного металу.

Інший метод зміцнення розроблений інституті електрозварювання ім. О.О. Патона і полягає в тому, що плавний перехід від шва до основного металу

створюється оплавленням кордонів шва електричною дугою вольфрамовим електродом, що не плавиться в середовищі аргону. У процесі оплавлення усуваються прикордонні дефекти зварного шва - подрізи.

Підвищення втомної міцності зварних швів здійснюється за рахунок сумісного ефекту, який створюється зниженням концентрації напружень, зменшенням кількості неметалевих включень і залишкового водню в навколошовній зоні. Крім того, доцільно проводити поверхневий наклеп зварних швів спеціальними зміцнювачами або обкаткою роликми. Підвищення втомної міцності досягається за рахунок створення в поверхневих шарах залишкових напружень стиску, що досягають межі плинності металу.

В експлуатації зустрічаються прогини гальмівних балок. За наявності деформацій балок - прогини балок понад 10 мм та пропелерність понад 6 мм, вони усуваються правкою.

Несправності деталей надбуксового підвішування

Надбуксове підвішування значною мірою визначає динамічні якості вагона. Необхідна ефективність роботи надбуксового підвішування залежить від технічного стану збірних одиниць, що входять до його складу, і особливо елементів фрикційного гасника коливань.

Зноси фрикційних втулок

Фрикційні втулки шпінтонів виготовлені із сталі Ст.45, загартованої до твердості 45 HRC.

Втулка встановлюються на хвостовик шпінтону і нерухомо закріплюється на ньому: одним кінцем втулка впирається в гальтель шпінтону, з іншого боку кріплення здійснюється корончатою гайкою, натискання якої передається через тарілчасту пружину. Ця пружина повинна постійно забезпечувати натискання на втулку, компенсуючи зношування її торців і заплечика шпінтона.

У процесі коливань вагона та рами візка на надбуксових пружинах відбувається переміщення фрикційних сухарів та виникнення великих сил тертя між втулкою та сухарями. В результаті такої роботи сил тертя з'являються зношення зовнішньої циліндричної поверхні 1 (рис. 1.10) і знос внутрішніх поверхонь заплечиків 2.

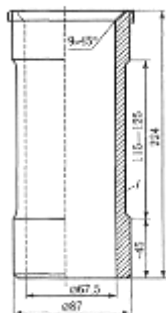


Рисунок 1.10 – Знос фрикційної втулки

Поверхні втулки зношуються нерівномірно як уздовж твірної, так і по колу. Нерівномірність зношування по глибині може досягати 2-3 мм. Це пояснюється різною величиною зусилля, з якою окремі сухарі притискаються до втулки і переміщаються вздовж втулки. Величина цього зусилля залежить від «повноти» сухарів та стану похилих поверхонь сухарів та кілець. Поверхня втулки зношується так, що зверху та знизу (див. рис. 1.10) утворюються бурти різної конфігурації залежно від глибини зношування.

Сходи, що утворилися при зносі втулки, негативно впливають на роботу надбуксового гасника, викликаючи удари сухарів об сходинки втулки при проходженні його верхнього і нижнього положень.

Зношування кілець надбуксових гасників коливань

Кільця надбуксових гасників коливань в результаті взаємодії з конічними поверхнями сухаря зношуються по своїх конічних поверхнях. Верхні та нижні кільця зношуються приблизно з однаковою інтенсивністю.

Знос кілець перевіряється шаблоном. Інтенсивність їхнього зносу становить

0,8... 1 мм на рік.

При кріпленні втулки в експлуатації є випадки пошкоджень та виходу з ладу нижніх гумових кілець, на які спираються регулювальні диски та нижні кільця гасників коливань.

Цей недолік може бути усунений шляхом округлення прямого кута між основою та циліндричною частиною нижнього кільця надбуксового гасника коливань та збільшення товщини нижньої частини гумового кільця (амортизатора), на яку спирається кільце гасника. У процесі експлуатації в результаті старіння та залишкових деформацій змінюються розміри гумового кільця за висотою та діаметром.

Несправності надресорної балки

Надресорна балка візка виготовлена у вигляді коробчастої конструкції з листового прокату. Основними дефектами балки (рис. 1.11) є тріщини по зварних швах приварювання нижнього горизонтального листа до вертикального, в кінцевих частинах і в зоні приварювання похилої частини верхнього горизонтального листа до вертикального. Ці тріщини утворюються під дією навантажень, що передаються на балку, а також через наявність концентрації напружень у зварних швах та навколошовній зоні. Іноді ці тріщини супроводжуються деформаціями кронштейна для кріплення гасника коливань і тріщинами по зварному шву приварювання кронштейна до надресорної балки. Ці деформації і тріщини з'являються у випадку ненормальної роботи гідравлічного гасника коливань: при заклинюванні, витоку мастила та інших дефектах. У цих випадках вертикальні прискорення, що передаються від колії на візок, без в'язкого гасіння коливань, жорстко передаються на кронштейн, що призводить до перерахованих руйнувань.

Іншою групою дефектів надресорних балок є несправності опорних ковзунів. Візок КВЗ-ЦНШ на відміну від інших візків сприймає вертикальне навантаження від кузова безпосередньо на ковзуни, а не на підп'ятник. У даній конструкції

передбачений конструктивний зазор між п'ятником і підп'ятником, що дорівнює 16 мм. У цьому випадку опорні ковзуни виконують дві функції: передають вертикальне навантаження від кузова на візок, а також завдяки наявності сил тертя між верхніми і нижніми ковзунами протидіють повороту візка при звивистому русі (вилянні) і при вписуванні в криві.

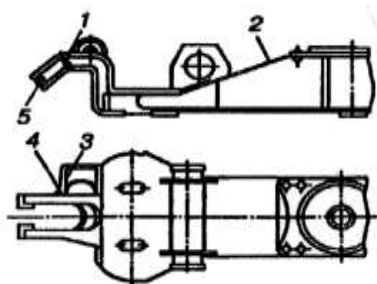


Рисунок 1.11 – Дефекти надресорних балок візків КВН-ЦНП: 1 - злам кронштейна; 2 - тріщина в зварному шві; 3, 4 - тріщини в зварному шві з'єднання опорної плити з кронштейнами відповідно повідка і гідрогасника; 5 - знос втулки

Верхній ковзун, розташований на шкворневій балці рами вагона, виготовляється з легованої сталі марки 40Х, обробленої термічно до твердості 45 НРС.

Нижній ковзун (вкладиш), розташований на балці візка, виготовляється з сірого чавуну марки СЧ-21-40, що має твердість 170...240 НВ. На верхній площині вкладиша робляться дві кільцеві виточки глибиною 10 мм, в які закладається протизадирне мастило. У процесі експлуатації стан опорних поверхонь ковзунів погіршується, зменшується наявність мастила, у мастило потрапляють тверді частинки. Все це призводить до підвищеного тертя і до появи задир. Тому при планових ремонтах ковзуни повинні бути ретельно очищені, оглянуті і, якщо виявлені задираки, зняті з вагона для механічної обробки-стружки та фрезерування з подальшим шліфуванням. Високі вимоги до ковзунів пояснюються необхідністю стабілізувати силу тертя: при недостатній силі тертя не може відбуватися гасіння виляння візка, при підвищеній силі тертя створюються умови збільшення зносу

гребенів коліс через підвищення опору повороту візка в кривих ділянках колії.

1.4 Технологія ремонту візків пасажирських вагонів

Дефектація деталей візка

Дефектація та сортування деталей і з'єднань здійснюються під час розбирання візка, переважно після його попереднього очищення, промивання й сушіння. Цей етап є одним із ключових у технологічному процесі вагоноремонтного підприємства [8, 9]. Вузли, що ремонтуються наплавленням, підлягають контролю магнітною дефектоскопією до і після обробки. Випробування деталей на розтягування проводяться згідно з вимогами ЦВТ-6. Після перевірки на відремонтовані деталі ставляться клейма депо (або заводу), що проводив ремонт, із зазначенням дати перевірки.

Технологія ремонту візків

Ремонт візків включає кілька основних етапів: розбирання, промивання рам і комплектуючих, дефектацію, комплектацію вузлів, складання, приймання та фарбування.

Загальна організація ремонтного процесу зображена на схемі (рис. 1.12).

Ремонт рами візка проводиться із застосуванням стенда-кантувача (рис. 1.17), на якому здійснюються її огляд, обмір і відновлення. Під час огляду перевіряють якість зварних з'єднань; дефектні шви видаляють до основного металу, виконують повторне зварювання у нижньому положенні електродами типу Э-42А, після чого шви зачищають шліфувальним інструментом.

Втулки підвіски коліски зі зносом понад 2 мм з кожного боку підлягають обов'язковій заміні. Додатково перевіряється правильність розташування шпінтонів, кронштейнів та елементів важільної передачі гальм згідно з альбомними кресленнями. Оцінюють ступінь прогину поздовжніх і поперечних балок (не більше 10 мм) та пропелерність рами (не повинна перевищувати 6

мм). У разі виявлення відхилень, що перевищують допустимі значення, раму вирівнюють на пресі з попереднім нагріванням.

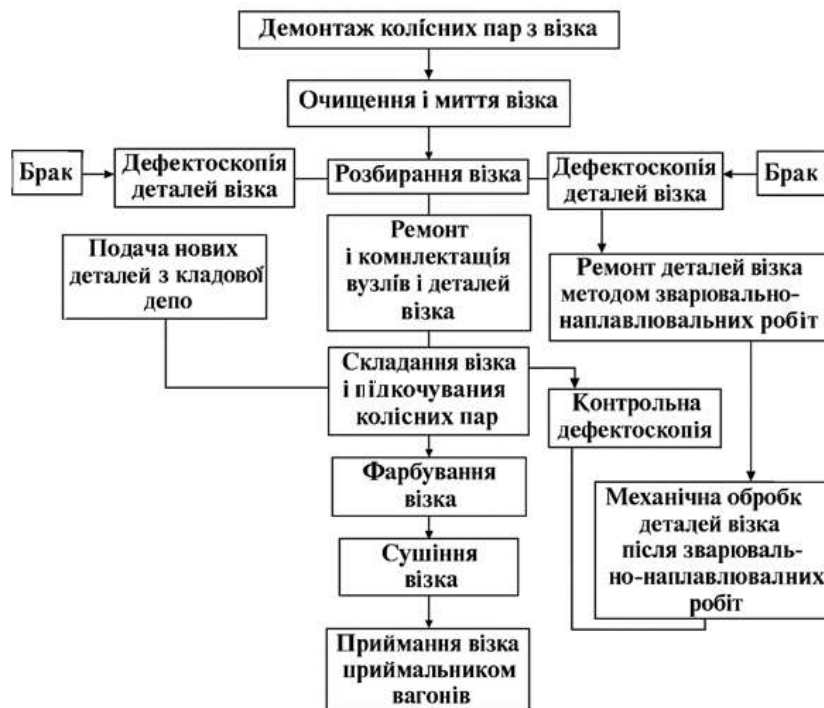


Рисунок 1.12 – Загальна організація технології ремонту візка пасажирського вагона

Болти кріплення шпінтонів підлягають візуальному огляду та обстукуванню. Усі зношені або пошкоджені болти та шпінтони замінюють.

Після ремонту шпінтони перевіряють на відповідність технічним параметрам з використанням штихмаса, вимірювальної лінійки та лекального кутника.

Допустимі відхилення розмірів: у поздовжньому і поперечному напрямках – не більше ± 2 мм; по діагоналях рами – не більше ± 5 мм; відхилення осі шпінтона від перпендикулярності до опорної площини – не більше 1 мм.

Також проводиться перевірка ізоляційного опору електропроводки пристроїв контролю температури букс, змонтованих на рамі. Якщо опір ізоляції становить менше 0,5 МОм, ділянки проводки вважаються несправними та підлягають заміні.

Ремонт ресорного підвішування

Ремонт буксового ресорного підвішування

Ресорне підвішування перед початком ремонтних робіт знімається з візка. Після демонтажу всі його елементи очищують від забруднень, слідів корозії та залишків пошкодженого покриття. Після очищення елементи буксового підвішування ретельно оглядають, а за потреби – ремонтують відповідно до технічних умов, затверджених для таких робіт. Усі розміри ресор і пружин повинні повністю відповідати заводським кресленням для візка конкретного типу. Для буксових вузлів необхідно, щоб висоти встановлених пружин відрізнялася не більше ніж на 3 мм – для візків типу ЦМВ, і не більше 4 мм – для візків КВЗ-5 та КВЗ-ЦНІІ.

Ремонт центрального ресорного підвішування

Після очищення всі елементи центрального ресорного підвішування знімаються, оглядаються та вимірюються для визначення стану і потреби в ремонті. Особливу увагу при ремонті звертають на зони тертя – на них не повинно бути тріщин, виривів чи задирів. Піддони та колискові балки перевіряють на наявність тріщин, деформацій і зносу – допускається не більше 2 мм. При зносі шийок до 7 мм, а отворів підвісок до 5 мм, допускається відновлення наплавленням із подальшою обробкою. На візках типу КВЗ-5 і КВЗ-ЦНІІІ сферичні поверхні підвісок не повинні мати знос понад 2 мм. У разі ремонту товщина перемичок у верхній частині підвісок має бути не менше 35 мм.

Втулки в підвісках замінюються при зносі понад 1 мм. Так само, у піддонах втулки також змінюють при аналогічному зносі. Перевіряються запобіжні скоби, при необхідності правляться з нагріванням. Вони мають бути встановлені по центру зіву крюка піддона. Зазори між скобою та крюком допускаються: 40 мм –

для візків КВЗ-ЦНИИ-М та КВЗ-ЦНИИ-П, 50 мм – для КВЗ-5.

Валики не повинні мати зношення круглої частини більше 1 мм (КВЗ), або 2 мм (ЦМВ). Ремонт дозволяється наплавленням при зношенні до 3 мм (КВЗ) або 5 мм (ЦМВ), з подальшою токарною обробкою. Діаметри опорних поверхонь після обробки мають відповідати кресленням: 59 або 64 мм залежно від типу візка.

Серги ресорного підвішування допускається встановлювати у візок із зносом до 1,5 мм на сторону. Якщо знос перевищує 3 мм, можливе відновлення наплавленням, але різниця в розмірах парних серг не повинна перевищувати 0,5 мм.

У випадку, якщо різьба на запобіжних стержнях пошкоджена – її дозволяється відновлювати з подальшим контролем і випробуванням на міцність зусиллям 130 кН. Усі ключові деталі ресорного підвішування – серги, валики, підвіски, балки – проходять магнітний контроль і випробування на розтягнення згідно з ЦВТ-6. У випадку проведення ремонту – дефектоскопія проводиться до та після наплавлення. На кожній відремонтованій деталі ставиться клеймо підприємства та дата перевірки.

Повідки розбираються для огляду та дефектоскопії цапф. При виявленні тріщин або зламаних штанг – замінюються. Пошкоджені різьби відновлюються. Гумометалеві пакети замінюються при осіданні понад 5 мм або при пошкодженнях дисків чи армування. Після збирання повідка – внутрішня частина гайки змащується солідолом згідно з ГОСТ.

Для візків КВЗ-5 із різьбовими підвісками додатково проводиться розтягування і дефектоскопія, огляд різьби з використанням лупи. При виявленні дефектів підвіски підлягають заміні або ремонту.

Ремонт надресорної балки

Після миття надресорні балки всіх типів візків, а також підресорні балки візків ЦМВ проходять зовнішній огляд. Поверхні підп'ятників очищаються механічним способом. Балки з тріщинами або значними дефектами ремонтуються згідно з загальними вимогами до відновлення рам та балок.

Надресорні балки візків ЦМВ дозволено правити лише в нагрітому стані. Для візків цього ж типу допускається використання надресорних балок зварної конструкції, якщо перекіс не перевищує 3 мм. Якщо перекіс у межах 3–8 мм – допускається їхнє виправлення шляхом встановлення клиновидної підкладки. У візках КВЗ-5 і КВЗ-ЦНІИ допустимі перекуси регламентуються кресленнями, а у випадку перевищення норм – ремонт проводиться згідно з вказівками Укрзалізниці.

Втулки в кронштейнах для гасників коливань (візки КВЗ-5, КВЗ-ЦНІИ) перевіряють на наявність зносу. Допустимий знос – до 2 мм по діаметру. У випадку більшого зносу – втулки обов'язково замінюють.

П'ятники і підп'ятники при ремонті очищають, перевіряють шаблонами. Вони мають відповідати конструкторській документації конкретного типу вагона. Якщо виявлені ослаблені або деформовані заклепки, то їх замінюють.

При нерівномірному зносі до 2 мм п'ятники й підп'ятники дозволено ремонтувати наплавленням із подальшою токарною обробкою. Якщо знос рівномірний і не перевищує 7 мм для п'ятників та 5 мм для підп'ятників, ремонт не обов'язковий. У випадку більшого зносу виконується відновлення до номінальних розмірів.

Замки напівшворнів не повинні мати пошкоджень, а знос самих напівшворнів не має перевищувати 2 мм по діаметру. Якщо сумарний знос у межах 5 мм, то, відповідно, допускається їхнє відновлення шляхом наплавлення.

Ремонт ковзунів

Ковзуни візків (горизонтальні, вертикальні, торцеві та опорні) при ремонті проходять ретельний огляд після демонтажу. Горизонтальні ковзуни візків типу ЦМВ та КВЗ-5, а також ковзуни на рамі вагона, підлягають перевірці на знос. Допускається рівномірне спрацювання не більше 3 мм. У випадку, якщо знос перевищує встановлені межі, то ковзуни підлягають заміні.

Між рамою вагона та візком має зберігатися зазор від 2 до 4 мм з кожного боку, але не більше 6 мм у сумі. Для регулювання зазорів допускається

встановлення не більше двох сталевих підкладок товщиною 2-10 мм.

Коробки горизонтальних ковзунів у разі необхідності знімаються та ремонтуються. Для візків ЦМВ вертикальні зазори між поперечними балками та надресорною балкою повинні бути в межах 2–7 мм. Якщо зазор перевищує норму, то встановлюються нові планки зі сталі 45, які термічно зміцнені до твердості 30–40 HRC. Також допускається використання сталі 09Г2. Надресорні балки з тертям до 8 мм ремонтують наплавленням, а при більшому зносі – допускається приварювання нових планок зі сталі 45. Ширина балки після ремонту має бути 520 ± 1 мм, а відстань між накладками ковзунів на рамі візка – 524 ± 2 мм.

Вертикальні, бокові та торцеві ковзуни візків КВЗ-5 та КВЗ-ЦНИИ перевіряються на наявність дефектів. Вкладиші з торцевим зносом понад 3 мм відновлюються, а ті, що втратили розміри, замінюються. Гумові амортизатори, які втратили пружність або просіли більш як на 5 мм, підлягають заміні. Накладки вертикальних ковзунів виготовляються зі сталі 45 або 09Г2, для КВЗ-5 забезпечується натяг 2–3 мм між ковзуном і надресорною балкою.

Стан вертикальних ковзунів перевіряється за шаблонами. При виявленні зносу виконують наплавлення або замінюють планки ковзунів на нові. Виготовлення планок здійснюється зі сталі марок 45 або 09Г2, після чого вони термічно обробляються до твердості HRC 35–40 і приварюються електродами типу Э-42А або Э-46 згідно з профілем перетину.

Сумарний зазор між торцевими ковзунами надресорної балки та поздовжніми балками візків має складати: КВЗ-5 – 70 ± 5 мм, КВЗ-ЦНИИ – 85 ± 5 мм, але не менше 35 мм з кожного боку.

Опорні ковзуни на візках КВЗ-ЦНИИ замінюються при наявності глибоких пошкоджень поверхні (риски, задирки, знос понад 6 мм або товщина менш як 28 мм). Вкладиші знімаються, промиваються і обробляються з урахуванням вимог виробника. Шорсткість поверхонь має бути не гірше 2,5. Товщина нових вкладишів повинна бути не меншою за 40 мм, глибина їх посадки – не менше 15 мм. Допускається використання сталевих підкладок на площині ковзуна для регулювання зазорів між п'ятником і підп'ятником. Робоча поверхня вкладиша має бути чистою, без пошкоджень, глибина мастильної канавки – не менше 3 мм.

Гумові підкладки під вкладишами замінюються при наявності тріщин або зменшення товщини більш як на 10%.

Ремонт гасників коливань

Ремонт буксових фрикційних гасників коливань

Гасники демонтуються, очищуються та перевіряються по шаблонах. Фрикційні втулки підлягають заміні або відновленню, якщо знос перевищує 4 мм. Зовнішні ознаки непридатності – пошкодження гумових елементів, тріщини, задирки, загострені клини.

Втулки з термічним зносом понад 2 мм також замінюються або ремонтуються наплавленням з наступною обробкою, твердість шару – 40–50 HRC. Клини допустимо зношувати до 4 мм (циліндрична частина) або 3 мм (конічна). У разі перевищення – заміна або ремонт до номіналу.

Нажимні кільця з дефектами або зносом понад 3 мм замінюються, до 4 мм – дозволяється ремонт. Тарілчасті пружини та гумові елементи перевіряються, при просіданні або ушкодженнях – заміна. Пружини з наявністю корозії або дефектами понад 10% перерізу – бракуються.

При збиранні гасителя важливо забезпечити щільну посадку втулки, допустимі регульовальні шайби загальною товщиною до 5 мм. Різьбові з'єднання змащуються солідолом. При невідповідності шліців – допускається ослаблення гайки до 1/6 оберта. Після збирання гасники змащуються згідно з картами: фрикційні вузли – графітним мастилом, опорні ковзуни – солідолом.

Ремонт гідравлічних гасників коливань

Гідравлічні гасники демонтуються з візків та направляються на ремонт до спеціалізованих підрозділів згідно з технічними вказівками №301-93 ПКБ ЦВ. Після ремонту та стендових випробувань на корпусі гасителя наносяться клейма з номером депо або заводу, датою ремонту і позначкою «ДР».

Оригінальне маркування виробника та тип ремонту (КР1, КР2) зберігається.

При монтажі гаситель фіксується валиками з шайбами та шплінтами. Для точного встановлення між головками гасителя та кронштейнами візка застосовуються регулювальні шайби. У випадку якщо осьове відхилення перевищує 5 мм, то проводиться корекція положення шайб і регулювання поводків.

Контроль параметрів візка перед установкою його під вагон

Після ремонту виконується нанесення фарби на візок. Воно здійснюється методом безповітряного розпилення за допомогою установки УБРХ. Після фарбування візок переміщують у сушильну камеру, де протягом 30 хвилин він висушується гарячим повітрям температурою 60–70 °С.

Перед підкочуванням візка під вагон на контактні поверхні ковзунів та у кільцеві виточки наносять протизадирне мастило. Після установки візка перевіряють і регулюють основні розміри та зазори:

- зазори між рамою візка і кузовом вагона: не менше 75 мм по кінцях і 50 мм у центральній частині;
- різниця висоти кінців рами від головки рейки: не більше 10 мм по ширині і 15 мм по довжині;
- мінімальний зазор між рамою і буксою – 56 мм;
- висота від головки рейки до кінця коліскових підвісок – не менше 100 мм;
- зазор між підп'ятником і п'ятником – 16 мм з допустимим відхиленням +2/–1 мм;
- кільцевий зазор між шпінтоном і отвором у крилі букси – щонайменше 6 мм;
- різниця у висоті пружин – не більше 4 мм;
- зазор між запобіжною скобою і надресорною балкою кузова – 140 мм (допуск +5/–10 мм).

2 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ ВІЗКІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

Технологія ремонту візків пасажирських вагонів, описана у діючих нормативних документах, є результатом багаторічного практичного досвіду й нормативно обґрунтованого підходу до забезпечення безпеки руху. Водночас аналіз існуючої інструкції дає підстави запропонувати ряд оптимізацій, які дозволять підвищити ефективність ремонтного процесу та зменшити кількість повторних обробок [10-12].

Цифровізація дефектації та контролю

Процес дефектації передбачає ручне вимірювання та візуальний огляд, результати якого фіксуються у дефектній відомості. Хоча це дозволяє виявляти відхилення, ефективність такої фіксації залежить від суб'єктивності персоналу. Впровадження електронних дефектувальних станцій із вбудованими шаблонами та цифровим вимірювальним обладнанням (калібри, мікрометри, індикатори годинникового типу) дозволить автоматично реєструвати результати, зменшити ймовірність людської помилки та створити цифровий архів деталей із історією ремонтів.

Механізація операцій із габаритним контролем

В технології ремонту візків пасажирських вагонів передбачено використання шаблонів і лінійок для перевірки правильності встановлення шпінтонів і пропелерності рами. Це трудомісткий процес, що залежить від досвіду виконавця. При цьому використання лазерних контрольних установок або 3D-сканерів для вимірювання рами дозволить автоматизувати перевірку геометричних параметрів, зокрема діагоналей, перекосів та відстаней між кріпленнями.

Також перспективним, окрім 3D-сканерів, є використання 3D-принтерів або технології лазерної наплавки для точного відновлення геометрії компонентів після ремонту, що дозволить зберегти високі механічні властивості матеріалу після ремонту.

Оптимізація ремонту зварних швів

Технологія ремонту візків пасажирських вагонів передбачає ручне заварювання тріщин та пошкоджень із подальшим зачищенням. Вибір типу електрода або дроту (Э-42А, ПП-ТН 350 тощо) є фіксованим, що забезпечує стабільність параметрів процесу, однак обмежує можливості адаптації до конкретних умов пошкоджень. При цьому для підвищення довговічності та стабільності зварних з'єднань доцільно впровадити напівавтоматичне зварювання у середовищі інертного газу, що забезпечує стабільні характеристики швів, знижує ризик пор і тріщин, а також дає змогу краще контролювати тепловий вплив. Для відповідальних вузлів можна застосувати контроль твердості шва після зачищення, що нині не є обов'язковим, але може значно підвищити надійність з'єднань у процесі експлуатації. Такий підхід дозволить підвищити загальну якість ремонту та зменшити ймовірність відмови елементів візка під час руху.

Також важливо підбирати нові матеріалів для наплавки і покриття, що мають більш високу стійкість до корозії і механічного зношення, що продовжить термін служби відновлених частин.

Централізоване відновлення стандартних вузлів

Усі вузли (підвіски, серги, гасники коливань) ремонтуються по мірі потреби локально на кожному підприємстві. Це створює ситуації, коли якість відновлення залежить від наявного обладнання й кваліфікації конкретного майстра, що часто призводить до нерівномірного ресурсу деталей після ремонту. Організувати централізовані дільниці з відновлення вузлів, де наплавлення, термообробка та шліфування проводитимуться на обладнанні промислового класу із гарантійною точністю, дозволить не лише стандартизувати якість ремонту незалежно від регіону, а й оптимізувати витрати на технічне переоснащення кожного окремого підприємства. Крім того, централізація сприятиме кращому контролю якості, спрощенню логістики запасних частин та створенню єдиної бази даних щодо

ресурсу й історії обслуговування кожного вузла.

Вдосконалення процесу регулювання зазорів

Ручне регулювання зазорів між ковзунами, п'ятниками та балками за допомогою прокладок і шаблонів - процедура з високим навантаженням на персонал і з потенційним відхиленням у точності. Тому слід запровадити використання збірних комплектів підкладок із заводським маркуванням товщини, які дозволяють швидко та безпомилково досягати необхідного зазору. Також можна впровадити крокові штангеніндикатори для точного заміру зазорів у важкодоступних місцях.

Поліпшення логістики та організації робочого простору

Згідно з технологією ремонту візків, переміщення вузлів між ділянками (розбирання, миття, дефектація, збірка) здійснюється вручну або краном без обліку часу операцій, що призводить до нераціонального використання робочого часу та збільшення тривалості ремонту. Тому слід розробити оптимізовану схему переміщення деталей на ремонтному маршруті із використанням візків на напрямних або автоматичних транспортерів, що дозволить зменшити час простою між операціями, підвищити продуктивність робіт.

Отже, запропоновані вище покращення технології ремонту візків пасажирських вагонів не суперечать вимогам нормативних документів, а доповнюють їх сучасними технічними рішеннями. Вони дозволяють підвищити точність ремонтних операцій, зменшити людський фактор та підвищити загальну надійність роботи візків пасажирських вагонів після ремонту, одночасно сприяючи впровадженню елементів цифрового контролю за технологічним процесом.

3 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕФЕКТОСКОПУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ВІЗКІВ ПАСАЖИРСЬКИХ

ВАГОНІВ

У процесі деповського ремонту пасажирських вагонів окремі елементи візків обов'язково підлягають дефектоскопії відповідно до вимог нормативної документації. Зокрема, це стосується таких основних складових:

По-перше, колісні пари перевіряються на наявність тріщин, зношення та дефектів матеріалу. Дефектоскопія проводиться згідно з вимогами Керівництва ЦВТ-6 та чинних вказівок Укрзалізниці.

По-друге, шпінтони проходять перевірку на тріщини, зношення та порушення геометричних параметрів. Усі відремонтовані шпінтони додатково контролюються на відповідність перпендикулярності осі до опорної площини. Поверхні, що були відновлені наплавленням, обов'язково перевіряються дефектоскопічним методом як до, так і після механічної обробки.

Третім важливим об'єктом контролю є деталі центрального ресорного підвішування, зокрема коліскові балки, серги, валики, тяги, втулки. Всі ці елементи підлягають магнітному контролю та випробуванням на розтягування згідно з ЦВТ-6. У випадках, коли на них виконується наплавлення, дефектоскопія також проводиться до і після обробки.

Наступною категорією є повідки, які є елементами гасіння коливань у візках. Дефектоскопії підлягають, зокрема, цапфи повідків – як до, так і після проведення ремонту. У разі виявлення тріщин або пошкодження різьби, такі деталі підлягають відновленню або заміні.

Окремо варто зазначити, що підвіски гвинтового типу, які застосовуються у візках типу КВЗ-5, також підлягають обов'язковому випробуванню на розтягування та дефектоскопічному контролю відповідно до Керівництва ЦВТ-6.

Таким чином, дефектоскопія візкових елементів пасажирських вагонів є критично важливою частиною технічного контролю, що забезпечує виявлення небезпечних дефектів і гарантує надійність підвагонного обладнання.

Пропозиції щодо покращення технології ремонту візків

*Автоматизація процесу дефектоскопії елементів конструкції візків
пасажирських вагонів.*

Дефектоскопія здебільшого виконується вручну (магнітна, візуальна, ультразвукова) із застосуванням шаблонів, луп, стендів. Для удосконалення процесу проведення дефектоскопії елементів візків слід впровадити автоматизовані системи неруйнівного контролю – наприклад, роботизовані установки ультразвукової або вихрострумової перевірки, що дозволяють швидко та об'єктивно виявляти дефекти у шпінтонах, повідках, сергах, колісних парах. Це зменшить людський фактор і підвищить точність оцінки технічного стану. Система автоматичного контролю може інтегруватися з сенсорами для збору даних про дефекти та порівняння їх з нормативними показниками.

Розробки в даному напрямку виконувалися у науковій роботі [13]. У цій роботі запропоновано метод термографії з імпульсними вихровими струмами (ЕСРТ) для кількісного виявлення тріщин у сталевих деталях (рис. 3.1-3.3). Новизна підходу полягає у використанні аналізу температурного профілю та його похідної, що дозволяє точно визначати розміри тріщин без потреби механічного втручання.

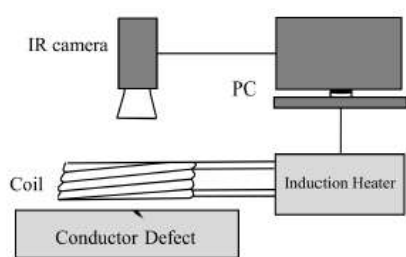


Рисунок 3.1 – Схематична діаграма термографії з імпульсними вихровими струмами

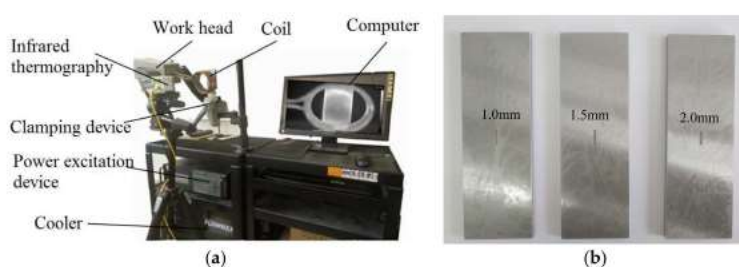


Рисунок 3.2 – Конструкція системи: (а) експериментальна система ЕСРТ; (б) зразки з різною шириною тріщин.

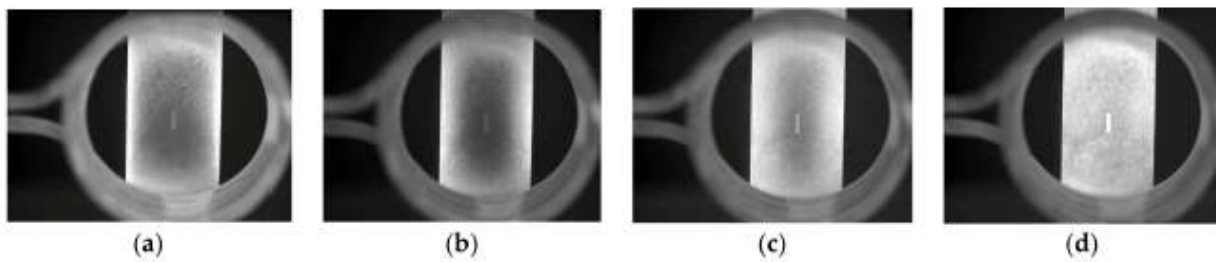


Рисунок 3.3 – Томограми зразка з тріщиною шириною 2 мм, які були отримані на різних етапах нагріву: (а) після 0,5 с, (b) після 1 с, (c) після 1,5 с та (d) після 2 с.

Метод характеризується високою чутливістю, швидкістю, безконтактністю та здатністю виявляти як поверхневі, так і підповерхневі дефекти, що робить його перспективним для автоматизованого контролю технічного стану елементів візка на ранніх етапах пошкодження.

Поліпшення якості намагнічування

Використання нових намагнічувальних пристроїв, що забезпечують рівномірніше і більш інтенсивне намагнічування, що підвищить точність виявлення дефектів. Можливо, варто розглянути використання магнітного поля високої частоти для кращого виявлення дрібних дефектів.

Розширення спектра намагнічувальних пристроїв для різних типів конструкцій візків, наприклад, пристрої, здатні працювати в більш складних умовах (температура, вологість).

Застосування сучасних ультразвукових дефектоскопів для контролю вагонних деталей

Ультразвукові дефектоскопи УД2-70 та УД4-Т «Томографік» належать до сучасних засобів неруйнівного контролю технічного стану елементів вантажних і пасажирських вагонів (рис. 3.4, 3.5).

УД2-70 вже активно застосовується на практиці як універсальний прилад для виявлення внутрішніх дефектів у зварних з'єднаннях, елементах візків і

колісних парах. Пристрій оснащений цифровим дисплеєм з можливістю виведення А- та В-сканів, підтримує калібрування за різними зразками і має вбудовану пам'ять для збереження результатів обстеження. Його портативність дозволяє ефективно використовувати прилад як у стаціонарних умовах, так і безпосередньо на оглядових ділянках депо [14].



Рисунок 3.4 – Ультразвуковий дефектоскоп УД2-70



Рисунок 3.5 – Ультразвуковий дефектоскоп УД4-Т «Томографік»

УД4-Т «Томографік» є більш технологічно розвинутим дефектоскопом, що дозволяє формувати томографічні зображення (В- і С-скани) внутрішніх пошкоджень. Завдяки цьому забезпечується просторове відображення геометрії дефекту, що особливо корисно під час діагностики складних конструктивних елементів – шпінтонів, ресорних балок, зварних швів тощо. Пристрій підтримує декілька режимів контролю, зокрема ехосигнали, товщиномір і амплітудний аналіз, а також може бути інтегрований у цифрові системи контролю. Це суттєво підвищує об'єктивність оцінки технічного стану та дозволяє зменшити вплив людського фактору.

Використання методів доплерівської дефектоскопії

Доплерівські технології можуть бути корисними для більш точного визначення місцезнаходження дефектів і аналізу їх змін у часі.

Ці методи базуються на реєстрації змін частоти відбитого ультразвукового сигналу, що дозволяє виявляти навіть незначні рухи або зміщення в зоні

пошкодження під навантаженням.

Це особливо важливо для моніторингу розвитку тріщин або мікропошкоджень у динаміці, наприклад, під час проходження поїзда чи під впливом вібрацій. Інтеграція доплерівських сенсорів в автоматизовані системи діагностики дає змогу здійснювати постійний технічний нагляд у реальному часі, що суттєво підвищує рівень безпеки експлуатації.

Автоматизація ультразвукової дефектоскопії елементів конструкції візків

Встановлення роботизованих скануючих систем на ремонтних стендах або ділянках огляду, які дозволять здійснювати повне автоматичне обстеження зварних з'єднань, шпінтонів, ресорних балок та колісних осей. Такі системи можуть працювати за заданими маршрутами з фіксацією результатів на цифрових носіях. Подібні системи використовуються для колісних пар (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Установка ультразвукового імерсійного контролю залізничних осей «Вісь-4» [15]

Встановлення роботизованих скануючих систем забезпечує високу точність та повторюваність обстеження критичних елементів візка без участі оператора. Це

дозволяє оперативно виявляти дефекти, зберігати результати в цифровому форматі та створювати архів історії технічного стану кожного вузла.

Інтелектуальні системи для аналізу результатів дефектоскопії

Використання штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання для автоматичного виявлення дефектів у зображеннях, отриманих при скануванні, і для створення прогностичних моделей для визначення ймовірності виникнення дефектів у майбутньому на основі зібраних даних.

Аналіз зібраних даних на основі алгоритмів машинного навчання для прогнозування необхідності ремонту або заміни частин в залежності від інтенсивності зношення.

Таким шляхом, до прикладу, пішла американська компанія Norfolk Southern. Фахівці Norfolk Southern розробили цифрові інспекційні портали для виявлення несправностей у вагонах під час руху. Система використовує 24-мегапіксельні камери, що фіксують близько тисячі зображень кожного вагона зі швидкістю до 110 км/год, охоплюючи важкодоступні ділянки. Зображення обробляються 38 алгоритмами глибокого навчання, що забезпечують високу точність виявлення дефектів (рис. 3.7) [16].



Рисунок 3.7 – Портал для виявлення несправностей вагонів

Зібрані дані передаються до оперативного центру компанії, де спеціалісти можуть швидко реагувати на критичні відхилення.

Впровадження технологій моніторингу стану конструкцій в реальному часі, що дозволить оперативно виявляти дефекти під час експлуатації вагонів. Це може включати в себе датчики на основних елементах, що дозволяють збирати дані про стан конструкцій в процесі руху і передавати їх на пульт моніторингу.

Рекомендації для окремих елементів

1. Рами візка:

Оскільки зварні шви і балки візка є найбільш вразливими до дефектів, необхідно забезпечити більш часту перевірку цих елементів, а також застосувати додаткові методи аналізу для більш детального огляду цих зон.

2. Надресорні балки:

- використання ультразвукової дефектоскопії або інтегрованих систем візуального контролю для перевірки глибини пошкоджень в областях, де знос найбільший (наприклад, підп'ятники, бурти, ковзуни);

- розширення можливостей для ремонту елементів, таких як ковзуни та накладки, з застосуванням більш високотехнологічних процесів, що дозволяють зробити їх заміну або ремонт швидше і ефективніше.

3. Контроль зношування деталей:

- впровадження сенсорних систем для автоматичного вимірювання ступеня зносу елементів (наприклад, ковзуни або накладок) без необхідності їх розбирання, що дозволить збільшити оперативність і точність визначення потреби в ремонті чи заміні деталей.

Усе це дозволить значно покращити ефективність і точність дефектоскопії, зменшити час на технічне обслуговування і ремонт, а також збільшити термін служби конструкцій вагонів і візків.

4 РОЗРАХУНОК НАДРЕСОРНОЇ БАЛКИ ВІЗКА ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА НА МІЦНІСТЬ

Основними розрахунковими силами при проектуванні надресорної балки візка пасажирського вагона є [17-19]:

- у вертикальній площині:

- сили P_1 та P_2 , що діють на ковзуни, розташовані відповідно з боку зовнішньої та внутрішньої рейок (рис. 4.1):

$$P_1 = P_{ст} + P_д + P_б + P_i, \quad (4.1)$$

$$P_2 = P_{ст} + P_д - P_б + P_i, \quad (4.2)$$

де $P_{ст}$ – вертикальна статична сила, $кН$;

$P_д$ – вертикальна динамічна сила, $кН$;

$P_б$ – вертикальна складова від бічних сил, $кН$;

P_i – вертикальна складова від поздовжніх сил інерції при гальмуванні, $кН$.

- у горизонтальній площині:

- поздовжня сила інерції T_i , що виникає при гальмуванні та прикладена до шворня [17];

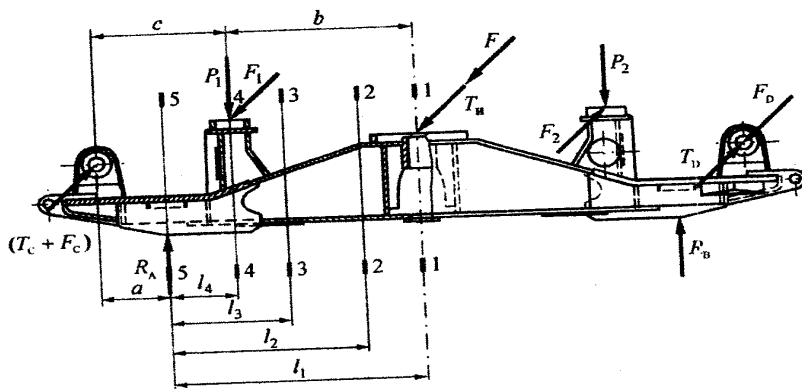


Рисунок 4.1 – Надресорна балка візка пасажирського вагона та сили, які на неї діють

Сили тертя F_1 та F_2 між ковзунами кузова та візка визначаються з виразу:

$$F_1 = \mu P_1, \quad (4.3)$$

$$F_2 = \mu P_2, \quad (4.4)$$

де $\mu = 0,2$ коефіцієнт тертя в ковзунах.

Сила F , прикладена до шворня визначається з виразу:

$$F = F_1 - F_2. \quad (4.5)$$

Вертикальна статична сила на ковзун надресорної балки визначається за формулою [18]:

$$P_{ст} = \frac{P_{бр} - 2P_{ч}}{4}, \quad (4.6)$$

де $P_{бр}$ – вага вагона брутто, $кН$;

$P_{ч}$ – вага частин візка, через які передається на рейки статичне навантаження від надресорної балки, $кН$.

Вага вагона брутто визначається за формулою [19]:

$$P_{бр} = (T + n_{пас} m_{пас}) g, \quad (4.7)$$

де T – тара вагона з екіпіруванням, $кН$;

$n_{пас}$ – розрахункова максимальна населеність вагона;

$m_{пас}$ – середня маса одного пасажера з багажем, $т$.

Вага частин візка, через які передається на рейки статичне навантаження від надресорної балки, визначається за формулою:

$$P_{\text{ч}} = (2m_{\text{кп}} + 4m_{\text{б}} + m_{\text{р}} + 2m_{\text{рп}})g, \quad (4.8)$$

де $m_{\text{кп}}$ – маса колісної пари, m ;

$m_{\text{б}}$ – маса буксового вузла m ;

$m_{\text{р}}$ – маса рами візка, m ;

$m_{\text{рп}}$ – маса ресора підвішування однієї сторони візка, m .

Вертикальна динамічна сила на ковзун надресорної балки визначається за формулою [19]:

$$P_{\text{д}} = P_{\text{ст}} \cdot k_{\text{дв}}, \quad (4.9)$$

де $k_{\text{дв}}$ – коефіцієнт вертикальної динаміки.

Коефіцієнт вертикальної динаміки $k_{\text{дв}}$ розглядається [19] як випадкова функція з імовірнісним розподілом виду:

$$P(k_{\text{дв}}) = 1 - \exp\left(-\frac{\pi}{4} \cdot \frac{k_{\text{дв}}^2}{k_{\text{дв}}^2} \cdot \beta^2\right). \quad (4.10)$$

Коефіцієнт $k_{\text{дв}}$ визначається як квантиль цієї функції при розрахунковій односторонньої ймовірності $P(k_{\text{дв}})$ за формулою:

$$k_{\text{дв}} = \frac{\overline{k_{\text{дв}}}}{\beta} \cdot \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \ln \frac{1}{1 - P(k_{\text{дв}})}}, \quad (4.11)$$

де $\overline{k_{\text{дв}}}$ – середнє ймовірне значення коефіцієнта вертикальної динаміки;

β – параметр розподілення, який уточняється по експериментальним

даним, для деталей пасажирських вагонів при існуючих умовах експлуатації $\beta = 1$;

$P(k_{дв})$ – при розрахунках на міцність по допустимим напруженням приймається $P(k_{дв}) = 0,97$.

$$\bar{k}_{дв} = a + 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot b \cdot \frac{V - 15}{f_{ст}}, \quad (4.12)$$

де a – коефіцієнт, для елементів кузова становить 0,05;

V – розрахункова швидкість руху, м/с;

b – коефіцієнт, який враховує вплив числа осей в візку чи групи візків під одним кінцем екіпажу;

$f_{ст}$ – статичний прогин ресорного підвішування вагона, м.

$$b = \frac{n + 2}{2n}, \quad (4.13)$$

де n – кількість осей вагона.

Вертикальна складова від бічних сил на ковзун надресорної балки визначається за формулою [17-19]:

$$P_{\sigma} = \frac{H_{ц} h_{ц} + H_{в} h_{в}}{m_p 2b}, \quad (4.14)$$

де $H_{ц}$ – відцентрова сила від ваги бруто вагона, кН;

$H_{в}$ – сила тиску вітру, кН;

$h_{ц}, h_{в}$ – вертикальна відстань від точки докладання сили P_{σ} до точок прикладання сил $H_{ц}$ і $H_{в}$ відповідно, м.

Відцентрова сила від ваги бруто вагона визначається за формулою:

$$H_{\text{ц}} = \eta_{\text{ц}} (P_{\text{бр}} - 2P_{\text{ч}}), \quad (4.15)$$

де $\eta_{\text{ц}}$ – коефіцієнт, який враховує дію відцентрової сили.

Сила тиску вітру визначається за наступною формулою:

$$H_{\text{в}} = 2\omega L_{\text{к}} H_{\text{зк}}, \quad (4.16)$$

де ω – питомий тиск вітру, кН/м ;

$L_{\text{к}}$ – половина довжини кузова вагона по кінцевим балкам, м ;

$H_{\text{зк}}$ – зовнішня висота кузова, м .

Вертикальна складова від поздовжніх сил інерції при гальмуванні на ковзун надресорної балки визначається за формулою:

$$P_{\text{i}} = \frac{1}{2} \left(\frac{T_{\text{ц}} h}{2l} \right), \quad (4.17)$$

де $T_{\text{ц}}$ – поздовжня сила інерції кузова вагона, кН ;

h – вертикальна відстань від центру ваги вагона до точки прикладання сили P , м .

Розрахункова схема надресорної балки є статично визначеною балкою.

Розглядаються 3 розрахункові схеми:

- у вертикальній площині від сил P_1 і P_2 (рис. 4.2, а)

- в горизонтальній площині - від сили T_1 (рис. 4.2, б) та від сил F_1 , F_2 (рис.

4.2, в)

Розрахунковими перерізами надресорної балки є перерізи

1-1-посередині балки $l_1=1,018 \text{ м}$;

2-2-біля підшипника $l_2 = 0,818 \text{ м}$;

3-3-біля ковзуна $l_3=0,375 \text{ м}$;

4-4 - посередині ковзуна $l_4 = 0,259 \text{ м}$;

5-5-по вертикальній опорі $a = 0,270 \text{ м}$.

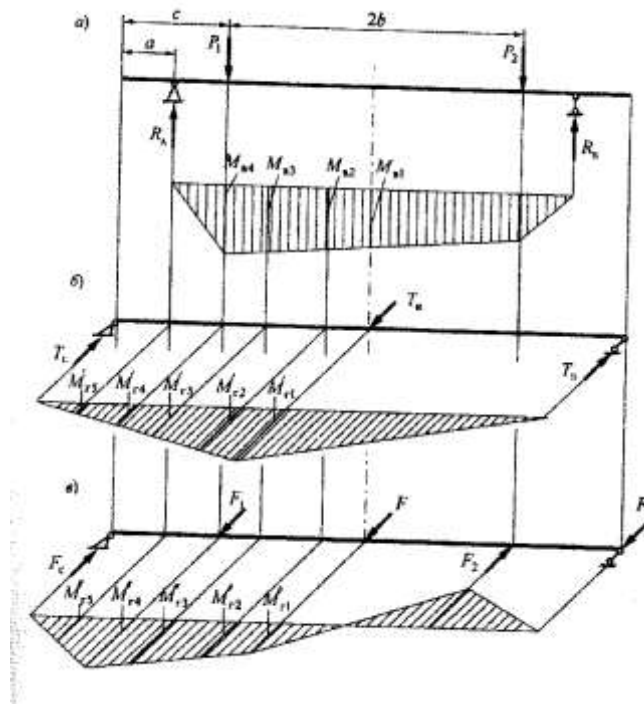


Рисунок 4.2 – Згинальні моменти в розрахункових перерізах балки

У вертикальній площині відповідні моменти визначимо за формулою:

$$M_{vi} = R_a l_i - P_i (l_i - l_4), \quad (4.18)$$

де R_a – вертикальна реакція в опорі А балки з боку ресорного комплекту, що визначається з умови рівноваги балки у вертикальній площині; κH .

Вертикальна реакція в опорі А балки з боку ресорного комплекту визначається за формулою:

$$R_a = \frac{P_1(2b + l_4) + P_2 l_4}{2l_1}. \quad (4.19)$$

У горизонтальній площині моменти в перерізах балки визначаються за

формулою:

$$M_{r1-3} = (T_c(a + l_{1-3}) + F_c(a + l_{1-3}) - F_1(l_{1-3} - l_4)), \quad (4.20)$$

$$M_{r4} = (T_c(a + l_4) + F_c(a + l_4)), \quad (4.21)$$

$$M_{r5} = (T_c a + F_c a), \quad (4.22)$$

де T_c , F_c – горизонтальні реакції в опорі балки з боку поздовжнього повідка відповідно від сили T_i та сил тертя, κH .

Горизонтальна реакція в опорі балки з боку поздовжнього повідка відповідно від сили T_i визначається з формули:

$$T_c = 0,5T_n. \quad (4.23)$$

Сила F_c визначається з умови рівноваги балки у горизонтальній площині:

$$\sum M_D = 0, \quad (4.24)$$

$$F_1(2b + c) - F(b + c) - F_2c - F_c(2c + 2b) = 0, \quad (4.25)$$

$$F_c = \frac{F_1(2b + c) - F(b + c) - F_2c}{2(c + b)}. \quad (4.26)$$

Сумарне напруження в розрахункових перерізах балки для верхніх лівих та нижніх правих волокон визначається за формулою:

$$\sigma_i = \sigma_{Bi}^{B(H)} + \sigma_{Gi}^{G(H)}. \quad (4.27)$$

де $\sigma_{Bi}^{B(H)}$ – нормальні напруження від вертикальних сил, МПа;

$\sigma_{Gi}^{r(n)}$ – нормальні напруження від горизонтальних сил, МПа.

Нормальні напруження від вертикальних сил визначаються з виразу:

$$\sigma_{Bi}^B = \frac{-M_{Bi}}{W_{yi}^B}, \quad (4.28)$$

$$\sigma_{Bi}^H = \frac{M_{Bi}}{W_{yi}^H}, \quad (4.29)$$

$$\sigma_{Gi}^n = \frac{-M_{Gi}}{W_{yi}^n}, \quad (4.30)$$

$$\sigma_{Gi}^n = \frac{M_{Bi}}{W_{yi}^n}. \quad (4.31)$$

Умови міцності:

$$\sigma_i \leq [\sigma], \quad (4.32)$$

де $[\sigma]$ – напруження матеріалу надресорної балки, що допускається, МПа.

Для сталі марки ВСт3сп6-155МПа; 09Г2Д, 10ХНДП, 15ХСНД-180МПа, 10Г2БД-195 МПа.

Перейдемо до розрахунків.

Вагу вагона брутто визначимо за формулою (4.7):

$$P_{\text{бр}} = (52 + 36 \cdot 0,1) \cdot 9,81 = 545 \text{ кН}.$$

Вагу частин візка, через які передається на рейки статичне навантаження він надресорної балки, визначимо за формулою (4.8):

$$P_v = (2 \cdot 1,456 + 4 \cdot 0,101 + 1,2 + 2 \cdot 0,415) \cdot 9,81 = 52 \text{ кН}.$$

Тоді вертикальна статична сила на ковзун надресорної балки становитиме:

$$P_{ст} = \frac{(545 - 2 \cdot 52)}{2} = 110 \text{ кН}.$$

Середнє ймовірне значення коефіцієнта вертикальної динаміки визначимо з формули (4.12):

$$\overline{k_{дв}} = 0,2 + 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot 1 \cdot \frac{45 - 15}{0,052} = 0,408.$$

Коефіцієнт вертикальної динаміки $k_{дв}$ визначимо за формулою (4.11):

$$k_{дв} = 2,114 \cdot 0,408 = 0,861.$$

Отримавши значення коефіцієнта вертикальної динаміки, визначимо динамічну силу на ковзун надресорної балки:

$$P_d = 110 \cdot 0,861 = 95 \text{ кН}.$$

Визначимо тепер відцентрову силу від ваги бруто вагона:

$$H_{ц} = 0,1(545 - 2 \cdot 52) = 44 \text{ кН}.$$

Сила тиску вітру визначимо за формулою (4.16):

$$H_v = 0,5 \cdot 23,6 \cdot 3,41 = 40 \text{ кН}.$$

Тоді вертикальна складова від бічних сил на ковзун надресорної балки становитиме:

$$P_6 = \frac{44 \cdot 1,145 + 40 \cdot 1,804}{2 \cdot 1,518} = 40 \text{ кН}.$$

Поздовжня сила інерції кузова вагона складає:

$$T_{и} = 0,2 \cdot 110 = 22 \text{ кН}.$$

Вертикальна сила, яка передається на перший ковзун складає:

$$P_1 = 110 + 95 + 40 + 0,8 = 245,8 \text{ кН},$$

$$P_2 = 110 + 95 - 40 + 0,8 = 165,8 \text{ кН}.$$

Сили тертя F_1 та F_2 між ковзунами кузова та візка визначимо з формул (4.3), (4.4):

$$F_1 = 0,2 \cdot 245,8 = 49 \text{ кН},$$

$$F_2 = 0,2 \cdot 165,8 = 33 \text{ кН}.$$

Силу F , прикладена до шворня, визначимо наступним чином:

$$F = 49 - 33 = 16 \text{ кН}.$$

Моменти у відповідних перерізах надресорної балки у вертикальній площині визначимо за формулою (4.18):

$$M_{B1} = 236 \cdot 1,018 - 245,8(1,018 - 0,259) = 54 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_{B2} = 236 \cdot 0,818 - 245,8(0,818 - 0,259) = 56 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_{B3} = 236 \cdot 0,375 - 245,8(0,375 - 0,259) = 60 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_{B4} = 236 \cdot 0,259 = 61 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_{B5} = 0.$$

Моменти у відповідних перерізах надресорної балки у горизонтальній площині визначимо за формулами (4.20)-(4.22):

$$M_{r1} = (11(0,27 + 1,018) + 24(0,27 + 1,018) - 49(1,018 - 0,259)) = 8 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_{r2} = (11(0,27 + 0,818) + 24(0,27 + 0,818) - 49(0,818 - 0,259)) = 11 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_{r3} = (11(0,27 + 0,375) + 24(0,27 + 0,375) - 49(0,375 - 0,259)) = 17 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_{r4} = 11(0,27 + 0,259) + 24(0,27 + 0,259) = 19 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_{r5} = 11 \cdot 0,27 + 24 \cdot 0,27 = 10 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Вертикальну реакцію в опорі А балки з боку ресорного комплексу визначимо за формулою (4.19):

$$R_a = \frac{245,8 \cdot (2 \cdot 0,759 + 0,259) + 165,8 \cdot 0,259}{2 \cdot 1,018} = 236 \text{ кН}.$$

Горизонтальну реакцію в опорі балки з боку поздовжнього повідка відповідно від сили T_i визначимо за формулою (4.23):

$$T_c = 0,5 \cdot 22 = 11 \text{ кН}.$$

Силу F_c визначимо за формулою (4.26):

$$F_c = \frac{49(0,759 \cdot 2 + 0,529) - 16(0,759 + 0,529) - 33 \cdot 0,529}{2(0,759 + 0,529)} = 24 \text{ кН}$$

Сумарні напруження в розрахункових перерізах балки для верхніх лівих та нижніх правих волокон визначимо за формулами (4.27)-(4.31) і зведемо в таблицю 4.1

Таблиця 4.1 – Напруження в надресорній балці

| переріз | M_b , кНм | M_g , кНм | $W_b 10^{-6}$, м ³ | $W_n 10^{-6}$, м ³ | $W_l 10^{-6}$, м ³ | $W_n 10^{-6}$, м ³ | σ_b^B , МПа | σ_b^H , МПа | σ_r^I , МПа | σ_r^{II} , МПа | σ_b , МПа | σ_r , МПа |
|---------|----------------|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|
| 1-1 | 54 | 8 | 1875 | 1717 | 1390 | 1390 | 29 | 31 | 6 | 6 | 35 | 37 |
| 2-2 | 56 | 11 | 1650 | 1650 | 1289 | 1289 | 34 | 34 | 9 | 9 | 43 | 43 |
| 3-3 | 60 | 17 | 911 | 1296 | 1548 | 1548 | 66 | 46 | 11 | 11 | 77 | 57 |
| 4-4 | 61 | 19 | 928 | 802 | 1960 | 1960 | 66 | 76 | 10 | 10 | 76 | 86 |
| 5-5 | 0 | 10 | 936 | 192 | 2252 | 2252 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 |

Сумарні напруження в розрахункових перерізах надресорної балки не перевищують допустимі значення для сталі, що застосовується у її конструкції. Найвищі значення напружень (до 86 МПа) спостерігаються в перерізі 4-4, що все ще знаходиться в межах допустимих значень для навіть найменш міцної сталі ВСтЗспб (155 МПа). Отже, умова міцності для всіх перерізів балки дотримана.

5 ВИМОГИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РЕМОНТІ ВІЗКІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

Під час виконання ремонтних робіт на пасажирських візках необхідно неухильно дотримуватись вимог охорони праці. Це є ключовим чинником забезпечення не лише безпеки персоналу, але й запобігання пошкодженню технічного обладнання. Основна мета таких заходів – мінімізація виробничих ризиків та створення умов, що відповідають сучасним стандартам безпеки [20].

Дотримання встановлених технологічних процедур

Усі ремонтні операції мають виконуватись відповідно до затверджених технологічних регламентів. Такі документи містять чіткі інструкції щодо порядку виконання робіт, технічних прийомів і заходів безпеки. Відхилення від встановленого порядку категорично заборонено.

Застосування засобів індивідуального захисту

Кожен працівник повинен бути забезпечений індивідуальними засобами захисту відповідно до характеру виконуваних робіт. Це, зокрема:

- спеціалізований захисний одяг;
- взуття з посиленням захистом;
- захисні рукавиці;
- окуляри або щитки для захисту очей;
- при необхідності – респіратори чи інші засоби захисту органів дихання.

Користування цими засобами є обов'язковим на всіх етапах ремонтного процесу.

Створення безпечного робочого середовища

Робочі зони мають бути добре освітленими, провітрюваними та чистими.

Слід уникати скупчення сміття, мастил або інших речовин, які можуть спричинити травматизм. Приміщення повинні бути обладнані системами вентиляції для видалення шкідливих парів і запилення.

Безпечне проведення маневрових операцій

Усі маневрові операції, пов'язані з переміщенням рухомого складу, повинні здійснюватися виключно в межах затверджених інструкцій та з урахуванням технологічних вимог.

Перед початком руху рухомий склад повинен бути переміщений за допомогою маневрового локомотива. У разі необхідності самостійного руху складу, таке дозволяється тільки за дозволом диспетчера транспортного цеху, а також після узгодження переведення стрілок та забезпечення належного супроводу.

Перед надходженням на завод, депо, всі пасажирські вагони повинні бути обов'язково дезінфіковані. Це є необхідною умовою для забезпечення санітарних норм і запобігання забрудненню виробничих приміщень.

Для організації роботи з ремонту необхідно підготувати спеціальні відстійні колії, на яких мають бути укладені тверді покриття для безпечного переміщення працівників та техніки.

Маневрові роботи повинні виконуватися згідно з затвердженими технологічними процесами, що гарантують безпеку персоналу та збереження рухомого складу. Важливою умовою є дотримання обмежень швидкості на різних ділянках: 5–15 км/год на заводських шляхах, 3 км/год на під'їздах до цехів, і не більше 2 км/год всередині цеху.

При постановці складу в цех для ремонту має бути забезпечена безпечна відстань між вагонами або локомотивами (не менше 2 м), а також між локомотивом та виходом з воріт цеху (не менше 4,5 м). У цехах з оглядовими канавами повинна бути забезпечена можливість безпечного спуску та обробки рухомого складу.

Перевірка технічного стану обладнання

Перед початком роботи потрібно впевнитися у справності всіх інструментів, механізмів і пристосувань, що використовуються при ремонті. Виявлені дефекти повинні бути усунені до моменту експлуатації, інакше використання несправного обладнання категорично заборонене.

Професійне навчання і періодичний інструктаж

Усі працівники повинні пройти навчання з охорони праці, що охоплює теоретичні знання та практичні навички безпечного виконання робіт. Також перед початком робіт обов'язковим є інструктаж на робочому місці, а в подальшому — періодичні перевірки знань.

До робіт, безпосередньо пов'язаних з ремонтом візків допускаються працівники не молодші 18 років, які пройшли професійне навчання, обов'язковий попередній медичний огляд, інструктаж, навчання, стажування, перевірку знання вимог охорони праці, пожежної безпеки, Правил технічної експлуатації залізниць України, Інструкції по сигналізації на залізницях України, Інструкції з руху поїздів та маневровій роботі на залізницях України, тощо.

У процесі роботи працівники повинні проходити повторні, позапланові та цільові інструктажі, обов'язкові періодичні медичні огляди, а також (не рідше одного разу на рік) навчання з надання першої (долікарської) допомоги постраждалим (працівники робітничих професій).

Працівники, пов'язані з експлуатацією та технічним обслуговуванням електроустановок депо, електрообладнання виконують у них інші види робіт, з урахуванням посадових обов'язків та характеру їх виробничої діяльності повинні проходити первинну та періодичну (чергову та позачергову) перевірку знань Міжгалузевих правил з охорони праці (правил безпеки) під час

експлуатації електроустановок, Правил улаштування електроустановок, правил та інструкцій з технічної експлуатації електроустановок, пожежної безпеки, користування захисними засобами та іншими нормативно-технічними документів.

Чергова перевірка знань з електробезпеки має проводитися: 1 раз на рік – для електротехнічного персоналу, безпосередньо організуючого та провідного роботи з обслуговування діючих електроустановок або виконує в них налагоджувальні, електромонтажні, ремонтні роботи або профілактичні випробування, а також для персоналу, має право видачі нарядів, розпоряджень; 1 раз на 3 роки - для електротехнічного персоналу, що не належить до попередньої групи, а також фахівців з охорони праці, допущених до інспектування електроустановок.

Результати перевірки знань з електробезпеки заносяться до журнал встановленої форми та підписуються всіма членами комісії з перевірки вимог електробезпеки.

Присвоєння групи з електробезпеки електротехнічної (електротехнологічному) персоналу має проводитися відповідно до Міжгалузевими правилами з охорони праці (правилами безпеки) при експлуатації електроустановок.

Неелектротехнічний персонал, який виконує роботи, яких може виникнути небезпека ураження електричним струмом, присвоюється І група з електробезпеки.

Перелік посад та професій, що вимагають присвоєння персоналу І групи з електробезпеки визначає начальник депо.

Персоналу, що засвоїв вимоги щодо електробезпеки, які стосуються його виробничої діяльності, присвоюється І група з електробезпеки з оформленням у журналі встановленої форми. Посвідчення у своїй не видається. Присвоєння І групи з електробезпеки здійснюється шляхом проведення інструктажу, який, як правило, має завершуватися усною перевіркою знань та

за необхідності перевіркою набутих навичок безпечних прийомів роботи або надання першої (долікарської) допомоги при ураженні електричним струмом. Присвоєння I групи з електробезпеки проводить працівник із числа електротехнічного персоналу депо, який має групу з електробезпеки не нижче III.

Присвоєння I групи з електробезпеки проводиться з періодичністю не рідше ніж 1 раз на рік.

Надійне фіксування і підйом візків

Під час підйому або вивішування візків необхідно застосовувати сертифіковані підставки, які гарантують стійкість конструкції. Здійснювати роботи на візках, що підтримуються лише домкратами, суворо заборонено – це створює ризик обвалу.

Дотримання правил безпечного поводження з електрообладнанням

Роботи, пов'язані з використанням електроінструменту, повинні виконуватись з дотриманням вимог електробезпеки. Зокрема:

- необхідно використовувати понижуючі трансформатори;
- виконувати заземлення обладнання;
- застосовувати інструмент із діелектричними ручками.

Ремонт візків пасажирських вагонів

Проведення ремонтів та технічного обслуговування пасажирських вагонів має здійснюватися відповідно до чинних стандартів і нормативно-технологічної документації.

Розбирання та складання візків проводити тільки на обладнаних позиціях.

При розбиранні візків забороняється кидати на підлогу деталі, що знімаються, для ремонту.

При розбиранні ресорного комплекту не допускати випадання внутрішньої пружини з комплекту, розбирання робити за допомогою спеціального пристрою, із захопленням одночасно обох пружин.

При зачистці місць на постановці клейм на деталі візків обробці наплавлених поверхонь використовувати захисні окуляри.

Категорично забороняється зберігання запасних частин біля електрощита.

При розвороті візків з колісними парами в зборі забороняється ставати на поворотний круг, теж на поворотний круг при розвороті колісних пар окремо.

Управляти ремонтними машинами, миття візків у мийній машині мають право лише працівники, навчені та випробувані у знанні правил техніки безпеки, при експлуатації даних механізмів.

Забороняється виконувати слюсарні роботи на візки під час виконання електрозварювальних робіт.

Складання візків на колісні пари проводять групою з 4-х осіб, причому команду на виконання робіт кранівнику подає один із них.

Перекочування колісних пар при складанні візків проводити тільки від себе, а не на себе.

При транспортуванні візків та його деталей мостовим краном забороняється працівникам перебувати під вантажем, у зоні можливого падіння.

При виконанні електрозварювальних робіт на ремонті візків для запобігання впливу променів дуги на слюсарів, робоче місце повинно бути обмежене переносною ширмою або щитком.

При будь-якій несправності механізмів, що уражають безпеку праці працівників обриву заземлення, при пошкодженні кабелів, що підводять, та інших несправностях зробити вимкнення механізму доповіді майстру і не приступати до роботи до усунення несправності.

У разі виникнення займання на ділянці працівники повинні негайно приступити до гасіння вогнища займання первинними засобами пожежогасіння. Якщо ж вогнище загоряння самотужки потупити не можливо, слід викликати пожежну охорону і повідомити адміністрацію підприємства.

Після закінчення зварювальних робіт або під час технологічних перерв зварювальне обладнання повинно бути вимкнене. Також необхідно вимкнути ремонтні машини та інші механізми та обладнання, упорядкувати робоче місце, прибрати інструмент та пристрої у встановлені місця, повідомити про всі зауваження під час роботи несправності керівника робіт.

Безпека під час роботи в оглядових канавах

Оглядові канали повинні бути оснащені системами освітлення, що працюють на безпечній, низькій напрузі, яка не створює небезпеки у разі контакту з вологими поверхнями або металевими конструкціями. Освітлення має забезпечувати достатню видимість для виконання всіх робіт без додаткових джерел світла. У разі відсутності працівників у канаві або зупинки робіт, ці ділянки повинні бути чітко огорожені або тимчасово накриті. Це дозволяє запобігти випадковим падінням людей або інструментів у канаву, що є однією з поширених причин виробничого травматизму. Крім того, працівникам слід нагадувати про обов'язкове дотримання обережності при наближенні до відкритих оглядових зон, навіть за наявності огорожень.

ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Важливим аспектом підвищення надійності конструкції візків пасажирських вагонів є розвиток сучасних методів їхньої діагностики та ремонту. Такі інноваційні підходи дозволять ефективно виявляти та усувати потенційні дефекти на ранніх стадіях, запобігаючи виникненню тріщин і зломів критичних елементів. В результаті це забезпечить підвищення довговічності елементів візків, зменшення експлуатаційних витрат на ремонт та мінімізацію ризиків виникнення залізнично-транспортних пригод. У зв'язку з цим у даній роботі було:

- проведено аналіз конструктивних особливостей візків пасажирських вагонів, їхніх пошкоджень та технології ремонту;

- надані рекомендації щодо удосконалення технології ремонту візків пасажирських вагонів.

- надані рекомендації щодо удосконалення технології дефектоскопіювання деталей візків пасажирських вагонів.

- проведено розрахунок надресорної балки візка пасажирського вагона на міцність. Також у роботі були розглянуті вимоги з охорони праці при ремонті візків пасажирських вагонів.

Таким чином, постійний розвиток методів неруйнівного контролю, який передбачає інтеграцію новітніх технологічних рішень із традиційними методами діагностики, залишається ключовим напрямком для забезпечення стабільної надійності залізничних перевезень у довгостроковій перспективі.