КОНСТРУКЦІЯ ТА ДИНАМІКА ЕЛЕКТРИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

КОНСТРУКЦІЯ ТА ДИНАМІКА ЕЛЕКТРИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Підручник

Частина 1

ХАРКІВ – 2018

КОНСТРУКЦІЯ ТА ДИНАМІКА ЕЛЕКТРИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Підручник

Частина 1

Харків – 2018

Created by free version of DocuFreezer

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

КОНСТРУКЦІЯ ТА ДИНАМІКА ЕЛЕКТРИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Підручник

Частина 1

Харків – 2018

УДК 629.4.015(075)
К 65

Рекомендовано вченою радою Українського державного університету залізничного транспорту як підручник (витяг з протоколу № 8 від 21 грудня 2017 р.)

Рецензенти:
професори В. І. Носков (НТУ «ХПІ»),
М. В. Хворост (ХНУМГ ім. О. М. Бекетова),

Авторський колектив:
Панченко С. В., Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Нерубацький В. П.

К65 Конструкція та динаміка електричного рухомого складу: підручник / С. В. Панченко, М. М. Бабаєв, В. С. Блиндюк та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – Ч. 1. – 280 с., рис. 100, табл. 14.

ISBN 978-617-654-073-1

У підручнику розглянуто основні відомості стосовно конструкції та динаміки електричного рухомого складу, що експлуатується на залізницях України і низки інших країн. Подано загальний опис конструкції електровозів і моторвагонного рухомого складу. Наведено порівняльний аналіз матеріалів, що використовуються для виготовлення вузлів і деталей електрорухомого складу. Ряд підрозділів, крім опису конструктивних особливостей тих або інших вузлів, супроводжується основними принципами розрахунку їх розмірів і параметрів. Наведено основні відомості про види коливань і збурення, що викликають коливання рухомого складу. Подано показники динамічних якостей механічної частини.

Підручник розрахований на широке коло користувачів: студентів, аспірантів, інженерно-технічних працівників, викладачів, наукових працівників, що спеціалізуються в галузі експлуатації та ремонту електричного рухомого складу.

УДК 629.4.015(075)

ISBN 978-617-654-073-1

© Український державний університет залізничного транспорту, 2018.

Підручник

Панченко Сергій Володимирович,
Бабаєв Михайло Михайлович,
Блиндюк Василь Степанович
та ін.

КОНСТРУКЦІЯ ТА ДИНАМІКА ЕЛЕКТРИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Частина 1

Відповідальний за випуск Нерубацький В. П.

Редактор Решетилова В. В.

Підписано до друку 21.06.17 р.

Формат паперу 60х84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк. арк. 15,75. Тираж 35. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.

Created by free version of DocuFreezer

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА…… 6
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЕЛЕКТРИЧНИЙ РУХОМИЙ СКЛАД…….. 8
1.1. Розвиток електричної тяги…… 8
Питання для самоконтролю…….. 11
1.2. Класифікація та особливості будови електричного рухомого складу…… 13
1.2.1. Класифікація та особливості будови електровозів.. 13
1.2.2. Класифікація та особливості будови моторвагонного рухомого складу…… 22
1.2.3. Вимоги, що ставляться до електричного рухомого складу при проектуванні……... 30
Питання для самоконтролю…….. 33
РОЗДІЛ 2. МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА ЕЛЕКТРИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ……. 35
2.1. Кузови електричного рухомого складу і компонування обладнання……. 35
2.1.1. Загальні положення……. 35
2.1.2. Основні вузли механічної частини ЕРС…… 37
2.1.3. Типи кузовів електрорухомого складу…….. 38
2.1.4. Основні елементи кузова…… 41
2.1.5. Компонування обладнання……. 48
2.1.6. Статичне розваження рухомого складу……. 51
Питання для самоконтролю…….. 54
2.2. Візки електричного рухомого складу…….. 55
2.2.1. Типи і загальні характеристики візків……... 55
2.2.2. Конструкції візків…… 56
2.2.3. Призначення та класифікація рам візків……... 59
2.2.4. Конструктивні особливості рам візків……... 64
Питання для самоконтролю…….. 69
2.3. Вузли зв’язку кузова і візків……. 70
2.3.1. Загальні положення та класифікація вузлів…….. 70
2.3.2. Вузол зв’язку з циліндричною п’ятою…….. 72
2.3.3. Вузол з кульовим зв’язком і повертальним пристроєм…… 73
2.3.4. Бічні опори…… 74

2.3.5. Маятникова опора з поворотним пристроєм…… 75
2.3.6. Колискове підвішування……. 77
2.3.7. Вузол з'єднання з багатоцільовим використанням пружин……. 79
2.3.8. Вузол поздовжнього зв'язку з похилими тягами……..... 80
2.3.9. Рухомий склад з кузовами, що нахиляються……. 83
Питання для самоконтролю…….. 87
2.4. Колісні пари…… 89
2.4.1. Призначення і класифікація колісних пар……. 89
2.4.2. Конструкція колісної пари…….. 90
2.4.3. Осі колісних пар……... 91
2.4.4. Колісні центри…….. 93
2.4.5. Бандажі…….. 96
2.4.6. Види оглядів та обстеження колісних пар……. 101
2.4.7. Таврування колісних пар……. 103
2.4.8. Несправності колісних пар…….. 105
2.4.9. Підгумовані колеса…….. 107
Питання для самоконтролю…….. 109
2.5. Буксові вузли рухомого складу……. 110
2.5.1. Призначення і конструктивні особливості буксових вузлів……... 110
2.5.2. Класифікація буксових вузлів……. 111
2.5.3. Конструкції буксових вузлів……... 111
Питання для самоконтролю……... 127
2.6. Ресорне підвішування і гасителі коливань…….. 128
2.6.1. Призначення ресорного підвішування…….. 128
2.6.2. Принцип поділу мас……. 128
2.6.3. Перший ступінь – буксове ресорне підвішування… 130
2.6.4. Листові ресори…….. 132
2.6.5. Пружини…… 135
2.6.6. Торсіони…… 140
2.6.7. Застосування гумових елементів у конструкції механічної частини локомотива……... 141
2.6.8. Пневморесори та особливості їх роботи…… 145
2.6.9. Гасителі коливань…… 149
2.6.9.1. Гасителі коливань…….. 149
2.6.9.2. Фрикційні гасителі коливань…… 155

2.6.10. Спрощений розрахунок листової ресори на міцність…… 158
2.6.11. Розрахунок однорядних пружин на міцність…….. 162
2.6.12. Розрахунок гумових та гумометалевих елементів ресорного підвішування…… 165
Питання для самоконтролю……... 169
2.7. Тягова передача……... 171
2.7.1. Загальні положення…….. 171
2.7.2. Вимоги, що ставляться до тягових передач…….. 171
2.7.3. Конструкції тягових передач в приводах І класу….. 173
2.7.4. Моторно-осьові підшипники…….. 177
2.7.5. Зубчаста передача в приводах І класу…… 182
2.7.6. Особливості конструкції приводу ІІ класу…… 190
2.7.7. Загальні відомості про тягові муфти…….. 191
2.7.8. Корпус редуктора……. 193
2.7.9. Особливості конструкції приводу ІІІ класу……... 205
2.7.10. Тягові муфти приводу ІІІ класу…… 207
2.7.11. Груповий тяговий привод……. 210
Питання для самоконтролю…….. 211
2.8. Автозчепні пристрої…….. 213
2.8.1. Загальні відомості про автозчепні пристрої…….. 213
2.8.2. Автозчепний пристрій СА-3……... 214
Питання для самоконтролю…….. 225
2.9. Рухомий склад метрополітенів…….. 227
2.9.1. Вагони метрополітену серій 81-717 і 81-714……. 227
2.9.2. Вагони метрополітену серій 81-720.1 і 81-721.1….. 242
2.9.3. Вагони метрополітену серій 81-722, 81-723 і 81-724…….. 245
2.9.4. Вагони метрополітену серій 81-740 і 81-741……. 248
2.9.5. Вагони метрополітену серій 81-760 і 81-761……. 259
2.9.6. Вагони метрополітену серій 81-556, 81-557 і 81-558…….. 265
2.9.7. Вагони метрополітену серії Е-КМ……. 269
Питання для самоконтролю…….. 272
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК…… 274

ПЕРЕДМОВА

На залізницях більшості країн світу для вантажних і пасажирських перевезень на основних і найбільш завантажених напрямах застосовується електричний рухомий склад. В країнах Європи розвинений високошвидкісний пасажирський рух, який успішно конкурує з авіатранспортом. Розробниками електрорухомого складу постійно ведуться роботи, спрямовані на його вдосконалення, підвищення динамічних якостей, надійності і довговічності. В Україні основні залізничні напрями і практично всі великі приміські вузли електрифіковані.

У даному підручнику розглядається конструкція основних частин і вузлів електровозів і моторвагонного рухомого складу постійного і змінного струму, що експлуатується на залізницях України, а також деяких серій вагонів метрополітенів. Крім того, наводяться матеріали про новий перспективний рухомий склад. Для більш поглибленого вивчення матеріалу у деяких підрозділах, крім опису конструктивних особливостей тих чи інших вузлів, наведено приклади розрахунків за вибором їх основних розмірів і параметрів.

При вивченні дисципліни «Конструкція та динаміка ЕРС» студентами, що отримують перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, крім конструкції електричного рухомого складу (ЕРС) вивчаються також ритмічні явища, що виникають в електрорухомому складі та рейковій колії під час руху рухомого складу, а також при взаємодії ЕРС з навколишнім середовищем. Вивчення цих явищ необхідно для правильного вибору схеми і параметрів обладнання ЕРС, зокрема віброзахисних пристроїв (ресорне підвішування, горизонтальні, поздовжні і поперечні зв’язки колісних пар з рамою візка та візка з кузовом, підвішування тягового двигуна, тягового редуктора і т. д.), а також для зниження динамічних сил, що діють на несучі елементи механічної частини і залізничну колію, на обладнання ЕРС і людей, які в ньому перебувають. У зв’язку зі зміною в експлуатації параметрів певних елементів механічної частини ЕРС через старіння і знос важливе значення має забезпечення необхідного рівня віброзахисту ЕРС. Це необхідно для зменшення обсягів ремонту ЕРС і гарантування безпеки його

руху. Вивчивши дисципліну «Конструкція та динаміка ЕРС», студенти повинні ***знати***:

- призначення, будову та принципи роботи окремих вузлів та механічної частини електрорухомого складу в цілому;
- причини виникнення динамічних явищ в механічній частині ЕРС, способи їх опису;
- способи опису динамічних явищ і методи складання диференціальних рівнянь коливань, принципи побудови динамічних моделей;
- методи вибору схем і параметрів механічної частини на основі оцінки її показників динамічних якостей;

вміти:

- добре володіти методами опису статики і динаміки механічних систем, а також способами розв'язання диференціальних рівнянь, діями над матрицями, використовувати відомості про конструкції механічної частини ЕРС;
- визначати показники динамічних якостей механічної частини ЕРС;
- проводити аналіз частотних і динамічних властивостей, оцінку стійкості руху;
- виконувати, в тому числі із застосуванням ПК, розрахунки з динаміки та міцності механічної частини;
- оптимізовувати конструкції екіпажної частини за динамічними критеріями;
- розробляти проекти модернізації окремих вузлів згідно з чинними вимогами і заходи для забезпечення їх працездатності.

Даний підручник служить цим цілям і доповнює наявну технічну літературу з деяких питань взаємодії електричного рухомого складу і верхньої будови колії. Підручник призначено в першу чергу для студентів технічних вузів, які навчаються за спеціальностями 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (освітня програма «Електричний транспорт») і 273 «Залізничний транспорт» (освітня програма «Електровози та електропоїзди»), що вивчають дисципліну «Конструкція та динаміка ЕРС», може використовуватися при виконанні курсових проектів і кваліфікаційних робіт, а також для підвищення кваліфікації слухачів ФПК, ІППК та інженерно-технічних працівників залізничного транспорту і промисловості.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЕЛЕКТРИЧНИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

1.1. РОЗВИТОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТЯГИ

Електрифікація залізниць в СРСР почалася в 1926 р. Тоді було електрифіковано приміську ділянку Баку - Сабунчі - Сурахани Азербайджанської залізниці на постійному струмі при напрузі в контактному проводі 1200 В. Наступну ділянку, також приміську, Москва - Митищі Московської залізниці було електрифіковано в 1929 р. на постійному струмі при напрузі в контактному проводі 1500 В.

Електрифікація першої магістральної ділянки, головним чином для вантажного руху, Хашурі - Зестафоні Закавказької залізниці на постійному струмі при напрузі 3 кВ була здійснена в 1932 р. Електрифікація залізниць напругою 3 кВ постійного струму, прогресивною для того часу, тривала до кінця 1959 р., а в наступні роки – головним чином на змінному струмі напругою 25 кВ частотою 50 Гц. На початок 1982 р. в СРСР на електричну тягу було переведено близько 44 тис. км, з яких понад 18 тис. км були електрифіковані на змінному струмі.

У 1934 р. на московському заводі «Динамо» ім. Кірова почалися роботи зі створення електровозів змінного струму промислової частоти 50 Гц при напрузі в контактному проводі 25 кВ, в результаті яких в 1938 р. був випущений дослідний зразок електровоза типу ОР (однофазний ртутний) потужністю 2000 кВт на напругу 20 кВ. На цьому електровозі був встановлений металевий багатоанодний ртутний випрямляч з відкачною системою для підтримки вакууму і мережним регулюванням.

Найбільшого застосування електрична тяга на змінному струмі набула після закінчення Другої світової війни. У 1947 – 1954 рр. заводи Новочеркаський електровозобудівний (НЕВЗ) і «Динамо» імені Кірова проводили роботи зі створення електровозів змінного струму промислової частоти напруги 25 кВ,

використовуючи як випрямлячі струму ігнітрони (одноаноді запаяні ртутні вентилі) великої потужності. У 1954 – 1956 рр. була виготовлена партія шестивісних електровозів ВЛ61 для дослідної ділянки Ожерельє - Павелець, електрифікованої на змінному струмі 25 кВ частотою 50 Гц.

Відкриття першої магістральної ділянки на змінному струмі промислової частоти напругою 25 кВ Чернореченська - Клюквена Східно-Сибірської залізниці відбулося у Красноярську 31 грудня 1959 р. Для цієї ділянки НЕВЗ була виготовлена велика партія шестивісних електровозів змінного струму ВЛ60 з ігнітронними випрямлячами. Дослідні електровози цієї серії проходили випробування на ділянці Ожерельє - Павелець в 1958 – 1959 рр.

У 1961 р. Новочеркаським заводом були випущені дослідні зразки восьмивісних електровозів змінного струму ВЛ80; їх модифікації надалі склали основний парк вантажних локомотивів змінного струму. У 1966 р. створені дослідні зразки восьмивісних електровозів подвійного живлення ВЛ82.

Починаючи з 1966 р. при виробництві заводського ремонту на електровозах ВЛ60 випрямні ігнітронні установки стали замінювати кремнієвими напівпровідниковими. Пізніше ці установки комплектувалися напівпровідниковими лавинними вентилями. Застосування напівпровідникових випрямних установок значно підвищило експлуатаційну надійність електровозів, збільшило їх коефіцієнти корисної дії і потужності.

У 1967 р. були виготовлені макетні зразки електровозів нових типів, в перетворювальних установках яких використовувалися силові керовані напівпровідникові вентилі – тиристори. Дослідні зразки електровозів ВЛ80^{Р} з рекуперативним гальмуванням були випущені в 1969 р.

До 2017 р. електровози та електропоїзди стали основним видом тяги на українських залізницях. В даний час ведуться роботи із застосування на електровозах і моторвагонному рухомому складі асинхронних електричних машин в ролі тягових двигунів з перетворювачами на IGBT транзисторних модулях. Крім того, відпрацьовуються технічні рішення щодо вдосконалення електровозів подвійного живлення, що дозволить значно підвищити експлуатаційні показники роботи локомотивів на ділянках з різними родами струму [23, 25, 41 – 42, 44].

Залізничний транспорт як галузь народного господарства включає в себе: залізничні колії, мости, тунелі, прилади електропостачання, тягові підстанції, вокзали, станції, депо, рухомий склад та ін. Загальний термін «***локомотиви»*** об'єднує тепловози, електровози та інші види тягового рухомого складу крім електропоїздів (МВРС). Ще більш широкий термін «***рухомий склад»*** об'єднує тяговий рухомий склад і вагони.

Історично склалося, що на залізничних коліях існує два ***типи тяги***. При одному з них на локомотивах знаходиться запас пального, води, необхідних для виробництва енергії, завдяки якій рухається поїзд. Запаси пального, води і мастильних матеріалів поповнюються у спеціальних екіпірувальних пунктах.

Локомотиви іншого типу тяги не мають власного джерела енергії, а отримують її централізовано через контактну мережу від тягових підстанцій.

Звідси і назви цих видів тяги: автономна, неавтономна.

Локомотиви автономної тяги поділяються за найбільш характерними ознаками принципом дії їх теплових машин. Такими на *паровозах* є парові машини – використовується пара, яка виробляється паровим котлом. На *тепловозах* використовують дизелі – двигуни внутрішнього згоряння, робота яких ґрунтується на самоспалахуванні палива, що подається в циліндри, при стисненні повітря. На неелектрифікованих дільницях приміські і міські пасажирські перевезення виконуються *дизельними поїздами*. Два перші або останні вагони є моторними, частину пасажирського приміщення в них займають дизельні установки. В *газотурбовозах* джерелом енергії, вироблюваної для руху поїзда, є установка з газотурбінними двигунами. Газотурбовози поки що менш економічні, ніж дизельні двигуни, і тому не мають широкого використання.

Локомотиви неавтономної, або електричної, ***тяги*** класифікують також на основі її найбільш характерної ознаки – за родом струму і напруги у контактній мережі.

Існує ще й ***комбінована система тяги***, яка займає проміжне значення. До неї відносяться ***контактно-акумуляторна*** система та ***дизель-контактна***, обидві мають електричні тягові двигуни. Цей вид тяги використовується для пасажирських перевезень на

відносно невеликі відстані на залізницях, які мають електрифіковані колії. На таких дільницях електричні тягові двигуни мають отримувати енергію від контактної мережі. Після виходу за її межу енергія до тягових двигунів надходить від акумуляторів, розташованих на контактно-акумуляторному рухомому поїзді.

Тягові двигуни дизель-контактного локомотива отримують на неелектрифікованих ділянках живлення (енергію) від генераторів, які приводяться в дію дизельними двигунами поїзда.

Номінальним режимом роботи називається режим роботи, для якого машини чи апарати спроектовані та виготовлені. Він характеризується номінальними величинами, які позначені на заводському щиті: потужністю, напругою, струмом тощо.

Номінальною напругою називають напругу споживача, для якої він призначений при нормальній роботі. Номінальні значення напруг для потреб електричного транспорту складають:

1) постійний струм:

а) метрополітен:

- номінальна напруга на шинах тягової підстанції – 825 В;
- номінальна напруга на струмоприймачі – 750 В;

б) міський електротранспорт:

- номінальна напруга на шинах тягової підстанції – 600 В;
- номінальна напруга на струмоприймачі – 550 В;

в) залізничний транспорт:

- номінальна напруга на шинах тягової підстанції – 3,3 кВ;
- номінальна напруга на струмоприймачі – 3 кВ;
- мінімальна напруга на струмоприймачі – 2,7 кВ;
- максимальна напруга на струмоприймачі – не більше 4 кВ;

2) стандартні напруги однофазного змінного струму:

- номінальна напруга на шинах тягової підстанції – 27,5 кВ;
- номінальна напруга на струмоприймачі – 25 кВ;
- мінімальна напруга на струмоприймачі – 21 кВ;
- максимальна напруга на струмоприймачі – 29 кВ.

Питання для самоконтролю

1. Коли і де саме було розпочато електрифікацію в СРСР?
2. Коли і де розпочалися роботи зі створення електровозів змінного струму?

3. Коли електрична тяга на змінному струмі набула найбільшого застосування? Охарактеризуйте цей період.

4. Що саме включає в себе залізничний транспорт як галузь народного господарства?

5. Дайте визначення поняттям «локомотиви» та «рухомий склад».

6. Які існують типи тяги? Охарактеризуйте їх.

7. Що називається номінальним режимом роботи машини та якими параметрами він характеризується?

8. Назвіть номінальні значення напруг для потреб електричного транспорту постійного струму.

9. Назвіть номінальні значення напруг для потреб електричного транспорту однофазного змінного струму.

1.2. КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ЕЛЕКТРИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

1.2.1. Класифікація та особливості будови електровозів

Електровоз – це локомотив з електричними тяговими двигунами, які живляться від зовнішньої електричної системи за допомогою контактної мережі і перетворюють електричну енергію у механічну тягову [56].

***Список серійних електровозів*:** ВЛ8, ВЛ10, ВЛ11, ВЛ15, ВЛ19, ВЛ22, ВЛ23, ВЛ60, ВЛ65, ВЛ80, ВЛ82, ВЛ85, ЕП1, ЕП2К, ЕП10, Е5К, 2ЕС4К, 2ЕС5К, 2ЕС6, ЧС1, ЧС2, ЧС3, ЧС4, ЧС6, ЧС7, ЧС8, ЧС200, ДЕ1, ДС3, 2ЕЛ5 [67 – 76].

***Список дослідних і малосерійних електровозів*:** ВЛ12, ВЛ40, ВЛ61, ВЛ62, ВЛ81, ВЛ83, ВЛ84, ЧС5, ЕП200.

Букви «ВЛ» означають «Володимир Ленін», з них починається номер моделі практично всіх радянських електровозів.

Цифри, що стоять поряд з буквами, відповідають певним типам електровозів:

- від 1 до 18 – восьмивісні постійного струму;
- від 19 до 39 – шестивісні постійного струму;
- від 40 до 59 – чотиривісні змінного струму;
- від 60 до 79 – шестивісні змінного струму;
- від 80 – восьмивісні змінного струму.

Цифри до 40 означають електровоз постійного струму, 40 і вище – змінного струму. У номерах моделей ВЛ19, ВЛ22 і ВЛ23 цифра означає навантаження на вісь в тоннах. У номерах 40, 60 і 80 цифра «0» спочатку була буквою «О» і означала «однофазний», тобто такий, що живиться однофазним змінним струмом, а перша цифра означала число осей, але пізніше буква для зручності перетворилася на цифру – ВЛ40, ВЛ60, ВЛ80. Останні букви в номері моделі ВЛ60 і ВЛ80 означають:

«***К***» – з кремнієвими випрямлячами (раніше застосовувалися ртутні);

«***Т***» – з реостатним гальмуванням;

«***Р***» – з рекуперативним гальмуванням;

«***П***» – пасажирський;

«***С***» – сполучний, тобто може працювати за системою багатьох одиниць;

«***А***» – з асинхронними тяговими двигунами;

«***Б***» – з безколекторними вентильними двигунами;

«***В***» – з регулюванням напруги на високовольтній стороні трансформатора (як у ЧС4 і ЧС8).

Позначення електровозів «ЧС» означає «Чехословаччина». Буква «***Т***» в позначенні ЧС2^{Т} і ЧС4^{Т} означає реостатне гальмування, яким обладнані також електровози ЧС7 і ЧС8. Цифри сенсу не несуть, крім ЧС200 – 200 – означає максимальну швидкість. Так як на електровозах постійного струму не може бути випрямлячів, то іноді зустрічається буква «***К***», яка означає проходження капітального ремонту з продовженням терміну служби.

Буква «***У***» означає «утяжелённый», що робиться для поліпшення зчеплення з рейками.

Буква «***М***» завжди означає модернізований варіант.

При класифікації електровозів можна виділити наступні ознаки.

За родом служби – пасажирські (наприклад, ЧС2, ЧС4, ЧС7, ЧС8), вантажні (наприклад, ВЛ10, ВЛ11, ВЛ15, ВЛ80, ВЛ85), маневрові (наприклад, ВЛ26, ВЛ41) і промислові (наприклад, ЕЛ21, ЕК14). З останньої групи часто виділяють шахтні електровози, тобто призначені для перевезення різних вантажів по підземних рейкових коліях [8, 20, 28].

За родом струму живлення. На магістральних залізницях використовуються два типи: змінного струму – 25 кВ, 50 Гц (наприклад, ВЛ41, ВЛ80, ВЛ85, ЧС4, ЧС8) і постійного струму – 3 кВ (наприклад, ВЛ10, ВЛ15, ВЛ26, ЧС2, ЧС7). Крім того, для експлуатації на ділянках як постійного, так і змінного струму використовуються двосистемні електровози (наприклад, ВЛ82, ЕП10, ЕП20), для експлуатації в кар'єрах і рудниках використовуються електровози постійного струму з напругою живлення 1500 В, 550 В, 250 В, змінного струму 10 кВ, а також з живленням від акумуляторів. В інших країнах світу, залежно від прийнятих стандартів в системі живлення електрифікованих залізниць, застосовуються електровози з іншими системами живлення, наприклад, змінного струму напругою 15 кВ, $16^{2/3}$ Гц.

Якщо електровоз живиться від власної акумуляторної батареї, то він називається ***акумуляторним***. Існують також ***безконтактні*** електровози (найменш поширені). Уздовж колії прокладається струмопровідна шина, в яку подається струм високої частоти, а на електровозі встановлюється котушка, в якій він індукується.

***За типом тягового приводу*:**

- привод I класу – опорно-осьове підвішування ТЕД і редуктора (всі вітчизняні серійні вантажні електровози);
- привод II класу – опорно-рамне підвішування ТЕД і опорно-осьове редуктора (всі ЧС, ВЛ84, ЕП1М, ЕП10);
- привод III класу – опорно-рамне підвішування і ТЕД, і редуктора (пасажирські локомотиви Коломенського заводу – електровози ЕП2К і ЕП200).

За типом передачі обертального моменту з тягових двигунів на колісні пари розрізняють електровози:

- з індивідуальним приводом;
- з груповим (наприклад, дослідний ВЛ83, закордонні).

За типом тягових двигунів- з колекторними двигунами (всі електровози, які серійно випущені та імпортовані);

- з безколекторними асинхронними (ВЛ80^{А}, ВЛ86^{Ф}, ЕП10);
- з безколекторними синхронними (ВЛ80^{В}).

За наявністю і типом електричного гальмування:

- без електричного гальмування (ВЛ60^{ПК}, ЧС2, ВЛ80^{К});
- з рекуперативним гальмуванням (ВЛ10, ВЛ11, ВЛ65, ВЛ80^{Р}, ВЛ85);
- з реостатним гальмуванням (ВЛ80^{Т}, ВЛ80^{С}, ЕП10, ЕД9^{Т});
- з рекуперативно-реостатним (ЕД).

***За кількістю секцій*:** одно-, дво-, три- і чотирисекційні. Деякі серії електровозів передбачають можливість об'єднання двох, трьох або чотирьох секцій електровозів для роботи за *системою багатьох одиниць* (СБО).

За формулою ходової частини. Колісні пари позначають цифрами: двовісний візок – цифрою 2, тривісний – 3. Далі ставиться «+», якщо тягове зусилля передається через зчленування візків, або «–», якщо воно передається через раму кузова. Потім ставиться позначення числа рушійних колісних пар другого візка. Індекс «0» означає, що кожна вісь

локомотива має свій тяговий двигун, тобто індивідуальний привод, відсутність індексу вказує на застосування групового приводу. Якщо локомотив складається із секцій, які можуть працювати самостійно, то осьова формула секцій береться в дужки, а перед дужкою вказується число секцій. Якщо секції не можуть працювати самостійно, то всі секції розписуються у послідовному порядку, ніби об'єднані одним кузовом.

Так, електровоз з осьовою формулою 3_0+3_0 – це односекційний локомотив з двома зчленованими тривісними візками з індивідуальним приводом. Локомотив з осьовою характеристикою $2(3_0–3_0)$ – двосекційний локомотив, кожна секція якого може працювати самостійно і має два тривісні незчленовані візки з індивідуальним приводом. Якщо в цьому ж локомотиві секції не можуть працювати самостійно, то осьова формула буде мати такий вигляд: $3_0–3_0–3_0–3_0$.

За кордоном число рушійних колісних пар показують великими буквами латинського алфавіту: A – 1 рушійна колісна пара, B – 2, C – 3, D – 4. Наприклад:

3_0-3_0 або C_0-C_0 – ВЛ60, ВЛ60^К, ВЛ60^П, ЧС2^Т, ЧС2^К, ЧС4, ЧС4^Т;

2_0-2_0-2_0 – ВЛ65, ЕП1, ЕП1М, ЕП10;

2_0-2_0-2_0-2_0 – ВЛ10, ВЛ10^У, ВЛ80^Т, ВЛ80^Р, ЧС6, ЧС7;

$2_0+2_0+2_0+2_0$ – ВЛ8;

$3\times(2_0$-$2_0)$ – електровоз ВЛ11;

$2\times(2_0$-$2_0)$ або $2\times(B_0$-$B_0)$ – ВЛ80^С;

$2\times(2_0$-2_0-$2_0)$ – ВЛ15, ВЛ85.

В даний час в Україні перебувають в експлуатації переважно електровози ВЛ8, ВЛ10, ВЛ11, ВЛ60, ВЛ80 різних модифікацій, ЧС2, ЧС7, ЧС4, ЧС8, ДЕ1, ДС3.

Електровоз ВЛ8 – постійного струму, вантажний, восьмивісний з чотирма двовісними візками, має систему рекуперативного гальмування, опорно-осьове підвішення тягових двигунів НБ-406Б, на розрахунковому підйомі 9 ‰ може вести поїзд масою 4200 т. Суттєвий недолік електровоза – обмеження швидкості руху до 80 км/год через недостатню надійність конструкції ходової частини.

Електровоз ВЛ10 – постійного струму, восьмивісний, більш технічно вдосконалений порівняно з електровозом ВЛ8, в ньому застосована передача тягових і гальмових зусиль через раму

кузова за допомогою шарового шворня, який допускає поперечне переміщення візків відносно кузова до 30 мм, ресорне підвішування виконано двоступеневим, доповнено гідравлічними амортизаторами, візки – безщелепні, букси – повідкові з гумовометалевими елементами, застосовані нові тягові електродвигуни ТЛ2К в шестиполюсному виконанні з компенсаційною обмоткою, в електровозі три схеми сполучення тягових двигунів – послідовне, послідовно-паралельне і паралельне з більш удосконаленою схемою рекуперативного гальмування; електровоз на розрахунковому підйомі 9 ‰ може провести поїзд масою 4400 т зі швидкістю 47 км/год, конструктивна швидкість 100 км/год.

Електровози ВЛ11 і ***ВЛ11^{М}*** – розроблені на основі електровоза ВЛ10, можуть працювати в дво- і трисекційному виконанні відповідно з осьовими формулами $2(2_0–2_0)$ і $3(2_0–2_0)$. Так, на лініях Свердловської залізниці (Росія) з важким профілем електровоз ВЛ11 в трисекційному варіанті водив поїзди масою 6000 т.

Електровоз ВЛ15 – найпотужніший серед вантажних електровозів постійного струму, які виготовляв Тбіліський електровозобудівний завод, складається з двох шестивісних секцій, кузов кожної секції опирається на три двовісні, не зв’язані між собою візки, ходова частина і ресорне підвішування мають ряд вдосконалень порівняно з електровозом ВЛ11, застосовуються три групування шести тягових двигунів в кожній секції, які забезпечують більш плавне регулювання швидкості.

Електровоз ЧС2 – постійного струму, пасажирський, шестивісний, візки тривісні, ресорне підвішування двоступеневе, регулювання напруги – ступеневе за допомогою пускових реостатів і використання трьох видів сполучення тягових двигунів; на горизонтальному профілі з поїздами масою 1100 т (18 вагонів) реалізує швидкість до 120 км/год, конструктивна швидкість 160 км/год.

Електровоз ЧС2^{Т} – модернізований варіант електровоза ЧС2, обладнаний реостатним гальмуванням.

Електровоз ЧС200 – створений об’єднанням «Шкода» спеціально для організації руху пасажирських поїздів зі швидкістю 200 км/год на швидкісній лінії Москва-Ленінград

(Росія), в 1976 – 1979 рр. було виготовлено більше десятка локомотивів; електровоз постійного струму, двосекційний, має по два двовісних візки в кожній секції, регулювання напруги – контакторно-резисторне в послідовному і паралельному сполученнях тягових двигунів, має п'ять ступенів послаблення збудження, електровоз обладнаний реостатним гальмуванням.

Електровоз ЧС6 – модифікація електровоза ЧС200, який порівняно з ним має деякі відмінності, більшу силу тяги і меншу швидкість, яка в експлуатації обмежується 160 км/год.

Електровоз ЧС7 – восьмивісний, за конструкцією аналогічний електровозу ЧС6, на відміну від попереднього має три види сполучення тягових двигунів, два ступені гальмових опорів у зоні реостатного гальмування, електровоз обладнаний пристроями електроопалення для 18 пасажирських вагонів у поїзді, конструктивна швидкість 180 км/год, може провести поїзд складом 18 вагонів на підйомі 15 ‰ зі швидкістю до 90 км/год.

Електровоз ВЛ60^{К} – змінного струму, вантажний, шестивісний, односекційний, модифікація першого в Радянському Союзі електровоза змінного струму ВЛ60, вперше застосовані кремнієві випрямлячі, конструктивна швидкість 100 км/год, розрахунковий підйом 9 ‰ долає зі швидкістю 44 км/год і може вести поїзд масою 3350 т.

Електровози типу ВЛ80 – змінного струму, вантажні, восьмивісні двосекційні, знаменували значний крок в локомотивобудуванні, на електровозах застосований новий тяговий двигун НБ-418К з компенсаційною обмоткою. На початку серійного виробництва електровозів ВЛ80 були установлені кремнієві випрямлячі (ВЛ80^{К}), далі було запроваджено реостатне гальмування (ВЛ80^{Т}). Пізніше до них були внесені значні зміни в схемах і обладнанні, які дозволили збільшити пускові тягові і гальмові сили, повернення електроенергії при рекуперації, зручності в управлінні (ВЛ80^{Р}); застосування синхронних (вентильних) та асинхронних з короткозамнутим ротором тягових двигунів змінного струму сприяло покращенню їх роботи і подовженню терміну служби, зростанню потужності (ВЛ80^{В}, ВЛ80^{А}), конструктивна швидкість 110 км/год.

Електровоз ВЛ85 – змінного струму, вантажний, дванадцятивісний, двосекційний, за ходовою частиною подібний до електровоза постійного струму ВЛ15, електрообладнання уніфіковано з типами електровозів ВЛ80^{Р}, ВЛ80^{С}, але більш потужний, обладнаний системою автоматичного управління, поставлявся і обслуговував найбільш вантажонапружені лінії Сибіру (Росія).

Електровоз ЧС4 – змінного струму, пасажирський, шестивісний з тривісними візками, має двоступеневе ресорне підвішування, букса з рамою зв'язана поводками, ступеневе регулювання напруги в тягових двигунах, ступеневе регулювання напруги на первинній обмотці трансформатора. Може забезпечувати в поїзді електричне опалення 16÷17 пасажирських вагонів, конструктивна швидкість 160 км/год.

Електровоз ЧС4^{Т} – варіант електровоза ЧС4 з реостатним гальмуванням, кузов має дещо більшу масу.

Електровоз ЧС8 – пасажирський, двосекційний змінного струму, механічна частина уніфікована з електровозом постійного струму ВЛ7, а електрообладнання – в більшості з електровозом ЧС4^{Т}, для розширення зони реостатного гальмування передбачено два ступені гальмових опорів, електровоз може обслуговувати електроопаленням 23 пасажирських вагони, забезпечує ведення поїзда із 23 вагонів на ділянках з підйомом 15 ‰ зі швидкістю 85 км/год, конструктивна швидкість 180 км/год.

Електровози серії ДЕ1 – перші українські локомотиви виробництва Дніпропетровського науково-виробничого об'єднання електровозобудування (НВО «ДЕВЗ») – двосекційні вантажні електровози постійного струму потужністю 6250 кВт і конструктивною швидкістю 100 км/год. Виконувалися проектні роботи над створенням магістральних пасажирських електровозів ДЕ2 постійного струму.

Електровоз ДС3 – вантажно-пасажирський електровоз змінного струму потужністю 4800 кВт з асинхронними тяговими двигунами, конструктивною швидкістю 160 км/год.

Найбільш потужним електровозом у світі є двосекційний вантажний локомотив ВЛ86^{Ф}-001 виробництва Новочеркаського електровозобудівного заводу (НЕВЗ), який знаходиться в

Ростовській області. «ВЛ» розшифровується як Володимир Ленін. Числове позначення – 86, по суті, не несе в собі інформації, і йде по порядку за локомотивом ВЛ85, який має таку ж довжину кузова і аналогічним чином працює від змінного струму. Буква «Ф» означає фазове регулювання. Електровоз має асинхронні тягові двигуни. Комплект напівпровідникового устаткування поставлявся фінською фірмою «Кюмі-стремберг». За механічну частину електровоза відповідав НЕВЗ.

Годинна потужність електровоза складає 11,4 МВт. Сьогодні найближчим за потужністю локомотивом є локомотив норвезько-шведських залізниць під назвою IORE (IORE – позначення норвезько-шведських дванадцятивісних вантажних електровозів змінного струму, що випускалися заводами Adtranz і Bombardier з 2000 по 2011 рр. і експлуатуються на залізничній лінії Мальмбанан, де водять вантажні поїзди з залізною рудою). Його годинна потужність дорівнює 10,8 МВт, і цей показник робить його найбільш потужним серійним електровозом у світі.

Найбільш потужним серійним локомотивом, що використовується на залізницях Росії, є ВЛ85, який видає 10,0 МВт.

Переваги електровозів. Електровоз – екологічно чистий локомотив. При тих самих габаритах, масі і технологічному рівні має значно більшу потужність, ніж тепловоз або паровоз. Електровоз має високий ККД. Конструкція електровоза, особливо сучасного, з електронним керуванням тяговими двигунами, простіша за конструкцію тепловоза. Серед всіх локомотивів електровози характеризуються найбільш простим керуванням і краще всього піддаються автоматизації.

Недоліки електровозів. Для експлуатації електровозів потрібна складна інфраструктура: контактна мережа, тягові підстанції – з цієї причини електровози економічно вигідно використовувати тільки як магістральні локомотиви на залізницях з великим трафіком (маневрові електровози рентабельно використовувати тільки на крупних електрифікованих станціях). Підвищена електрична небезпека як самого електровоза, так і електрифікованих залізничних колій. Підвищена, як і у тепловозів з електротрансмісією, металоємність електроустаткування (особливо це відноситься до електровозів

змінного струму). Складність постановки в депо – потрібний маневровий локомотив.

Загальні відомості про конструкцію електровозів. Електровоз складається з механічної частини, електричного і пневматичного обладнання. Особливості конструкції визначаються його потужністю, максимальною швидкістю і іншими умовами експлуатації, для яких проектується електровоз.

Механічну частину електровоза складають: кузов, візки, ресорне підвішування, гальмівна важільна передача. Візок включає раму, колісні пари, тягові двигуни, букси і елементи тягової передачі – редуктори.

У кузові електровоза розміщуються: кабіни машиніста, комутаційне обладнання, допоміжні електричні машини, компресор і пневматичне обладнання. Все обладнання електровоза, що знаходиться під напругою, небезпечною для життя людини, розміщується у високовольтній камері або в закритих шафах. Для запобігання доступу людини до високовольтної камери або шаф передбачена система електромагнітних або пневматичних блокувань.

Комутаційне обладнання електровоза складається з індивідуальних і групових контакторів, що служать для виконання перемикань в силовому колі електровоза і колах допоміжних машин.

Для забезпечення струмознімання з контактної мережі використовуються струмоприймачі, що встановлюються на даху електровоза.

Регулювання потужності і швидкості руху (і тягового зусилля) електровоза виконується шляхом зміни напруги на якорі і коефіцієнта збудження на колекторних ТЕД або зміни частоти і напруги живильного струму на асинхронних ТЕД. Регулювання напруги виконується декількома способами. На електровозах постійного струму – шляхом перемикання груп тягових двигунів з послідовного з'єднання (всі ТЕД електровоза з'єднуються послідовно, напруга на один ТЕД восьмивісного електровоза – 375 В при напрузі в контактній мережі 3 кВ) на послідовно-паралельне (дві групи по чотири ТЕД, сполучених послідовно, напруга на один ТЕД – 750 В), на паралельне (чотири групи по два ТЕД, сполучених послідовно, напруга на один ТЕД – 1500 В),

при цьому для набуття проміжних значень напруги на ТЕД в коло включаються групи реостатів, що дозволяє отримати ступені регулювання в 40÷60 В. На електровозах змінного струму – шляхом перемикання виводів вторинної обмотки трансформатора (електровози ВЛ60, ВЛ80 (окрім ВЛ80^{Р})), шляхом перемикання виводів первинної обмотки трансформатора (електровози ЧС4, ЧС4^{Т}, ЧС8), шляхом плавного регулювання напруги за допомогою ВІП (випрямно-інверторного перетворювача) (електровози ВЛ65, ВЛ80^{Р}, ВЛ85, ЕП1, 2ЕС5К).

Електровоз з вагонами з'єднується за допомогою автозчепного пристрою або гвинтовою упряжжю, залежно від регіону, де він експлуатується. На електровозах із зчленованими візками (ВЛ8) автозчеп розміщується на крайніх поперечних балках візків. На електровозах, що мають незчленовані візки, автозчеп встановлюється в рамі кузова.

1.2.2. Класифікація та особливості будови моторвагонного рухомого складу

Моторвагонний рухомий склад **(*МВРС*)** – загальна назва рухомого складу залізниць, що має обмоторені вагони. До МВРС відносяться залізничні електропоїзди, дизель-поїзди, автомотриси, електропоїзди (і службові дизель-поїзди) метрополітену. Принциповою відмінністю моторвагонного рухомого складу від складу на локомотивній тязі є те, що в ньому всі або деякі вагони як обладнані двигунами і призначені для тяги, так і мають салони для перевезення пасажирів; у поїзді з локомотивною тягою вагони є несамохідними, а сам локомотив служить лише для тяги [6].

Багато високошвидкісних поїздів (EP200, Intercity-Express 3, Сінкансен, Сапсан) є «класичним» МВРС, оскільки деякі з вагонів в складі (в деяких випадках всі вагони, іноді за виключенням головного вагона) мають обмоторені осі. Проте, є і виключення, існують високошвидкісні поїзди (TGV, Talgo), що мають два однокабінних моторних вагону, подібних до локомотивів, по кінцях поїзда (відмінність таких головних моторних вагонів від поїзних локомотивів полягає лише в тому,

що перші конструктивно нерозривно зв’язані між собою і з рештою вагонів у складі і не розраховані на використання як самостійних поїзних локомотивів). В цьому випадку інженери-конструктори вирішують важке завдання реалізації великої потужності з кожної обмотореної осі (з тим, щоб отримати високу питому потужність для всього складу).

МВРС використовується як на залізничних лініях з частими зупинками і великим пасажиропотоком, так і на міжміських лініях з малою кількістю зупинок.

Наявність в МВРС великої кількості обмоторених осей дозволяє мати більш високу питому потужність (співвідношення потужності двигунів до маси рухомого складу), що дозволяє отримати високі прискорення і високі швидкості.

Електропоїзд – це рухомий склад для перевезення пасажирів, який має в складі моторні вагони, що одержують енергію, як і електровози, із контактної мережі. Один-два моторні вагони разом з причіпними або головним складають секцію, а ряд секцій складає електропоїзд.

Залізничні електропоїзди широко використовуються в приміському і ближньому міжміському сполученні. На відміну від інших типів тягового рухомого складу, вони здатні швидко розганятися і гальмувати на коротких перегонах між станціями, малошумні і не забруднюють навколишнє середовище, що дуже важливо в густонаселених районах. Крім того, залізничні електропоїзди застосовуються у високошвидкісному пасажирському сполученні. Крім залізниці, електропоїзди використовуються на метрополітені [19], а також на (конвенціональному) монорейковому транспорті (***монорейк,*** або однорейкова залізниця – різновид рейкового транспорту. Як правило, монорейком називається будь-яка форма естакадного транспорту, де підвіска виконана нетрадиційним способом – тобто без двох несучих рейок).

Перша буква в позначенні електропоїздів – «***Е***» – означає «електропоїзд», друга означає завод-виробник: «***Р***» – Ризький; «***Т***» – Торжокський; «***Д***» – Деміховський; «***М***» – Московський.

Цифри в позначенні означають рід струму: парний номер моделі мають електропоїзди постійного струму (ЕР, ЕД4, ЕР22), непарний – змінного (ЕР9, ЕД9, ЕР11).

Виключення становить електропоїзд постійного струму ЕР1, що отримав такий номер тому, що був першим в серії ЕР.

Букви після цифр означають модифікацію. Для електропоїздів ЕР2 букви «***Р***», «***Т***» означають наявність реостатно-рекуперативного гальмування і безщелепних візків моторних вагонів. Для електропоїздів ЕД4, ЕД6 буква «***М***» означає «модернізований» (як і для всіх інших), буква «***К***» – «комфортабельний».

У позначенні електропоїздів ЕР9 букви мають такий сенс:

«***П***» – розташування випрямних установок під вагоном (раніше розташовувалися в тамбурних шафах);

«***М***» – шинне високовольтне підведення струму до розташованого під вагоном трансформатора, розташоване разом з трансформатором струму в шафі посеред пасажирського салону (раніше застосовувалося зовнішнє кабельне введення);

«***Е***» – у випрямлячі встановлені лавинні таблеткові діоди на групових радіаторах, також встановлений вбудований трансформаторно-реакторний блок;

«***Т***» – реостатне гальмування, згодом налагоджено випуск аналогічних поїздів ЕД9^{Т}.

Составність. Електропоїзд формується з моторних (що виконують функцію тяги) і причіпних вагонів. Причіпні вагони можуть містити устаткування, що виконує допоміжні функції, – наприклад, компресори повітря (для гальмівної системи, підіймання струмоприймачів, відкриття-закривання дверей, пневмоконтакторів і інших систем), акумуляторні батареї, перетворювачі напруги і т. д. Вагони електропоїзда з кабінами керування називаються головними. Пасажири розміщуються у всіх вагонах електропоїзда.

Технічні характеристики. Механічна частина вагона містить кузов, візки, ударно-тягові прилади, гальмівне устаткування. Для забезпечення більш плавного руху і пом’якшення поштовхів візки мають подвійне ресорне підвішування. На відміну від електровозів, тягові електродвигуни виконані самовентилюючими (тобто їх охолоджування забезпечується вентиляторами, що знаходяться безпосередньо на осі електродвигуна, тоді як на електровозах використовуються окремі мотор-вентилятори). На моторних вагонах зазвичай

встановлюють по чотири електродвигуни з рамною підвіскою. В основному електричне устаткування електропоїздів схоже з електроустаткуванням електровозів. Проте воно розміщене під кузовом і на дахах вагонів для збільшення пасажирського простору. Принципи керування двигунами електропоїздів приблизно такі самі, що і на електровозах.

***Електропоїзди постійного струму*:** С; СН; ЕВС1; ЕР1; ЕР2; ЕР2^{К}; ЕР2^{Р}; ЕР2^{Т}; ЕР22; ЕР200; ЕД2^{Т}; ЕД4; ЕД6; ЕД8; ЕТ2; ЕТ2^{М}; ЕМ1; ЕМ2; ЕМ4; ЕПЛ2Т; ДТ1.

С – ряд серій електропоїздів різних модифікацій, що будувалися і експлуатувалися в СРСР з 1929 р. Назва серії говорить про те, що електропоїзди створювалися для роботи на Північних («Северных») залізницях.

СН – електросекція постійного струму Північна («Северная») Нова, відрізняється від попередніх більш потужними ТЕД, які до того ж мають опорно-рамну підвіску. Є свого роду перехідною ланкою від електросекцій С до електропоїздів ЕР.

ЕВС – електропоїзд високошвидкісний сімейства Velaro, розроблений і виготовлений компанією Siemens AG на замовлення ВАТ «РЖД» для експлуатації в Росії. Електропоїзди ЕВС1 – постійного струму.

ЕР1 – електропоїзд ризький, перший тип, постійного струму, що випускався з 1957 по 1962 рр. на Ризькому вагонобудівному заводі для залізниць СРСР.

ЕР2 (електропоїзд ризький, 2-й тип) – серія електропоїздів постійного струму, що випускалися з червня 1962 р. по серпень-вересень 1984 р. Ризьким вагонобудівним заводом, який будував їх спільно з Ризьким електромашинобудівним і Калінінським вагонобудівним (КВЗ поставляв візки, а також деякий час і кузови вагонів) заводами. За конструкцією ЕР2 є модернізованою версією електропоїзда ЕР1, від якого відрізняється комбінованими виходами і більш досконалим електроустаткуванням.

ЕР2^{Р} – приміський електропоїзд постійного струму з рекуперативно-реостатним гальмуванням. Побудований на базі ЕР2 із застосуванням електроустаткування від ЕР22^{В}.

ЕР2^{Т} – приміський електропоїзд постійного струму з рекуперативно-реостатним гальмуванням.

ЕР22 – електропоїзд ризький, двадцять другий тип. Серія електропоїздів постійного струму, що будувалися в 1964 – 1976 рр. (з модифікаціями) та мали нетрадиційну компоновку з трьома дверима по бортах вагонів; призначена для експлуатації на найбільш завантажених приміських напрямах (Казахстан).

ЕР200 – електропоїзд ризький постійного струму з експлуатаційною швидкістю 200 км/год.

ЕД2^{Т} – серія російських електропоїздів постійного струму, що серійно випускалися з 1993 по 1999 рр. на Деміховському машинобудівному заводі.

ЕД4 – серія російських електропоїздів постійного струму, що випускаються з 1996 р. на Деміховському машинобудівному заводі.

ЕТ2 – серія електропоїздів постійного струму, що будувалися з 1993 по 2010 рр. на Торжокському вагонобудівному заводі.

ЕТ2М (електропоїзд торжокський 2-го типу, модернізований) – серія електропоїздів постійного струму, що будувалися з 1999 по 2010 рр. на Торжокському вагонобудівному заводі.

ЕМ (електропоїзд московський) – електропоїзди ЕР2, що пройшли КРП на Московському ЛРЗ. Спочатку, з 2001 до 2005 рр., це були електропоїзди ЕМ2, а з 2003 по 2006 рр. завод випускав електропоїзди ЕМ4, також відомі як «***Спутник***». Їх вагони мають єдиний внутрішній простір – без тамбурів. Кожен вагон має три пари дверей приставно-зсувних, призначених для виходу тільки на високу платформу.

ЕПЛ2Т – український електропоїзд постійного струму. Електропоїзд виготовлявся на Луганському тепловозобудівному заводі. Електропоїзд потужністю 4×240 кВт, призначений для перевезення пасажирів на електрифікованих ділянках залізниць з номінальною напругою в контактній мережі 3000 В постійного струму в районах з помірним кліматом. Основна составність електропоїзда – вісім вагонів: два головних, чотири моторних і два причіпних (Г-М-П-М-М-П-М-Г).

ДТ1 – перший російський торжокський дизель-електропоїзд. Випускається на Торжокському вагонобудівному заводі з 2007 р. Наявність дизель-генераторних установок дозволяє здійснювати

перевезення пасажирів як на неелектрифікованих лініях, так і на лініях електрифікованих на постійному струмі (3 кВ).

***Електропоїзди змінного струму*:** ЕР7; ЕР9; ЕР11; ЕР25; ЕР29; ЕД1; ЕД9; ЕМ9; ЕН3; ЕПЛ9Т; $ЕП^{Р}$; $ЕП^{Г}$.

ЕН3 – російський новочеркаський пасажирський електропоїзд змінного струму, виробництво якого було розпочате в 1999 р.

ЕПЛ9Т – серія приміських пасажирських електропоїздів змінного струму, що будувалася з 2001 по 2008 рр. на Луганському тепловозобудівному заводі. Електропоїзд призначений для перевезення пасажирів на електрифікованих ділянках залізниць з номінальною напругою в контактній мережі 25 кВ змінного струму з частотою 50 Гц, з шириною колії 1520 мм, в районах з помірним кліматом, в приміському сполученні. Конструкційна швидкість електропоїзда 130 км/год.

$ЕП^{Р}$ – серія електропоїздів, що експлуатуються Білоруською залізницею на регіональних лініях. Електропоїзди серії $ЕП^{Р}$ будуються швейцарською компанією Stadler Rail AG і відносяться до сімейства моторвагонних рухомих складів Stadler FLIRT.

$ЕП^{Г}$ – серія електропоїздів, що експлуатуються Білоруською залізницею на лініях Мінської міської електрички. Електропоїзди серії $ЕП^{Г}$ будуються швейцарською компанією Stadler Rail AG і відносяться до сімейства моторвагонних рухомих складів «Stadler FLIRT».

***Електропоїзди подвійного живлення*:** ЕД12; ЕС1; ЕС250; ЕВС2; Sm6; EJ675; HRCS2; ЕКр1.

ЕС1 – швидкісний електропоїзд, створений на основі платформи Siemens Desiro, для російських залізниць. Комерційна назва «***Ласточка***».

ЕС250 – дослідний російський високошвидкісний електропоїзд подвійного живлення. Комерційна назва «***Сокол***».

ЕВС – високошвидкісний електропоїзд сімейства Velaro, розроблений і проведений компанією Siemens AG на замовлення ВАТ «РЖД» для експлуатації в Росії. Електропоїзди ЕВС2 – подвійного типу живлення. Всього до Росії було поставлено чотири електропоїзди ЕВС2.

***Sm6* «*Аллéгро*»** – пасажирський двосистемний електропоїзд (з сімейства електропоїздів Pendolino виробництва компанії Alstom), що курсує по маршруту Хельсінки - Санкт-Петербург.

EJ675 (Elektricka Jednotka, тип 675) – двоповерховий міжрегіональний електропоїзд подвійного живлення виробництва компанії «Škoda Vagonka». Два електропоїзди серії EJ675 були куплені українськими залізницями в рамках підготовки до чемпіонату Європи з футболу Євро-2012. Електропоїзд призначений для перевезення пасажирів на електрифікованих ділянках залізниць з номінальною напругою в контактній мережі 25 кВ змінного струму з частотою 50 Гц, і 3 кВ постійного струму, з шириною колії 1520 мм в міжрегіональному сполученні з швидкостями до 160 км/год.

HRCS2 – електропоїзд подвійного живлення виробництва компанії «Hyundai Rotem». Електропоїзд призначений для перевезення пасажирів на електрифікованих ділянках залізниць з номінальною напругою в контактній мережі 25 кВ змінного струму з частотою 50 Гц і 3 кВ постійного струму, з шириною колії 1520 мм, в швидкісному сполученні. Експлуатаційна швидкість електропоїзда 160 км/год. На кожному причіпному вагоні встановлено по два асиметричні струмоприймачі виробництва компанії LEKOV і по одному головному трансформатору, кожен з яких живить перетворювачі двох сусідніх вагонів. На кожному головному і моторному вагоні встановлено по чотири асинхронні тягові електродвигуни номінальної потужності 250 кВт (двигуни сполучені в чотири паралельні групи), які отримують живлення від 4QS-перетворювача і інвертора.

***ЕКр1* «*Тарпан*»** (електропоїзд крюківський 1-й) – міжрегіональний швидкісний двосистемний електропоїзд, створений на Крюківському вагонобудівному заводі в Кременчуці в 2011 – 2012 рр. Поїзд складається з семи причіпних і двох головних моторних вагонів. Особливість полягає в тому, що хоча головні вагони є по суті електровозами, в них передбачено пасажирське відділення.

Дизель-поїзд – це рухомий склад для перевезення пасажирів, який має два моторні вагони з двигунами внутрішнього згоряння та причіпні вагони між ними. Застосовується на

неелектрифікованих залізничних лініях. У позначенні дизель-поїздів буква «Д» означає «дизель-поїзд». Поїзди серії «***Д***» вироблені в Угорщині, поїзди «***ДР***» – на ризькому заводі.

Модифікації поїздів ДР1 такі:

ДР1 – туалети в причіпних вагонах, освітлення салонів – люмінесцентними лампами;

ДР1П – туалети в причіпних вагонах, освітлення лампами розжарювання, генератор приводиться в дію від основного дизеля (раніше стояв спеціальний дизель);

ДР1А – туалети в моторних (головних) вагонах, освітлення лампами розжарювання, стартер і генератор замінені стартер-генератором.

Турбопоїзд відрізняється від дизель-поїзда тим, що він має газову турбіну замість дизеля. В Україні не експлуатується.

Контактно-акумуляторний поїзд має тягові електричні двигуни на моторних вагонах, які живляться від контактної системи або від акумуляторних батарей, що розміщуються під вагонами; використовується для перевезень пасажирів на частково електрифікованих лініях та напрямках, на яких послідовно чергуються електрифіковані і неелектрифіковані ділянки. Дуже рідко зустрічається в експлуатації.

Автомотриса – це невеликий самохідний пасажирський вагон з двигуном внутрішнього згоряння; іноді до мотриси на малодіяльних приміських лініях причіплюють один-два пасажирські вагони і використовують для пасажирських перевезень, але основне призначення їх – службові перевезення. Позначення автомотрис означає: ***АР*** – автомотриса ризька; ***АЧ*** – автомотриса чеська.

Авто- і ***мотодрезини*** – це невеликі самохідні одиниці рухомого складу з автомобільним чи мотоциклетним двигуном, використовуються для перевезення невеликої кількості людей, легкого обладнання, інструментів на ремонтних роботах, а також для інспекційних перевірок колії.

Мотовоз – це тяговий рухомий склад з двигуном внутрішнього згоряння, використовується для маневрового переміщення декількох вагонів на під'їзних коліях або виконання спеціальних ремонтних робіт.

1.2.3. Вимоги, що ставляться до електричного рухомого складу при проектуванні

Найбільш істотним обмеженням при створенні електровоза є необхідність вписати його зовнішні обриси в габарит рухомого складу залізниць колії 1520 (1524) мм. Зовнішні розміри електровозів повинні відповідати вимогам діючих стандартів [48].

Конструкція ходової частини повинна забезпечувати безпеку руху в усьому діапазоні допустимих швидкостей як на прямих, так і в кривих ділянках колії, в тому числі малого радіусу.

Обладнання, що встановлюється поза кузовом, відноситься до I категорії розміщення, а обладнання, що встановлюється в кузові та кабіні, – до II. Обладнання, яке встановлюється в кузові і кабіні, має бути придатне до експлуатації при температурах навколишнього середовища від плюс 40 до мінус 60 °С.

Всі елементи конструкції, обладнання, елементи монтажу проектуються таким чином, щоб вони безвідмовно функціонували в умовах великих динамічних впливів, які виникають при проходженні коліс по стиках рейок і нерівностей колії, при зчепленні локомотива зі складом і через вібрації.

У загальному вигляді вимоги, що ставляться до локомотивів, можна сформулювати так: сучасний локомотив повинен розвивати якомога більшу силу тяги (потужність) при мінімальних витратах на його виробництво і експлуатацію. Тому розвиток локомотивобудування вже більше 100 років ведеться в таких напрямках:

- підвищення секційної потужності;
- збільшення питомої потужності;
- підвищення надійності з метою збільшення міжремонтних пробігів;
- підвищення коефіцієнта корисної дії;
- розширення меж уніфікації та типізації застосовуваних вузлів і деталей;
- поліпшення конструкції з метою зниження собівартості виготовлення та ремонту;
- збільшення ступеня автоматизації роботи окремих агрегатів і локомотива в цілому;
- поліпшення тягових властивостей;

- підвищення навантажень від колісної пари на рейку;
- зниження динамічного впливу на колію;
- підвищення безпеки руху;
- збільшення конструкційної швидкості;
- поліпшення умов праці локомотивних бригад.

Все обладнання електровоза та електропоїзда має надійно працювати без обмежень за часом при зміні напруги струмоприймача в певних межах. Максимальне і мінімальне значення напруги визначають межі коливань у всіх режимах роботи електрорухомого складу, крім комутаційних.

На ділянках магістральних залізниць, електрифікованих на постійному струмі, на яких застосовується рекуперативне гальмування, максимальна напруга на струмоприймачі електрорухомого складу може становити 4000 В.

Електровози та електропоїзди є енергоємними споживачами електричної енергії, тому при виборі системи перетворення електричної енергії в механічну необхідно вибирати варіанти, що забезпечують максимально можливі ККД, коефіцієнт потужності і мінімальне спотворення напруги в системі електропостачання.

При створенні системи керування слід максимально автоматизувати процес керування тяговим рухомим складом, прагнучи оптимізувати режими ведення поїзда за заданим параметром (максимальним використанням коефіцієнта зчеплення, мінімальною витратою палива, дотриманням графіка руху і т. п.), і полегшити умови роботи локомотивної бригади.

Схема локомотива повинна бути прийнятна для роботи за системою багатьох одиниць як двох локомотивів, так і локомотива (багатосекційного) і секції. Це дозволяє меншими ступінями підвищувати потужність тягової одиниці в поїзді, а отже, і масу поїзда без збільшення числа локомотивних бригад і раціональніше використовувати рухомий склад.

Великий досвід експлуатації транспортної техніки в районах холодного клімату показує, що головною вимогою в даному випадку є підвищення надійності. Це пояснюється тим, що усувати несправності в таких умовах значно важче, а також тим, що при низьких температурах відмови механічного обладнання раптові та більш небезпечні. В кузові локомотива виділяється велика кількість теплоти. При конструюванні доводиться

вживати заходів, щоб інтенсивність вентиляції кузова забезпечувала перевищення температури в кузові в порівнянні з температурою поза кузовом не більше ніж на 15 °С. Така вимога необхідна, щоб створити умови локомотивній бригаді для контролю і обслуговування обладнання під час перевезення. Одночасно система вентиляції повинна включати пристрої очищення охолоджуючого повітря від води, снігу, пилу і т. п.

Важливо, щоб силова схема і схема керування локомотива забезпечували підвищену надійність тягового рухомого складу, тобто, щоб була можливість оперативно відключати пошкоджене під час перевезення обладнання, складати тимчасові аварійні схеми та забезпечити з відповідною зміною сили тяги самостійний рух поїзда до місця ремонту або зупинкового пункту.

Для полегшення ремонту електричне та пневматичне обладнання складають у взаємозамінні блоки, складання та випробування яких може здійснюватися поза локомотивом. Стандарт будь-якої держави передбачає, що конструкція локомотива повинна гарантувати безпеку локомотивних бригад і пасажирів, захист від впливу виникаючих шкідливих і небезпечних виробничих факторів: низьких (високих) температур, шуму, вібрації, електромагнітних полів і т. п. Крім того, компоновка локомотива повинна забезпечувати зручний і безпечний доступ до вузлів і агрегатів при експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті.

Для гарантування безпеки на локомотиві повинен встановлюватися комплект спеціальних систем: автоматична локомотивна сигналізація з автостопом і пристроєм контролю пильності машиніста, радіостанція двостороннього зв’язку, звукові і світлові сигнали, прожектори, автоматичне та ручне гальма. Сучасний тяговий рухомий склад повинен бути обладнаний пневматичним, електричним і ручним механічним гальмами. При гальмуванні пневматичним гальмом на горизонтальній прямолінійній ділянці колії зі швидкістю 110 км/год гальмівний шлях одиночного локомотива не повинен перевищувати 1100 м. Ручне гальмо повинне забезпечувати утримання одиночного локомотива на спуску з ухилом 30 ‰ при зусиллі на рукоятці не більше 343 Н і коефіцієнті тертя між

колесом і рейкою не менше 0,25. Дії пневматичного і електричного гальм повинні бути автоматично скоординовані для виключення заклинювання колісних пар.

Вимоги до надійності тягового рухомого складу визначаються на стадії розробки проекту такими показниками:

- напрацювання до відмови першого роду, при якому необхідний виклик допоміжного локомотива;
- напрацювання до відмови другого роду, при якому немає необхідності виклику допоміжного локомотива;
- термін служби до списання.

Надійність залежить не тільки від особливостей конструкції локомотива і якості його виготовлення, але і від періодичності проведення ремонтів. Тому одночасно з конкретними показниками надійності встановлюють періодичність технічного обслуговування, поточних і капітальних ремонтів як локомотива в цілому, так і його найбільш важливих вузлів.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення поняттю «електровоз». Назвіть відомі Вам серійні, малосерійні та дослідні електровози.
2. Що означають букви і цифри у найменуваннях електровозів серії ВЛ та ЧС?
3. За якими ознаками класифікуються електровози?
4. Вкажіть відомі Вам електровози постійного струму та коротко охарактеризуйте деякі з них.
5. Вкажіть відомі Вам електровози змінного струму та коротко охарактеризуйте деякі з них.
6. Вкажіть відомі Вам електровози подвійного живлення та коротко охарактеризуйте деякі з них.
7. Вкажіть відомі Вам найбільш потужні електровози у світі.
8. Вкажіть переваги та недоліки електровозів.
9. Наведіть загальні відомості щодо конструкції електровозів.
10. Яким чином здійснюється регулювання потужності і швидкості руху електровоза?
11. Дайте визначення поняттю «моторвагонний рухомий склад». У чому полягає принципова відмінність моторвагонного рухомого складу від складу на локомотивній тязі?

12. Назвіть відомі Вам моделі високошвидкісних поїздів.

13. Дайте визначення поняттю «електропоїзд». Де саме використовуються електропоїзди?

14. Що означають букви і цифри у найменуваннях електропоїздів?

15. Що означають букви в модифікаціях електропоїздів серії ЕР9?

16. Яким чином відбувається формування електропоїзда?

17. Наведіть загальні відомості щодо конструкції електропоїздів.

18. Вкажіть відомі Вам електропоїзди постійного струму та коротко охарактеризуйте деякі з них.

19. Вкажіть відомі Вам електропоїзди змінного струму та коротко охарактеризуйте деякі з них.

20. Вкажіть відомі Вам електропоїзди подвійного живлення та коротко охарактеризуйте деякі з них.

21. Дайте визначення поняттю «автомотриса». Що означають букви в позначенні автомотиси?

22. Які існують модифікації поїздів ДР1?

23. Які ставляться вимоги до сучасного електрорухомого складу при проектуванні?

РОЗДІЛ 2

МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА ЕЛЕКТРИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

2.1. КУЗОВИ ЕЛЕКТРИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ І КОМПОНУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ

2.1.1. Загальні положення

Механічна частина ЕРС призначена для сприйняття і передачі ваги локомотива на рейки, а також для створення сили тяги і подолання опору руху.

В даний час електровози в цілому і механічна частина зокрема проектуються з урахуванням такої наукової ***концепції***: *виготовляють і експлуатують не локомотиви*, *а самохідні тягові одиниці* (*секції*), *які мають різне число осей і об'єднуються в локомотиви в будь-якій комбінації і на будь-якій стадії їх існування*. Існують чотиривісні і шестивісні секції (рис. 2.1, *а*, *б*).

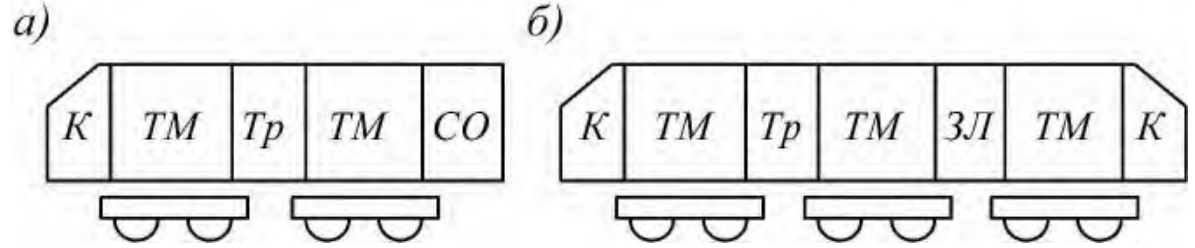


Рис. 2.1. Чотиривісні (*а*) і шестивісні (*б*) секції локомотива:
К – кабіна керування; *ТМ* – тяговий модуль;
Тр – трансформаторний відсік; *ЗЛ* – загальнолокомотивне обладнання; *СО* – секційне обладнання

Компонувальну основу таких секцій утворює ***тяговий модуль***. До його складу входять: двовісний візок з двигунами і все устаткування, що забезпечує роботу візка як окремої тягової одиниці, у тому числі блок силового електрообладнання, пристрої керування, системи захисту, охолодження, діагностування та ін. Таких модулів може бути два або три на

секції. При цьому елементи всіх модулів однакові і, отже, взаємозамінні.

Крім тягових модулів, що утворюють основу секцій як тягових одиниць, до складу кожної секції входить устаткування, що забезпечує роботу секції як самохідної одиниці – системи струмознімання, системи механічного гальмування, пристрої загального захисту. Нарешті, на кожній секції повинні бути кабіна і комплекс обладнання та пристроїв керування, розрахованих на будь-яке число тягових модулів.

Зношувані при експлуатації вузли і деталі, що потребують ремонту або заміни, на всіх локомотивах повинні бути уніфікованими (однаковими). Різними можуть бути лише кузови, які протягом розрахункового терміну експлуатації не зношуються і тому не містять ремонтованих вузлів і деталей.

Осьова формула – умовна характеристика типу екіпажа локомотива, що відображає число секцій, візків, колісних пар в одному візку, зв'язок між візками, тип тягового приводу.

Для визначення числа і типу вагонів, що входять до складу електропоїзда або поїзда метрополітену, використовують важливу характеристику – *составність*. Цифрами вказується число вагонів і їх груп, а буквами – тип вагонів: «***М***» – моторний, «***П***» – причіпний, «***Г***» – головний з кабіною керування.

Вітчизняні електропоїзди можуть експлуатуватися за схемою від 4- (Г + М + М + Г) до 12-вагонного виконання на великих залізничних вузлах (Г + М + П + М + П+М + П + М + М + П + + М + Г). В електропоїздах ЕР2, ЕР9 і ЕМ2 (ЕМ4) співвідношення між моторними та причіпними вагонами завжди однакове.

Електрообладнання електропоїздів серії ЕР2^{Т} і електропоїздів серії ЕД, що прийшли їм на зміну, допускає додавання в секцію (М + П) додаткового причіпного вагона. Таким чином, електропоїзди ЕД можуть мати у своєму складі непарне число вагонів.

На метрополітені для вагонів серій 81-717 та 81-714 («номерні») застосовується схема 2ГМ + 6М, а для серій – 81-740 та 81-741 – 2ГМ + 3М.

До механічного обладнання (екіпажної частини) ЕРС відносяться колісні пари з буксовими вузлами, система ресорного

підвішування, рами візків, тяговий привод, система зв'язку візків з кузовом і сам кузов.

Механічна частина повинна відповідати таким вимогам:

- мати міцність і надійність в експлуатації як в цілому, так і окремих вузлів;
- витримувати навантаження статичного, динамічного і ударного характеру;
- забезпечувати певні показники динамічної якості локомотивів;
- забезпечувати заданий термін служби як своїх окремих елементів, так і верхньої будови колії;
- забезпечувати зручність експлуатації і ремонту окремих елементів;
- не мати надмірно складну і дорогу конструкцію.

2.1.2. Основні вузли механічної частини ЕРС

Механічна частина складається з таких основних елементів:

1) ***кузов*** – найбільший за масою і обсягом вузол локомотива або моторного вагона, служить для розміщення обладнання, бригади або пасажирів і для захисту їх від зовнішніх впливів;

2) ***візки*** – призначені для направлення руху кузова по рейковій колії. У візках розташовано тяговий привод і колісні пари. Через візки забезпечується передача всіх вертикальних і поперечних сил між кузовом і колісними парами, а також передача сил тяги та гальмування;

3) ***буксові вузли*** – забезпечують безперешкодне обертання колісної пари відносно необертальних частин, а також передають тягові і гальмівні зусилля від колісної пари на раму візка;

4) ***колісні пари*** – передають навантаження від рами візка через буксовий вузол на колію і назад, беруть участь у процесі створення сили тяги і гальмування;

5) ***тяговий привод*** – служить для створення сили тяги; включає в себе тяговий двигун і тягову передачу, що приводить в обертання колісну пару;

6) ***ударно-тягові прилади*** – призначені для передачі сили тяги на раму візка або раму кузова і з'єднання рухомого складу між собою;

7) ***гальмівні пристрої*** (колодкові або дискові) – служать для механічного гальмування.

Крім того, до механічної частини відносяться: ***ресорне підвішування*** (одна або дві ступіні), ***вузли спирання кузова на візки*** та ***передачі поздовжніх сил між візком і кузовом***, ***пружні поперечні зв'язки між ними*** і ***протирозвантажувальні пристрої***.

2.1.3. Типи кузовів електрорухомого складу

Класифікація кузовів виконується за п'ятьма ознаками:

1) *за призначенням* – кузови підрозділяють на локомотивні (електровозні й тепловозні) і вагонні (кузови вагонів електропоїздів та дизель-поїздів);

2) *за зовнішнім виглядом* – поділяють на кузови вагонного (рис. 2.2, *а*) і капотного (рис. 2.2, *б*) типу.

У кузовів *вагонного типу* бічні стінки рознесені на максимальну відстань, допустиму габаритом рухомого складу, тому локомотивна бригада може обслуговувати обладнання, не виходячи з кузова. У кузові *капотного типу* бічні стінки і дах закривають тільки силові агрегати, обладнання та окремо кабіну машиніста. Капотний кузов простіший у виготовленні, ніж кузов вагонного типу, легше піддається розбиранню при ремонті. Кузови капотного типу зазвичай застосовують на маневрових локомотивах і локомотивах промислового транспорту;

3) *за способом сприйняття сил* – виділяють кузови з несучою рамою і суцільнонесучою. У кузовів з несучою рамою всі зовнішні навантаження сприймає головна рама, основою якої є дві потужні поздовжні балки, часто звані *хребтовими* (якщо вони розташовані поблизу поздовжньої осі симетрії рами). Стінки і дах кузова практично не несуть навантаження. В залежності від їх розташування відносно рам візків розрізняють кузови *неохоплюючих* і *охоплюючих* типів.

У кузовах неохоплюючого типу хребтові балки розташовані над рамою візка. При цьому центр ваги поперечного перерізу головної рами знаходиться на значній висоті над поздовжньою віссю автозчеплення, і в рамі при додаванні поздовжніх сил одночасно з напруженнями розтягу або стиску виникають значні напруження від вигину.

Рис. 2.2. Кузов вагонного (*а*) і капотного (*б*) типів

У кузовах охоплюючого типу поздовжні балки головної рами розносять на якомога більшу відстань, допустиму габаритом, і розташовують їх так, щоб вони охоплювали раму візка. При кузовах охоплюючого типу зовнішній огляд візків ускладнений, так як частина візків закрита рамою кузова (наприклад, на ВЛ10, ВЛ11, ВЛ65, ВЛ80, ВЛ85).

Суцільнонесучі кузови можуть бути *фермові*, *оболонкові* або виконаними за типом ***стільників*** (*сотів*). Фермові кузови (рис. 2.3) мають каркасні стінки, що утворюють з рамою кузова

розкісну ферму, яка сприймає навантаження, що діють на кузов. Бічні стінки, а іноді і дах жорстко пов’язані з рамою і являють собою єдину конструкцію, всі елементи якої спільно сприймають зовнішні навантаження.

Стінки оболонкових кузовів проектують так, щоб сили, що діють на кузов, сприймалися також і обшивками бокових стінок, даху і кабіни.

Конструкція стільникових кузовів має структуру, один з варіантів якої наведено на рис. 2.4. Цей тип кузова застосовується в зарубіжному локомотивобудуванні на пасажирських локомотивах і електропоїздах. Стільникова структура є більш легкою в порівнянні з іншими і, крім того, використовується як «жертовна зона» при можливих зіткненнях, оскільки володіє високою енергопоглинаючою здатністю.

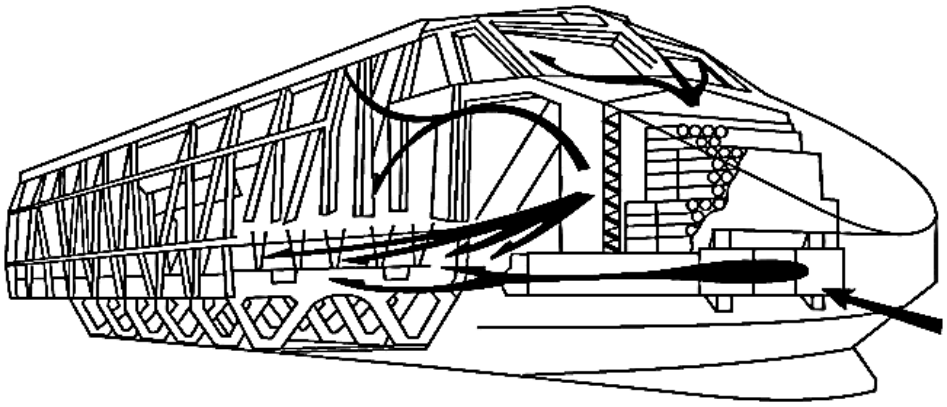


Рис. 2.3. Кузов фермовий суцільнонесучий

Характеристики структури, в тому числі розміри, визначаються залежно від допустимої швидкості зминання конструкції, сумарних наслідків зіткнення і наявного простору для монтажу. Тенденція до полегшення конструкції кузова сприятлива з погляду зіткнень, оскільки знижується енергія, що підлягає гасінню. Основною проблемою є розміщення структури в конструкції вагона. У вагонах приміських і міжобласних поїздів виникають проблеми, пов’язані з вимогою оптимального використання внутрішнього простору і необхідністю розміщення елементів, які зминаються, для гарантування безпеки при зіткненні.

До недоліків *стільникової конструкції* відноситься її залежність від напрямку дії сили, однак для залізничного

рухомого складу це практично не має значення, оскільки тут напрямок руху задано. Найбільш ефективні з точки зору поглинання енергії, алюмінієві стільники з шестикутними отворами, що показали у всіх випробуваннях найкращі результати, проте їх вартість досить висока. За своїми властивостями до них наближаються менш дорогі сотопласти, виготовлені на основі синтетичних матеріалів.

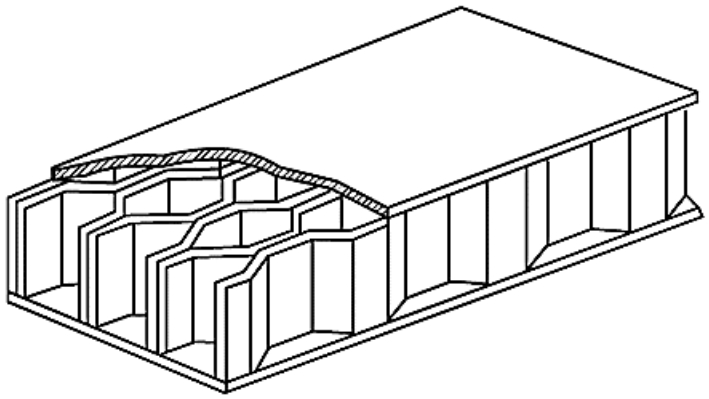


Рис. 2.4. Стільникові елементи кузова

Найлегшими кузовами є стільникові кузови, а також суцільнонесучі кузови охоплюючого типу, а найважчими – кузови неохоплюючого типу з несучою рамою. Як правило, суцільнонесучі кузови застосовують для пасажирського ЕРС, а кузови з несучою рамою – для вантажних електровозів;

4) *за аеродинамічними якостями* розрізняють кузови:

- необтікаючі (для вантажних локомотивів);
- напівобтікаючі (для пасажирських локомотивів);
- обтікаючі (на високошвидкісному транспорті);

5) *за матеріалами конструкції* застосовують кузови:

- сталеві;
- з алюмінієвих сплавів;
- пластмасові.

2.1.4. Основні елементи кузова

Рама і стінки кузова. На вітчизняних вантажних електровозах застосовують рами охоплюючого типу, які являють

собою конструкцію з великим числом зварних з'єднань, тому для забезпечення заданих геометричних розмірів їх складають в стендах у певному стані. При проектуванні рам кузовів необхідно враховувати умови міцності для зварних швів: шви повинні бути мінімальними, їх розташування повинне бути максимально симетрично відносно нейтральної осі перетину зварної конструкції.

Кузови вантажних вітчизняних електровозів (ВЛ10, ВЛ80) мають несучу раму (рис. 2.5), яка складається з розвиненого жорсткого упряжного бруса *1*, *9*, що сприймає зусилля автозчеплення і передає їх далі на дві хребтові балки *7* охоплюючого типу.

Ці балки пов'язані двома шворневими балками *2* і двома балками-опорами *5* зі сталевими конусами *6* під гумові конуси – амортизатори тягового трансформатора. Крім того, для створення жорсткості є легкі поздовжні *3* і поперечні *4* балки. Запряжний брус, як і інші частини, зварений із сталі Ст3.

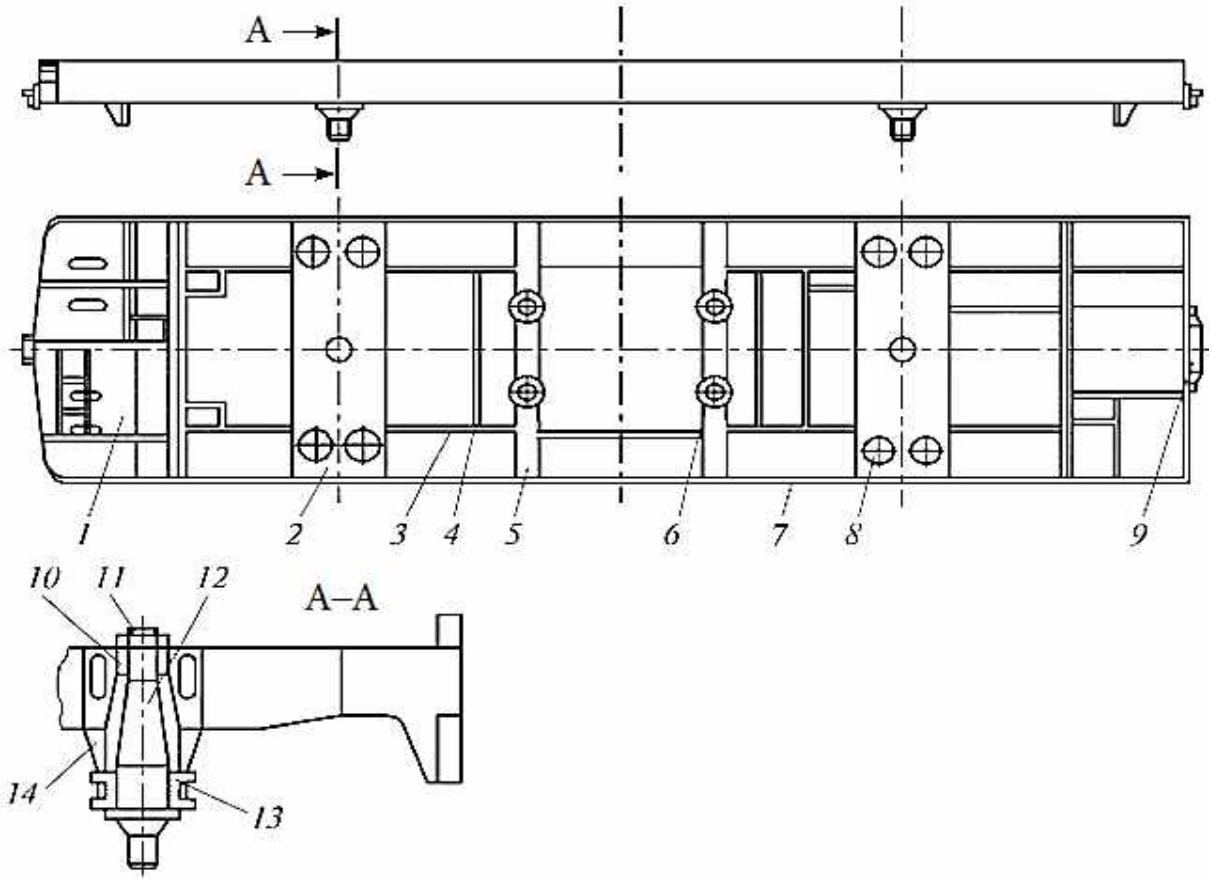


Рис. 2.5. Головна рама електровоза ВЛ80

Для установлення поглинального апарату автозчеплення є відповідних розмірів проріз з упорними косинцями. Шворнева балка зварена з чотирьох листів товщиною 10÷12 мм, на її кінцях розташовані чотири стакани *8* під бічні опори, а в середній частині внизу – обичайка *14* з литим фланцем *13* і вгорі – циліндрична втулка *10*. Шворінь *12* має сполучення на гарячу посадку у фланці *13* і ковзаючу – у втулці *10*, обмежену обмежувачем *11*.

На вантажних електровозах набули поширення і суцільнонесучі кузови. Каркас кузова електровоза СС21000 французьких залізниць виконаний з низьколегованої сталі, його бічні стінки являють собою ферми з трикутною решіткою. Вузли ферми внизу пов'язані поперечними балками рами кузова, а вгорі – даховими дугами. Верхній пояс бічних несучих стін працює при вигині кузова у вертикальній площині від вертикального навантаження на стиск. Вся конструкція має велику жорсткість не тільки у вертикальній, але і в горизонтальній площині.

Вагони існуючих електропоїздів мають несучі кузови. В решітці і обшивці кузовів застосовані звичайні та спеціальні профілі зі сталі марок Ст2, Ст3. Товщина обшивки бічних стінок і підлоги 1,5÷3 мм; для збільшення жорсткості застосовують гофровані листи.

Поздовжні елементи разом з обшивкою (оболонкою) сприймають поздовжні сили; поперечні елементи, утворюючи замкнутий жорсткий контур, зберігають форму поперечного перерізу кузова.

Кузов вагона електропоїзда складається з рами, бічних і торцевих стінок і даху. Кузов виконаний суцільнометалевим. Каркас вагона являє собою систему замкнутих кілець (поперечні балки рами, вертикальні стояки і дуги), обшитих сталевими гофрованими листами товщиною 1,5÷2,5 мм.

Конструкція рам кузовів моторного та причіпного вагонів однакова. Відрізняються вони лише допоміжними елементами (балками, кронштейнами), що працюють для підвіски обладнання.

Основою вагона є рама (рис. 2.6), виконана з поздовжніх *3*, *8*, *9*, *10* і поперечних *7*, *12* елементів, з'єднаних зварюванням. По

кінцях рами є короткі хребтові балки *6*, що працюють для установлення поглинального апарату і з'єднання буферного бруса *5* зі шкворневою балкою *1*. Поздовжні і поперечні елементи рами виконані з штампованих або катаних профілів. Поздовжні балки мають Z-подібний перетин, а поперечні виконані зі швелерів. У рамі влаштований повітропровід вентиляції двигунів *4*.

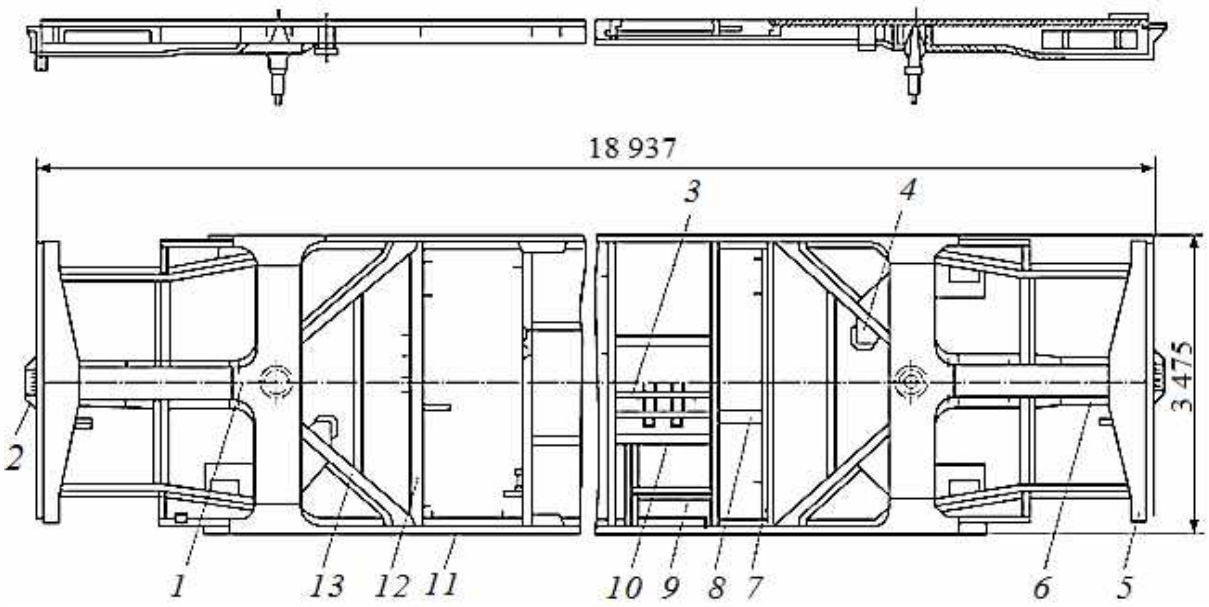


Рис. 2.6. Рама кузова моторного вагона електропоїзда

Буферний брус *5* являє собою балку коритоподібного перетину, штамповану з листової сталі товщиною 8 мм. У середній частині вертикальної стінки зроблений прямокутний виріз для розетки автозчеплення *2*. Буферний брус головних вагонів має обрис, що відповідає обтічній формі головної частини вагона.

Шворнева балка *1* коробчатого перетину виконана зі сталевих листів товщиною 10 мм. У середній частині балки знаходяться гніздо шворня (на моторному вагоні) або верхній п'ятник (на причіпному вагоні), а по кінцях – бічні ковзуни. Від середини шворневої балки відходять два розкоси *13*, що слугують для передачі тягових та ударних зусиль до бічних поздовжніх балок *11*, між якими розташовані поперечні балки.

Хребтова балка *6* коробчатого перетину зварена зі сталевих листів: бічних – товщиною 8 мм, верхнього – 6 мм і нижнього –

10 мм. Всередині порожнини заклепками прикріплені литі упорні кронштейни, що слугують для установлення між ними поглинального апарату і тягового хомута автозчеплення.

Зверху рами кузова приварена металева підлога зі сталевих гофрованих листів товщиною 1,8 мм, яка є одним з несучих елементів кузова, що надає їй значної жорсткості.

Бічна стінка кузова вагона складається з вертикальних стояків Z-подібного перерізу товщиною 3 мм, приварених до бічних поздовжніх балок рами кузова і пов'язаних вгорі поздовжнім косинцем. Зовні стінку обшивають сталевими гофрованими листами товщиною 2 мм для надвіконного пояса і 2,5 мм – для інших частин. Підвіконний лист в нижній частині виконаний з рівномірним вигином, яким він прилягає до бічних поздовжніх балок рами кузова.

Торцеві стінки мають каркас, що складається з двох крайніх стояків, двох середніх, які утворюють дверний отвір, і горизонтального швелера, що з'єднує стояки вгорі. До каркаса приварена обшивка зі сталевих гофрованих листів товщиною 2 мм.

Лобова стінка головного вагона утворена двома середніми і двома крайніми вертикальними стояками з швелерів, до яких приварена горизонтальна зварна балка, що має П-подібний змінний перетин. Зварна балка розташована в середині лобової стінки. Каркас лобової стінки прикріплений до буферного бруса рами вагона середніми стояками, для чого стояки випущені вниз на 330 мм. Верхню частину лобової стінки займають вікна.

Каркас даху вагона зварюють із сталевих дуг Z-подібного перетину. Для надання жорсткості конструкції даху використовують гофровані листи. У місцях з'єднання даху з бічними стінками встановлюють водостічний карниз, що перешкоджає попаданню вологи всередину вагона.

На даху моторного вагона приварені тумби для установлення струмоприймачів, а також пристосування для кріплення перехідних містків і установлення дахового обладнання. Збоку над вхідними дверима є прямокутні отвори з встановленими в них жалюзі, що забезпечують забір повітря, необхідного для охолодження тягових двигунів і вентиляції вагона.

Вагони обладнані підніжками, що забезпечують вхід у вагон як з високих, так і з низьких платформ. Підніжки розташовані біля вхідних розсувних дверей. Нижня сходинка підніжки знімна, прикріплена болтами. При експлуатації ЕРС на ділянках з високими платформами підніжку перекривають рифленим сталевим фартухом, що закріплюється болтами.

На рамі головного вагона внизу розташований колієочищувач, що працює для скидання з колії сторонніх предметів, які можуть викликати сходження електропоїзда з рейок під час руху. Колієочищувач складається зі сталевого листа з вирізами (для зменшення маси) і вертикальних і горизонтальних ребер жорсткості. Внизу колієочищувач має регулювальну планку, за допомогою якої змінюють висоту його розташування над рейкою по мірі зносу коліс і осідання ресорного підвішування. У порожнього вагона ця висота повинна бути не менше 250 мм.

Для гарантування безпеки людей та захисту їх від ураження електричним струмом кузов моторного вагона гнучким мідним дротяним шунтом електрично з'єднаний з рамою візка, яка у свою чергу таким же шунтом з'єднана з буксою колісної пари і через неї з рейкою.

Оптимальна конструкція кузова повинна бути не тільки міцною, але і мати мінімальну вагу. Для полегшення кузова у вагонобудуванні широко застосовують сплави алюмінію. Поточне утримання такого рухомого складу простіше, а витрати на нього менші, ніж на ЕРС зі сталевими кузовами.

Окремі частини кузова можна з'єднувати клепанням, точковим зварюванням і зварюванням у середовищі захисного (інертного) газу. Дуже добре сполучення дає клепання, однак вона є трудомісткою операцією і вимагає великих витрат.

Точкове зварювання вимагає дорогого автоматизованого обладнання, крім того його застосування пов'язано з великими технологічними труднощами. Витрати на точкове зварювання можна вважати виправданими лише при виготовленні великої серії рухомого складу.

Витрати на зварювання в середовищі захисного газу значно нижче. При підборі матеріалу кузова алюмінієвий сплав вибирають таким чином, щоб при зварюванні відбувалася лише

незначна втрата міцності в місці з'єднання. Метод зварювання не повинен викликати великих витрат на захисний газ і електроди.

У локомотиво- і вагонобудуванні останнім часом широкого застосування набули полімерні матеріали – пластмаси, що володіють малою щільністю: вони в 5÷6 разів легше сталі і в 2 рази легше алюмінію. Деякі типи цих матеріалів – пороласти і пінопласти – мають щільність в 10 разів меншу, ніж щільність пробки. Поєднання склопластиків з пороластами набуло широке поширення у вагонобудуванні.

Кабіна машиніста. Кабіна повинна бути розрахована на одночасну присутність трьох осіб: машиніста, помічника машиніста і машиніста-інструктора. У нашій країні кабіни машиністів електровозів розраховані на правосторонній рух, у зв'язку з чим робоче місце машиніста знаходиться з правого боку, а помічника машиніста – з лівого. У кабіні розташоване обладнання керування електровозом: контролер машиніста, блоки автоматів кіл керування, сигнальні індикатори, гальмівні крани, вимірювальні прилади, радіостанція (рис. 2.7).

Рис. 2.7. Пульт керування кабіни електровоза ЕП10

Для створення прийнятного мікроклімату кабіни обладнують калориферами і кондиціонерами, а їх стіни і стелю обробляють звукоізолюючими матеріалами.

Дах кузова, як і його стінки, призначений для захисту обладнання від атмосферного впливу. Дах по всій довжині має прорізи для забезпечення монтажу і демонтажу блоків обладнання при будівництві та ремонтах електровозів. Прорізи закриті даховими люками з м'якими ущільнювачами.

2.1.5. Компонування обладнання

Обсяг обладнання, яке необхідно розмістити в кузові, залежить від багатьох факторів: системи енергопостачання, способу регулювання роботи тягових двигунів та їх потужності, колісної формули, масогабаритних характеристик обладнання, вимог до його охолодження, кліматичних умов, вимог до обслуговування обладнання.

Максимальні поперечні розміри кузова обмежені розміром, а довжина електровоза впливає на його економічні показники, такі, як його корисна довжина (за умовами довжини приймально-відправних колій), вартість депо і ремонтних споруд (канав, піскозаправних пунктів, ремонтних цехів), витрата матеріалів, розміри виробничих площ. Тому довжину електровоза прагнуть по можливості скорочувати.

Гранична мінімальна довжина кузова електровоза (секції) визначається екіпажною частиною, тобто розміщенням під кузовом заданого числа осей (візків) з урахуванням ударно-тягових приладів (автозчеплення).

Розташування на рухомому складі електричного, пневматичного та іншого обладнання повинно відповідати таким основним умовам:

- зручне обслуговування обладнання, спостереження за його роботою при експлуатації і умови для ремонту з дотриманням вимог техніки безпеки;
- мінімальні протяжність і аеродинамічний опір вентиляційних систем з повітроводами;
- об'єднання максимально можливого числа обладнання за функціональними і конструктивними параметрами в блоки;
- мінімально можлива довжина електричних і пневматичних комунікацій;

- максимальне використання несучих конструкцій рам, каркасів кузова як основ для кріплення обладнання;

- дотримання правильного розваження ЕРС;

- дотримання необхідних ізоляційних відстаней.

На електровозах постійного струму обладнання розташовують у двох поздовжніх блоках з трьома проходами (рис. 2.8, *а*): один прохід збігається з поздовжньою віссю електровоза, два інших – перебувають між блоками і бічними стінками кузова. Один або два проходи використовуються для доступу до обладнання і для переходу з кабіни в кабіну односекційного локомотива або з секції в секцію багатосекційного. Іноді застосовують змішану схему – два поздовжніх проходи з окремими поперечними проходами (рис. 2.8, *б*).

На електровозах ВЛ80 є тільки один боковий прохід, а вся решта площі використовується для розміщення обладнання уздовж поздовжньої осі локомотива. Обладнання скомпоновано в блоки з силовим електрообладнанням, панелі апаратури керування і допоміжних кіл. При поперечному компонуванні (наприклад, на електровозах ВЛ85) основне обладнання розташоване в прямокутних плоских блоках, встановлених перпендикулярно поздовжній осі електровоза, між якими виконані короткі поперечні службові проходи (рис. 2.8, *в*).

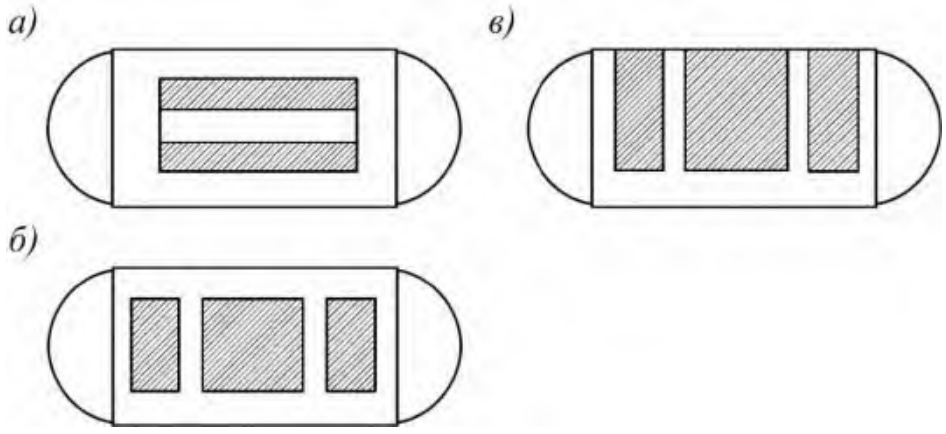


Рис. 2.8. Розташування обладнання на локомотивах:
а – поздовжнє з трьома проходами; *б* – змішане з двома проходами; *в* – поперечне

На електровозах із ступінчастим регулюванням напруги ТЕД (ВЛ80^{Т}, ВЛ80^{С}) з метою скорочення довжини електричних комунікацій обладнання для регулювання напруги (груповий перемикач, перехідні реактори) встановлюють на верхній кришці тягового трансформатора. Поруч з трансформатором розташовують перетворювальні установки, згладжуючі реактори, вентиляційні установки.

Над візками встановлюють блоки силових агрегатів з обладнанням для керування ТЕД (реверсивним і гальмівним перемикачами, лінійними контакторами, вимикачами, приладами ослаблення збудження, захисно-комутаційною апаратурою), а також вентиляторними установками. Така компоновка дозволяє максимально зменшити довжину повітропроводів і приєднувальних проводів до ТЕД. Блоки електропостачання (розподільні щити), електронні блоки керування розташовують в безпосередній близькості від кабіни керування.

Для зниження рівня вібрації і шуму в кабіні машиніста головні компресорні агрегати встановлюють на максимально можливому віддаленні від кабіни (в торцевому відсіку або в задній високовольтній камері). Суттєвого зниження рівня вібрації можна домогтися підресорюванням обладнання.

Силове електрообладнання знаходиться в високовольтних камерах і шафах, які обладнують блокувальними пристроями, що виключають доступ до нього при піднятих струмоприймачах або наявності напруги на них. Високовольтні камери виготовляють із суцільними або сітчастими металевими огорожами (дверцятами).

На дахах електровозів встановлюють обладнання, що забезпечує електричне з’єднання електровоза з контактною мережею. До нього відносять струмоприймачі та їх вимикачі, індуктивні котушки для заглушення радіоперешкод, розрядники, з’єднувальні шини, прохідні ізолятори. На електровозах змінного струму на даху також встановлюють головні вимикачі, прохідні трансформатори напруги і струму, міжсекційні роз’єднувачі. Крім того, там можуть розташовуватися головні та запасні резервуари пневматичної системи, змійовики для охолодження стисненого повітря, що надходить від компресора, загороджувальні жалюзі від вентиляційних систем, викидні жалюзі блоків пускових і гальмівних резисторів і т. д.

На магістральних електровозах встановлюють по два струмоприймачі. У нормальних умовах працює задній по ходу руху струмоприймач, але за несприятливих умов струмознімання (наприклад, при ожеледі) використовують обидва струмоприймачі. Щоб не виникло відтиснення контактного проводу при одночасній роботі двох струмоприймачів, необхідно розносити струмоприймачі на значну відстань один від одного.

На електропоїздах обладнання розташовують під вагоном і на даху. Обладнання, що потребує захисту від атмосферних опадів, розміщують в підвагонних ящиках, а також в тамбурних шафах. Таке розташування вимагає застосування додаткових ущільнень, що захищають обладнання від попадання вологи, снігу і пилу.

2.1.6. Статичне розваження рухомого складу

У процесі компонування локомотива статичне розваження дозволяє здійснити таке взаємне розташування його вузлів і агрегатів, при якому було б реалізовано найвигідніше розподілення навантажень від колісних пар на рейки. У практиці проектування локомотивів прийнятий допуск на нерівномірність розподілу навантаження по осях, рівний 3 %.

Розваження може бути поздовжнім, тобто в поздовжній вертикальній площині, і поперечним, тобто в поперечній вертикальній площині, з разваженням візків і без нього.

Для визначення навантаження від кузова на візки виконується тільки розваження надвізкового обладнання, розташованого усередині кузова. Для точного визначення навантажень від колісних пар на рейки, крім розваження надвізкової будови локомотива, потрібно також провести і розваження візків. Якщо розваження візків не проводиться, то передбачається, що вага їх частин розподіляється рівномірно. При поздовжньому розваженні надвізкової будови локомотив уявляється як плоска балка, що знаходиться в статичній рівновазі сил, створюваних вагою кожного вузла та групи деталей.

Для того щоб визначити навантаження від кузова і рами з обладнанням, що припадають на опори передніх і задніх візків,

потрібно за схемою екіпажної частини і даними вагової відомості (табл. 2.1) скласти ескіз поздовжнього розважування локомотива за зразком (рис. 2.9). Ескіз повинен бути виконаний у масштабі за довжиною локомотива (дотримання масштабу за висотою необов'язково).

Таблиця 2.1

Відомість основного обладнання та його плечей

Найменування вузла	Вага вузла, кН	Плече сили, м	Момент, кН·м
1	G_1	l_1	M_1
2	G_2	l_2	M_2
3	G_3	l_3	M_3
…	…	…	…
n	G_n	l_n	M_n
Сумарна вага, що передається на опори візків	$G_K = \sum_{i=1}^{n} G_i$	$x_{ц.в.}$	$M_K = G_K \cdot x_{ц.в.}$

Поздовжнє розважування надвізкової будови полягає у визначенні його центру ваги і знаходженні відстані від цієї точки до уявних центральних опор візків. Точки розміщення шворневих пристроїв візків або центри кіл, проведених через бічні опори, розташовані зверху на рамах візків симетрично щодо поздовжніх і поперечних осей, називаються уявними центральними опорами.

Для виконання необхідних розрахунків і оформлення розважування відповідно до ескізу і вагової відомості потрібно скласти відомість розважування за формою табл. 2.1, обчислити і записати в ній моменти, створювані вагами вузлів щодо умовної осі моментів.

$$M_i = G_i \cdot l_i, \qquad (2.1)$$

де G_i – вага вузла, кН;

l_i – плече прикладення ваги вузла щодо умовного центру моментів, м.

За умовну зазвичай приймають вісь, що проходить через центр головки переднього автозчеплення.

У тих випадках, коли за умовну приймають іншу вісь, дається застереження в кінці відомості розважування. Визначають центр ваги надвізкової будови, вага якої передається на опори візків.

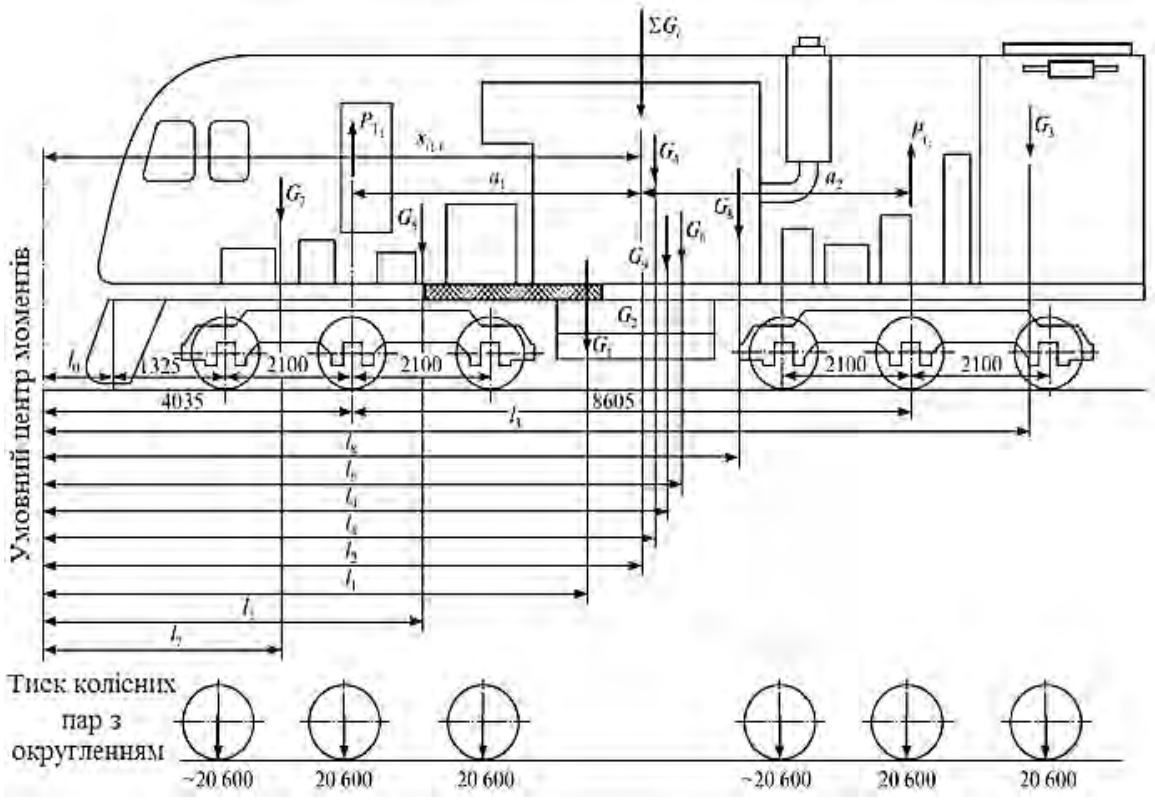


Рис. 2.9. Схема статичного розважування локомотива

Координати центра ваги надвізкової будови визначаються за формулою

$$x_{ц.в.} = \frac{\sum_{i=1}^{n} G_i \cdot l_i}{G}. \qquad (2.2)$$

Встановивши центр ваги надвізкової будови, візки локомотива розташовують на однаковій відстані від центру тяжіння. Переміщення центру ваги проектованого локомотива досягається невеликим переміщенням окремих вузлів на рамі або за допомогою баластів. Підресорена вага, що припадає на букси одного візка:

$$P_B = \frac{G_B}{n_B} + G_i, \qquad (2.3)$$

де G_B – підресорена вага візка, кН;

n_B – кількість візків.

Навантаження від однієї колісної пари на рейки

$$2П = \frac{P_B}{m_0} + g, \qquad (2.4)$$

де m_0 – кількість осей візка;

g – непідресорена вага візка, яка припадає на одну вісь, кН.

Для перевірки розрахунків отримана величина навантаження від однієї колісної пари на рейки порівнюється із заданою; розрахункова величина не повинна перевищувати задану.

Питання для самоконтролю

1. Яке призначення механічної частини рухомого складу?
2. Що таке тяговий модуль? Які елементи конструкції електровоза входять до його складу?
3. Що таке осьова формула і що вона показує?
4. Які вимоги ставляться до механічної частини електровоза і електропоїзда?
5. Які основні вузли складають механічну частину?
6. Назвіть умови розташування обладнання на електрорухомому складі.
7. У чому полягає головна умова розміщення обладнання на електровозі?
8. Які типи компонування обладнання в кузові електровоза застосовуються на рухомому складі?
9. Порядок проведення статичного розважування рухомого складу.

2.2. ВІЗКИ ЕЛЕКТРИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

2.2.1. Типи і загальні характеристики візків

За призначенням візки ЕРС діляться на ***пасажирські*** та ***вантажні***. Для пасажирських електровозів всі елементи візків вибирають з розрахунку мінімальної маси, в першу чергу – необресорених мас. У системи ресорного підвішування візків закладають мінімально можливі жорсткості пружних елементів і гасителі коливань. Гальмівні системи візків пасажирських електровозів забезпечують високі гальмівні сили як при великих швидкостях руху, так і при помірних. Для виключення юза колісних пар при гальмуванні тиск повітря в гальмових циліндрах може плавно або східчасто регулюватися залежно від швидкості руху. Візки розраховують на тривалий час експлуатації при великих швидкостях.

Для візків вантажних електровозів важливим фактором є міцність протягом тривалого часу експлуатації при великій силі тяги. Ресорні системи цих візків повинні мати досить високу жорсткість пружних елементів.

До відмітної риси візків магістральних електровозів відноситься розрахунок їх конструкції на тривалу роботу електровоза в умовах помірного і помірно-холодного клімату при високій жорсткості колії.

За кількістю колісних пар візки поділяються на ***дво-***, ***три-*** і ***чотиривісні***. У нашій країні на електрорухомому складі використовуються тільки дво- і тривісні візки, при цьому навіть тривісні візки важко вписуються в криві малого радіуса. Чотиривісні візки з проміжною рамою застосовані на ряді тепловозів і електровозі ЕП2К.

За системою поздовжнього зв'язку з кузовом візки поділяються на ***шворневі*** (ВЛ80 всіх модифікацій, ВЛ10, ВЛ11, ЕР2, ЕР2^{Т}, ЕД) і ***безшворневі*** (ВЛ15, ВЛ65, ВЛ85, ЕП1, ЕП1^{М}).

Виготовляють візки з листовими, брусковими, суцільнолитими і зварними рамами. За конструкцією вузлів зв'язку колісних пар з рамою розрізняють ***щелепні*** і ***безщелепні*** візки. Щелепні візки застосовувалися тільки на перших радянських електровозах (ВЛ8, ВЛ19, ВЛ22^{М}, ВЛ23) і на моторних вагонах електропоїздів серії ЕР2 і ЕР9; сучасний електрорухомий склад обладнаний безщелепними візками.

2.2.2. Конструкції візків

На електропоїздах застосовують двовісні візки, розташовані по кінцях кузовів вагонів на однаковій відстані від їх середини. За конструкцією візки підрозділяють на візки для моторних і причіпних (головних) вагонів.

Візок моторного вагона електропоїзда ЕР2 (рис. 2.10) – двовісний, щелепний, з подвійним ресорним підвішуванням, з фрикційними гасителями коливань *1* у буксовому підвішуванні, гідравлічними гасителями *10* і повідками з гумометалевими гасителями *9* в центральному підвішуванні.

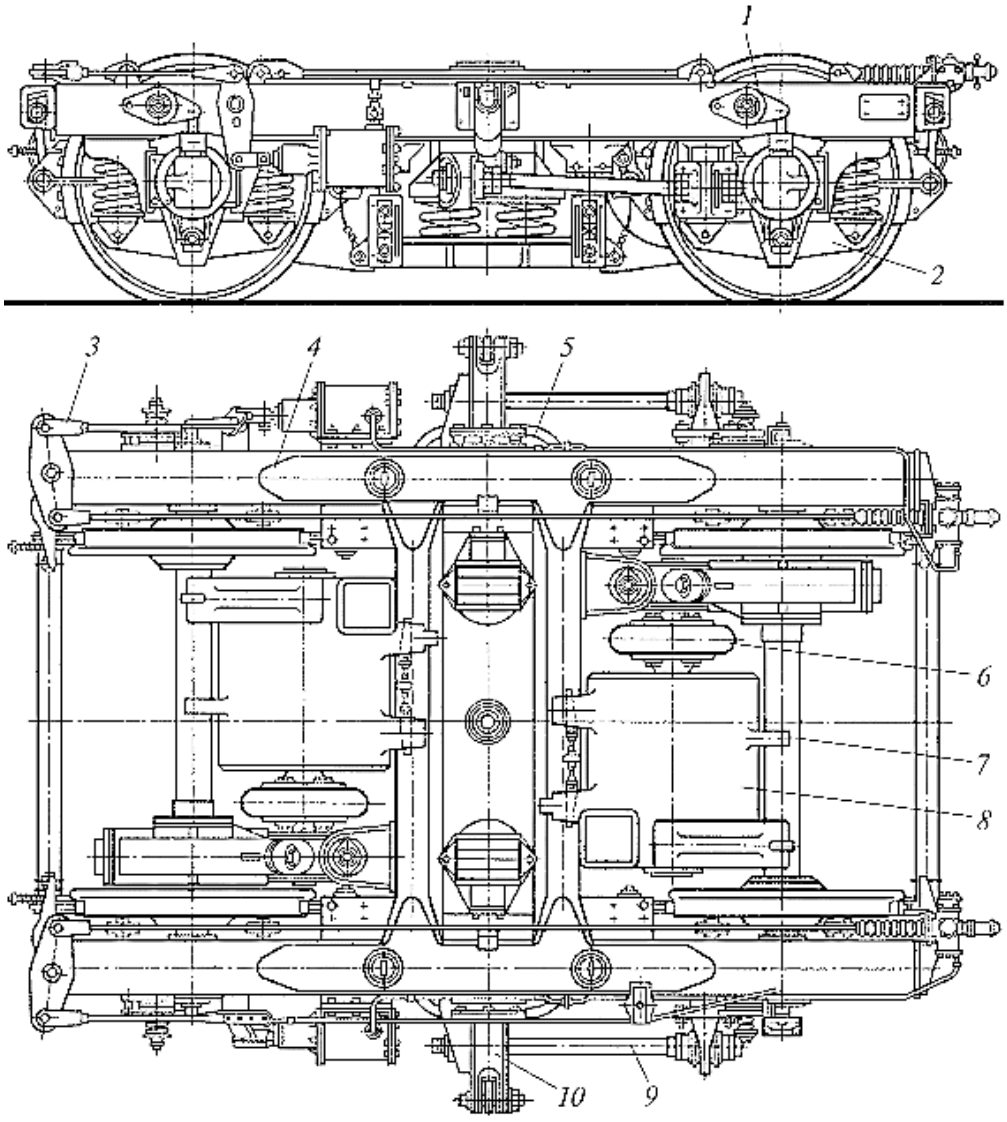


Рис. 2.10. Візок моторного вагона електропоїзда ЕР2

Візок складається з рами *4*, двох колісних пар *7* з редуктором і буксовими вузлами *2*, центрального підвішування *5* і важільної гальмівної системи *3*. На візку встановлені два тягових двигуни *8* з двома пружними муфтами *6*. Кузов вагона спирається на візок через бічні ковзуни надресорного бруса. Передача тягових і гальмівних зусиль здійснюється через центральний шворінь, забезпечений гумовою втулкою-амортизатором. Поздовжні коливання кузова вагона і пов'язаного з ним через шворінь надресорного бруса обмежуються поводками з гумометалевими амортизаторами. Повідки здійснюють пружне з'єднання рами візка з надресорним брусом. На рамі візка укріплені два гальмових циліндри, вплив яких важільна гальмівна система передає на два колеса з одного боку.

Візок моторного вагона електропоїзда ЕР2^{Т} (ЕД) (рис. 2.11) відрізняється від візка моторного вагона електропоїзда ЕР2 тільки тим, що має безщелепний буксовий вузол з буксовими повідками. З'єднання кузова вагона з візком в основному таке саме, як і на моторному вагоні електропоїзда ЕР2.

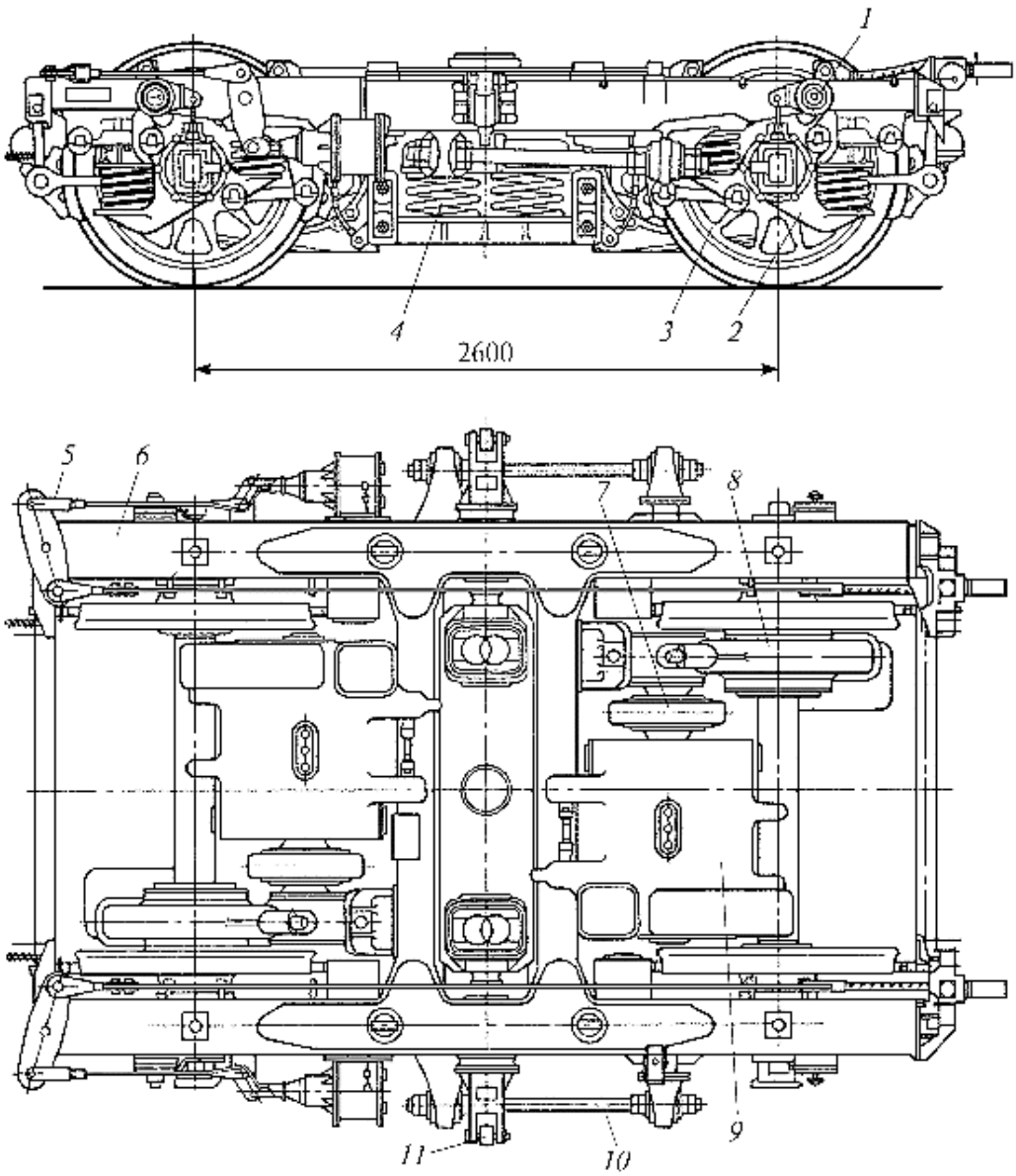


Рис. 2.11. Візок моторного вагона електропоїзда ЕР2^{Т} (ЕД):
1 – фрикційний гаситель; *2* – буксовий вузол; *3* – колісна пара;
4 – центральне підвішування; *5* – важільна гальмівна система;
6 – рама; *7* – пружна муфта; *8* – редуктор; *9* – тяговий двигун;
10 – буксовий поводок з гумометалевими гасителями;
11 – гідрогаситель

Візок причіпного вагона електропоїзда ЕР2 двовісний, безщелепний, з подвійним ресорним підвішуванням, гідравлічними гасителями *8* (рис. 2.12) і повідками з гумометалевими гасителями *9* в центральному підвішуванні. Він складається з рами *1*, двох колісних пар *6* з чотирма буксами *2*, центрального підвішування *3* і важільної гальмівної передачі *5*.

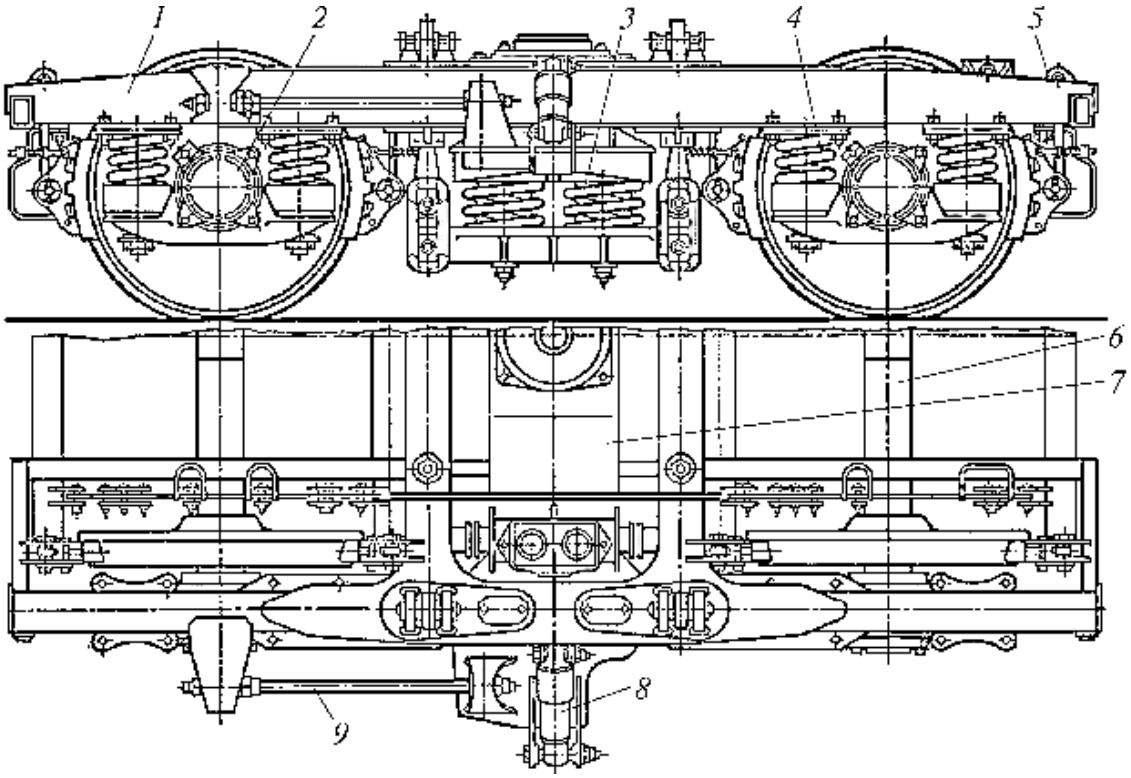


Рис. 2.12. Візок причіпного вагона електропоїзда ЕР2:
1 – рама; *2* – букса; *3* – центральне підвішування; *4* – буксове підвішування; *5* – важільна гальмівна система; *6* – колісна пара; *7* – надресорний брус; *8* – гідрогаситель; *9* – повідковий гумометалевий гаситель

2.2.3. Призначення та класифікація рам візків

Рами візків служать для передачі вертикального навантаження і розподілу його між окремими колісними парами і колесами за допомогою ресорного підвішування, а також для сприйняття сил тяги або гальмування, що розвиваються окремими колісними парами, і передачі їх на автозчепні пристрої, встановлені на рамі кузова або на рамах візків. Крім того, рама візка сприймає бічні зусилля, що виникають при проходженні кривих ділянок колії. До рам візків кріплять тягові двигуни, на них розміщують гальмівне обладнання, а на електровозах зі зчленованими візками – міжвізкове зчленування і автозчепні пристрої.

В залежності від розташування коліс рами візків підрозділяють на зовнішні і внутрішні.

У ***зовнішніх рамах*** колісні пари розташовуються усередині рами. При цьому рами виходять більш важкими внаслідок великої ваги і більш складної конструкції рамних кріплень. Зовнішні рами застосовують головним чином при індивідуальному приводі рушійних колісних пар, коли тяговий двигун розміщений в безпосередній близькості від колісної пари. Крім того, вони дають можливість застосовувати двигуни більшої потужності. Зовнішні рами забезпечують більшу поперечну стійкість ЕРС, так як в цьому випадку збільшується відстань між шийками колісних пар.

Внутрішні рами застосовують зазвичай при груповому приводі, при цьому площина коліс знаходиться зовні рами.

Рама візка електровоза ВЛ65 (ЕП1) (рис. 2.13) являє собою систему балок, з'єднаних зварюванням.

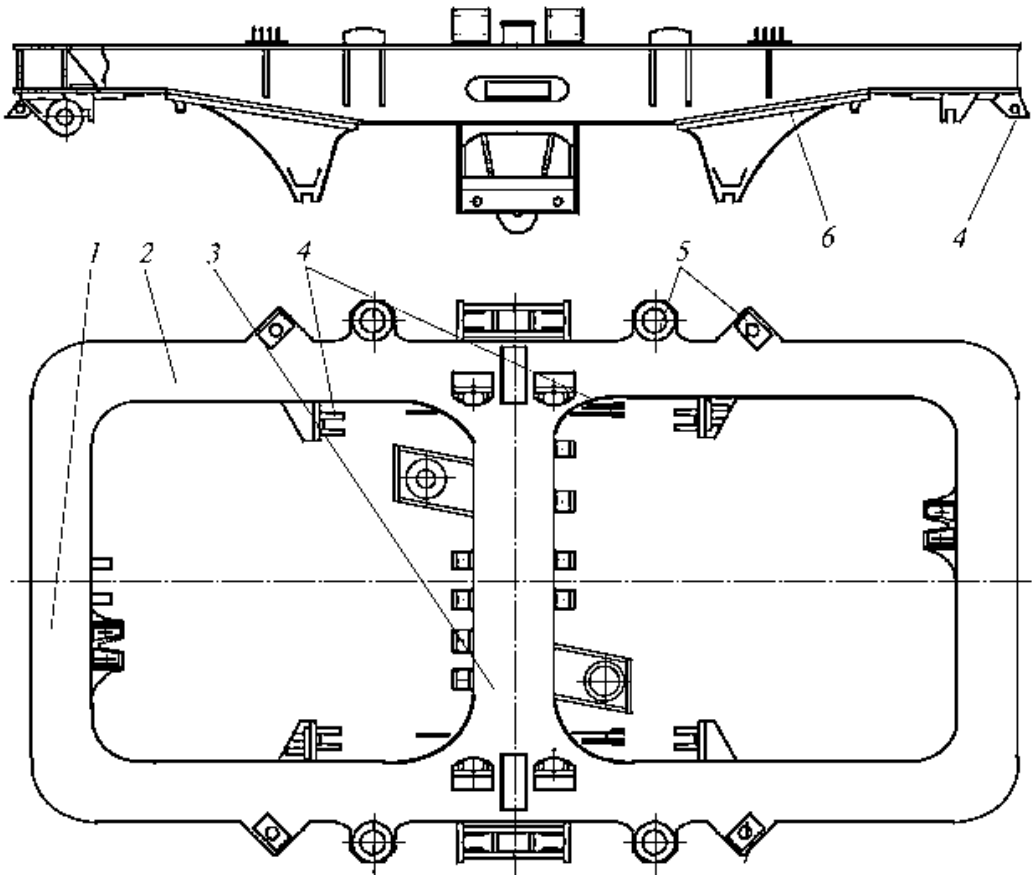


Рис. 2.13. Рама візка електровоза ВЛ65 (ЕП1):
1 – кінцева поперечна балка; *2* – боковина; *3* – середня поперечна балка; *4*, *5* – кронштейни кріплення гальмівного обладнання та елементів другого ступеня ресорного підвішування; *6* – кронштейн буксових вузлів

Поздовжні балки називають боковинами *2*, поперечні – підрозділяють на кінцеві *1* і середні *3*. До нижніх полиць поздовжніх балок приварені кронштейни *6* для букс і встановлення елементів першого ступеня ресорного підвішування. Крім того, до рами візка приварюють кронштейни кріплення гальмівного обладнання *4* і елементів другого ступеня ресорного підвішування *5*.

Кінцеві і середня поперечні балки мають постійний перетин, а боковини – змінний внаслідок наявності перехідних ділянок рами від кінцевої частини боковини до середньої. У середній частині рама візка посилена накладкою.

На електровозах ВЛ85, ВЛ65 і ЕП1 (ЕП1М) передача сил тяги здійснюється за допомогою похилих тяг, які одночасно сприяють рівномірному розподілу статичного навантаження на колісну пару при реалізації сил тяги та гальмування. Це дозволило відмовитися від литої середньої поперечної балки, а зварити її з окремих листів з плавним переходом до поздовжніх балок. Така конструкція забезпечує зниження концентрації напружень в цьому місці до прийнятного рівня.

Рама візка моторного вагона електропоїзда ЕР2 (рис. 2.14) штампозварної конструкції має в плані *Н*-подібну форму. Рама складається з двох поздовжніх балок, двох поперечних балок і чотирьох литих кінцевих балок.

Поздовжня балка зварена з двох штампованих швелерів товщиною стінки 12 мм і посилена в середній частині зверху і знизу сталевими накладками. До поздовжніх балок приварені кронштейни, призначені для кріплення гальмових циліндрів, деталей і вузлів важільної гальмівної передачі, центрального підвішування, гідравлічних і фрикційних гасителів. Крім того, на кронштейнах розташовані литі буксові напрямні (щелепи), на яких змонтовані знімні наличники з антифрикційного чавуну, що володіє найменшою схильністю до заїдання і високим опором зносу. У середній частині рами проти місць приварювання поперечних балок уварені сталеві литі гільзи, крізь які пропущені підвіски центрального підвішування. Кінці подовжніх балок закриті привареними до них сталевими литими кінцевими балками, до яких кріплять кронштейни для підвіски гальмових башмаків.

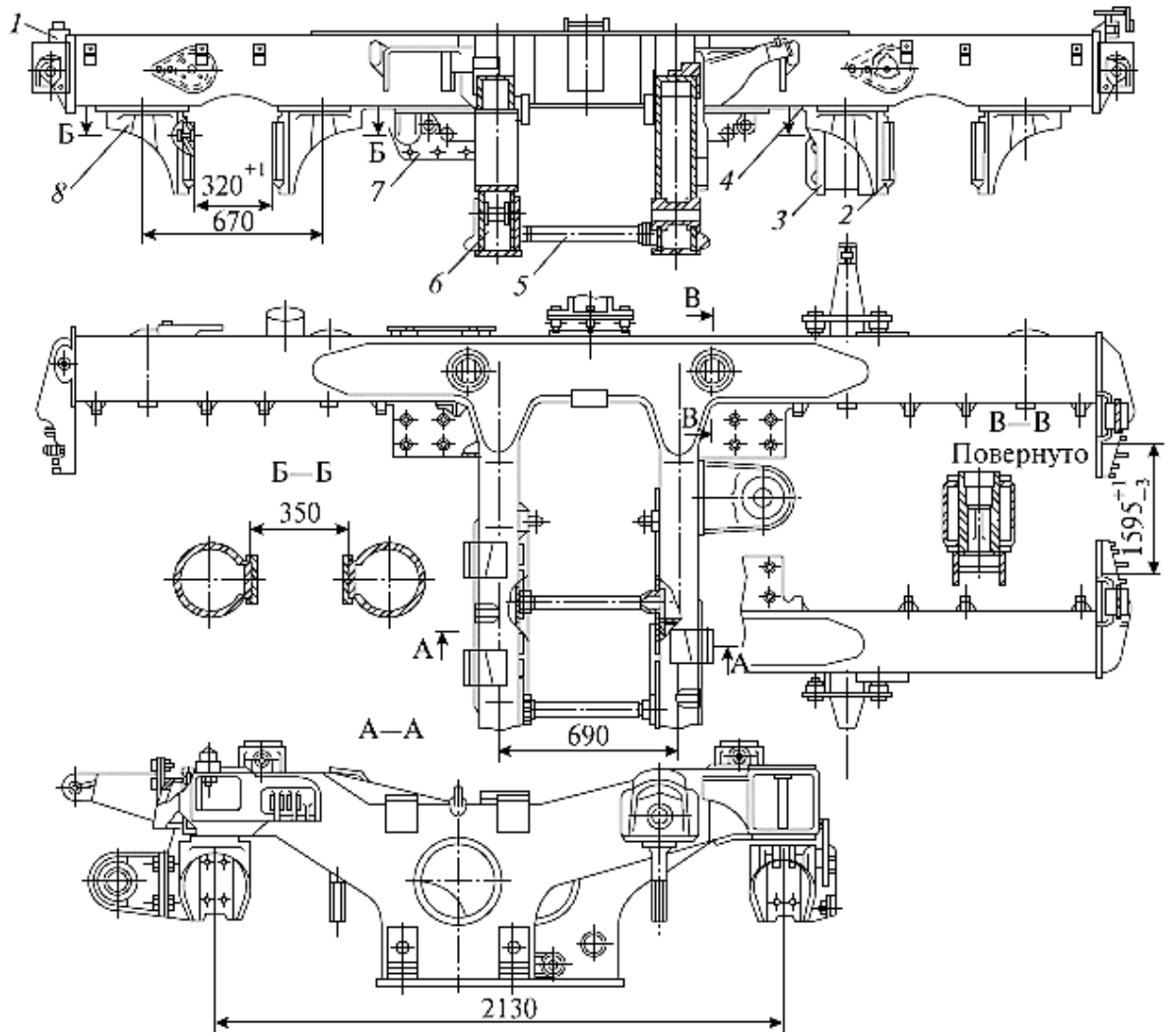


Рис. 2.14. Рама візка моторного вагона електропоїзда ЕР2:
1 – наличник буксової напрямної; *2*, *3* – буксові напрямні; *4* – плита гальмового циліндра; *5* – кронштейн підвіски гальмової траверси; *6* – основа фрикційного гасителя коливань; *7* – сталева гільза; *8* – кронштейн повідкового гумометалевого гасителя

Поперечна балка зварена з двох штампованих елементів товщиною 10 мм, що мають складну конфігурацію, обумовлену тим, що до цієї балки кріплять тяговий двигун і підвішують редуктор. Для кріплення двигуна в нижній частині балки приварені литі опори, а зверху – упори для клинів, якими притягують припливи двигуна. На правій стороні до поперечної балки приварений сталевий литий кронштейн, призначений для підвіски редуктора. Між поперечними балками внизу встановлені розпірки, що забезпечують необхідну жорсткість. З’єднання

поперечних балок з поздовжніми – зварне; місця з'єднання посилені верхніми і нижніми накладками із сталевого листа товщиною 12 мм.

Рама візка моторного вагона електропоїзда ЕР2^{Т} (ЕД) (рис. 2.15) в основному аналогічна рамі візка моторного вагона електропоїзда ЕР2. Вона також складається з двох поздовжніх і двох поперечних балок, всі з'єднання яких виконано зварюванням.

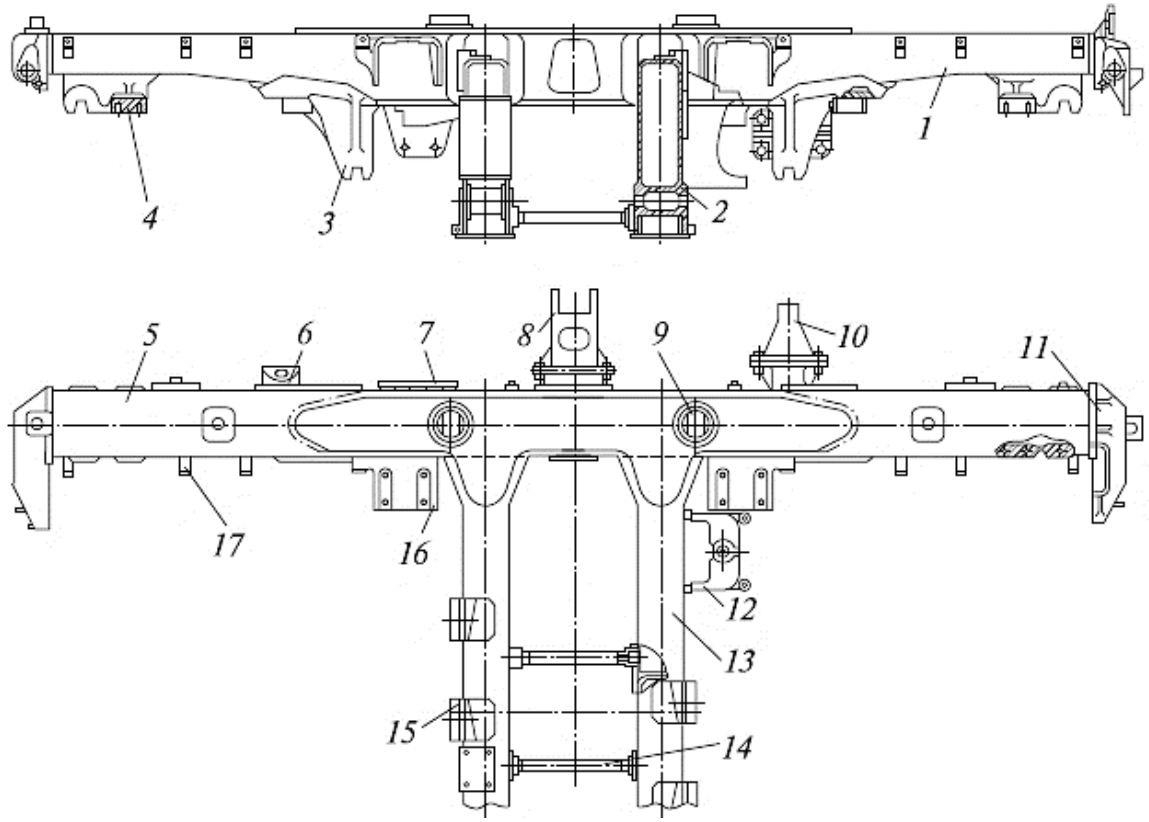


Рис. 2.15. Рама візка моторного вагона електропоїзда ЕР2^{Т} (ЕД): *1* – поздовжня балка; *2* – опора ТЕД; *3*, *4* – кронштейни кріплення буксових повідків; *5* – поздовжня балка; *6*, *16*, *17* – кронштейни підвіски деталей важільної гальмівної передачі; *7* – плита гальмового циліндра; *8* – кронштейн гідрогасителя; *9* – отвір підвіски центрального підвішування; *10* – кронштейн повідкового гасителя; *11* – кінцева балка; *12* – кронштейн підвіски редуктора; *13* – поперечна балка; *14* – розпірка; *15* – кронштейн

Поздовжні балки рами мають змінний перетин з плавним переходом від товстої середньої частини до більш тонких кінцевих частин. Буксові напрямні відсутні, але замість них

приварені сталеві литі кронштейни для кріплення повідків букс *3*, *4*. До поздовжніх балок приварені кінцеві балки і кронштейни для кріплення деталей важільної гальмівної передачі і гасителів коливань. Поперечні балки рами, товщина стінок поздовжніх і поперечних балок, а також накладок, що підсилюють стики візка електропоїзда ЕР2^{Т}, такі ж, як і у рами візка електропоїзда ЕР2.

Рама візка причіпного вагона електропоїзда ЕР2 штампо-зварної конструкції складається з двох поздовжніх і двох поперечних балок і має в плані *Н*-подібну форму. Поздовжні балки зварені з двох швелерів і посилені зверху і знизу накладками з листової сталі товщиною 14 мм. По кінцях поздовжніх балок до нижніх площин приварені фланці, до яких болтами кріплять шпінтони надбуксового ресорного підвішування.

У середній частині поздовжньої балки зроблені отвори для підвісок центрального підвішування і зверху під валики підвісок встановлені підсилюючі накладки. До торцевої частини поздовжніх балок приварені кінцеві балки, до яких кріплять кронштейни для підвіски гальмових башмаків. До поздовжніх балок також приварені кронштейни для установлення гідравлічних і повідкових гасителів. Поперечні балки мають коробчатий перетин і зварені з листової сталі. Товщина вертикальних елементів 8 мм, горизонтальних – 10 мм. З'єднання поперечних балок з поздовжніми виконано зварним, посиленим накладками. До поперечних балок приварені бічні ковзуни центрального підвішування, а до поздовжніх балок рам візків головних вагонів з боку кабіни машиніста прикріплені горизонтальні бруси для підвішування на косинцях приймальних котушок локомотивної сигналізації.

Рама візка причіпного вагона електропоїзда ЕР2^{Т} (ЕД) за конструкцією не відрізняється від рами візка причіпного вагона електропоїзда ЕР2 (ЕР9).

2.2.4. Конструктивні особливості рам візків

Брускові рами застосовувалися на перших шестивісних магістральних електровозах ВЛ19, ВЛ22, ВЛ23. Боковина рами

являє собою або виливку прямокутного перетину (вони дешевші, але менш міцні), або заготовку з прокату. Розмір поперечного перерізу виливки 100×150 мм. Передня кінцева балка таких рам називається упряжним брусом і виконується досить великої ширини, в ній розташовується автозчеплення. Задня балка, звана брусом зчленування, включає в себе пристрій для зчленування візків електровоза. Складання рами здійснюється за допомогою болтів або зварюванням.

Брускові рами забезпечують високе використання матеріалу, створюючи великий опір вигину у вертикальній площині, а значна їх товщина – необхідну жорсткість при згині в горизонтальній площині. Зусилля, що діють в ресорному підвішуванні, передаються на боковину в її середній площині, не викликаючи кручення, що є перевагою брускових рам.

Візки з брусковими рамами і передачею тягового зусилля безпосередньо (не через раму кузова) на автозчеплення поїзда мають серйозний недолік – велика вага (8500÷8900 кг) і в сучасному ЕРС не застосовуються.

Литі рами виготовляються з усіма необхідними кронштейнами і отворами, не вимагають додаткової обробки і мають меншу вагу в порівнянні з брусковими. Виробництво таких рам широко поширене в США.

Боковини і поперечні балки мають коробчатий перетин. У місцях розташування ресор передбачені отвори в боковинах для установлення всередині коробки ресор, а знизу – отвори для передачі навантаження через пружини на букси колісних пар.

Литі рами були застосовані на електровозах ВЛ8 (рис. 2.16). На них так само, як і на електровозах з брусковими рамами, тягові і гальмівні зусилля передаються колісною парою на раму за допомогою щелепної букси і через зчленування рами візків на автозчеплення, що знаходиться на рамі візка.

До недоліків цих рам відносяться великі затрати праці на виготовлення ливарних форм і високі вимоги до якості лиття. Відкриті перетини боковин над буксами, обумовлені прийнятим ресорним підвішуванням, погано працюють на крутіння, і в місцях переходу боковини від замкнутого перетину у відкритий створюється сильна концентрація напружень. До того ж рама неремонтопридатна. У процесі виготовлення в ній можуть

з’явитися раковини і великі концентрації напружень. Вага литої рами складає 5600÷5900 кг.

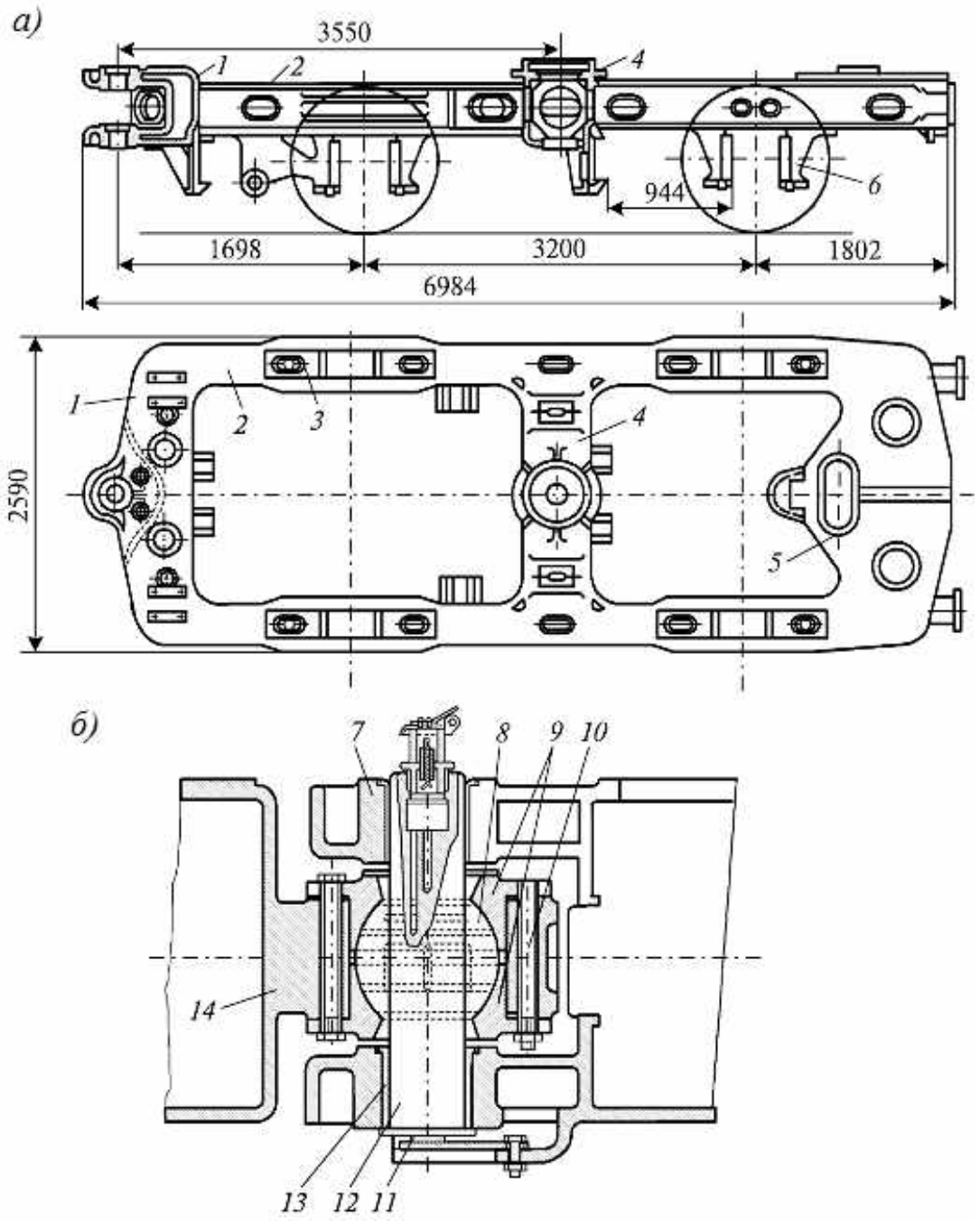


Рис. 2.16. Лита рама (*а*) електровоза ВЛ8 і вузол міжвізкового зчленування (*б*) електровоза ВЛ22^{М}:
1 – брус зчленування; *2* – боковина; *3* – місце для установлення ресор; *4* – шворневий брус; *5* – упряжний брус; *6* – напрямні стояки для букси; *7* – вилка; *8* – кульовий вкладиш; *9* – два охоплюючих фасонних вкладиші; *10* – болти; *11* – упор шворня; *12* – шворінь; *13* – втулка; *14* – сережка іншого візка

Перевага ***суцільнолитих рам***, крім великої жорсткості в горизонтальній площині і найбільш повного використання матеріалу (без втрат на обробку), полягає в тому, що верхня оболонка і шар кремнозему, що залишилися від ливарної форми, захищають раму від корозії.

Зварні рами. У локомотиво- і вагонобудуванні поширені зварні рами візків з замкнутих тонкостінних профілів. Такі рами мають малу вагу, що особливо важливо при високих швидкостях руху. Оскільки вони працюють при змінному навантаженні, викликаному коливаннями надресорної будови та проходженням колесами нерівностей рейкової колії, для них особливо небезпечна у відношенні втомної міцності концентрація напруження в зварних швах.

Боковини і поперечні балки піддаються великим зусиллям вигину у вертикальному напрямку в порівнянні з горизонтальним. Осередками концепції напруги в цих місцях є зварні шви. Тому, щоб уникнути концентрації напруження, не можна допускати поперечних зварних швів на горизонтальних листах боковин і поперечних балок, наприклад, при накладенні накладок.

До технологічних заходів, що сприяють зменшенню залишкових напружень при зварюванні, відносяться рівномірний розподіл температур в процесі зварювання і правильна послідовність накладення швів.

Для зняття в рамі залишкових напружень велике значення має термічна обробка, що включає нагрівання до 650÷660 °С в печі з початковою температурою 150 °С і з підвищенням її на 30÷50 °С за 1 год, витримку з температурою 650 °С протягом 4 год і подальше охолодження до 150 °С разом з піччю з пониженням температури на 30÷50 °С протягом 1 години. Однак напруження, що виникає у місцях різкої зміни перетину, термообробкою не знімається.

Механічна обробка зварних зразків, шліфування і наклеп підвищують їх межі витривалості майже до рівня межі витривалості основного металу, причому в цьому випадку відпуск і нормалізація практично не змінюють витривалості цих зразків і навіть можуть знизити її, у порівнянні з рамами з штампованих профілів, внаслідок гіршого використання

матеріалу. Рами з штампованих половин або чотирьох листів набули широкого застосування; до того ж перетини, складені з штампованих профілів, тобто з округлими краями, мають найменшу концентрацію напружень по шву. Можливість появи таких рам обумовлена тим, що при здійсненні переходу на незчленовані візки автозчеплення було перенесено на раму кузова. Рами такого типу мають електровози ВЛ80, ВЛ65, ВЛ10, ЕП1 і т. д. Рами мають зварну конструкцію, що дозволяє механізувати процес їх виготовлення, полегшити вагу в порівнянні з іншими візками при тій самій міцності. До недоліків відноситься наявність зварних швів, що вимагає додаткової обробки. На сучасному високошвидкісному рухомому складі набули застосування *Н*-подібні візки.

У зв’язку з підвищенням швидкості руху рами повинні виконуватися легшими, для чого перетин їх елементів необхідно вибирати з розумно мінімальним запасом.

На рис. 2.17 показані конструкції балок з порожнистим коробчатим перетином, які виготовляються:

- зі стандартних прокатних профілів зварюванням (рис. 2.17, *а*);
- з двох штампованих профілів (рис. 2.17, *б*);
- з окремих листів (рис. 2.17, *в*);
- з верхньої штампованої коробки і трьох окремих листів.

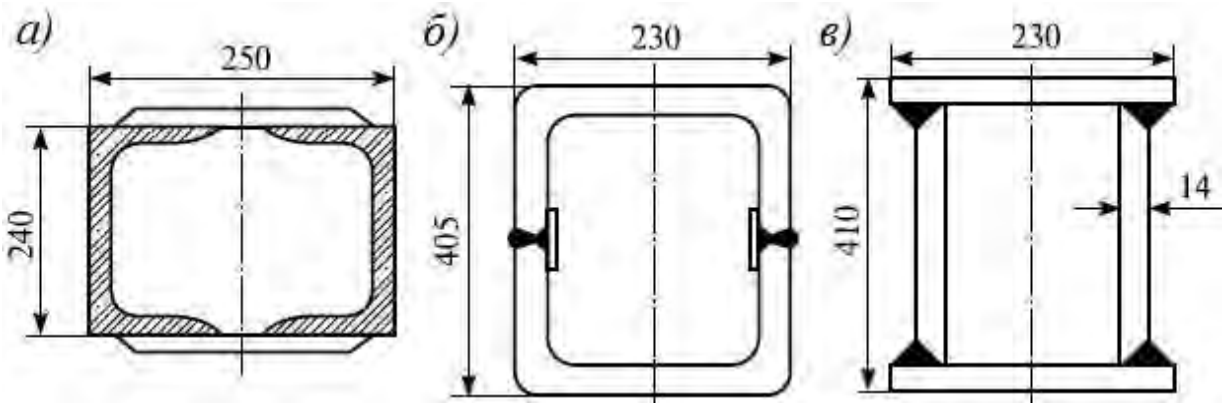


Рис. 2.17. Поперечні перерізи поздовжніх балок зварних рам візків

Питання для самоконтролю

1. Яке призначення рам візків?
2. Як класифікуються рами візків?
3. Назвіть всі варіанти конструктивного виконання рам візка.
4. Які особливості конструкції брускових рам візків, їх переваги та недоліки?
5. Які особливості конструкції литих рам візків, їх переваги та недоліки?
6. Які особливості конструкції зварних рам візків, їх переваги та недоліки?
7. На якому електрорухомому складі застосовують шворневі і безшворневі візки?

2.3. ВУЗЛИ ЗВ’ЯЗКУ КУЗОВА І ВІЗКІВ

2.3.1. Загальні положення та класифікація вузлів

Зв’язки кузова з візками призначені для передачі всіх видів зусиль від рами кузова до візків: у напрямку трьох осей координат *X*, *Y*, *Z* (горизонтальних поздовжніх, поперечних і вертикальних), а також навколо цих осей (бокове качання, галопування, виляння). Всі відповідні сили потребують пристроїв, що здійснюють зв’язок між кузовом і візком [47].

До частки пристроїв, що забезпечують зв’язок кузова з візком, ставляться дуже різноманітні вимоги, пов’язані з різним характером діючих сил. З’єднання кузова з візком може бути здійснено різним чином. Площини кузова і візків повинні бути пов’язані між собою по шести координатах (рис. 2.18).

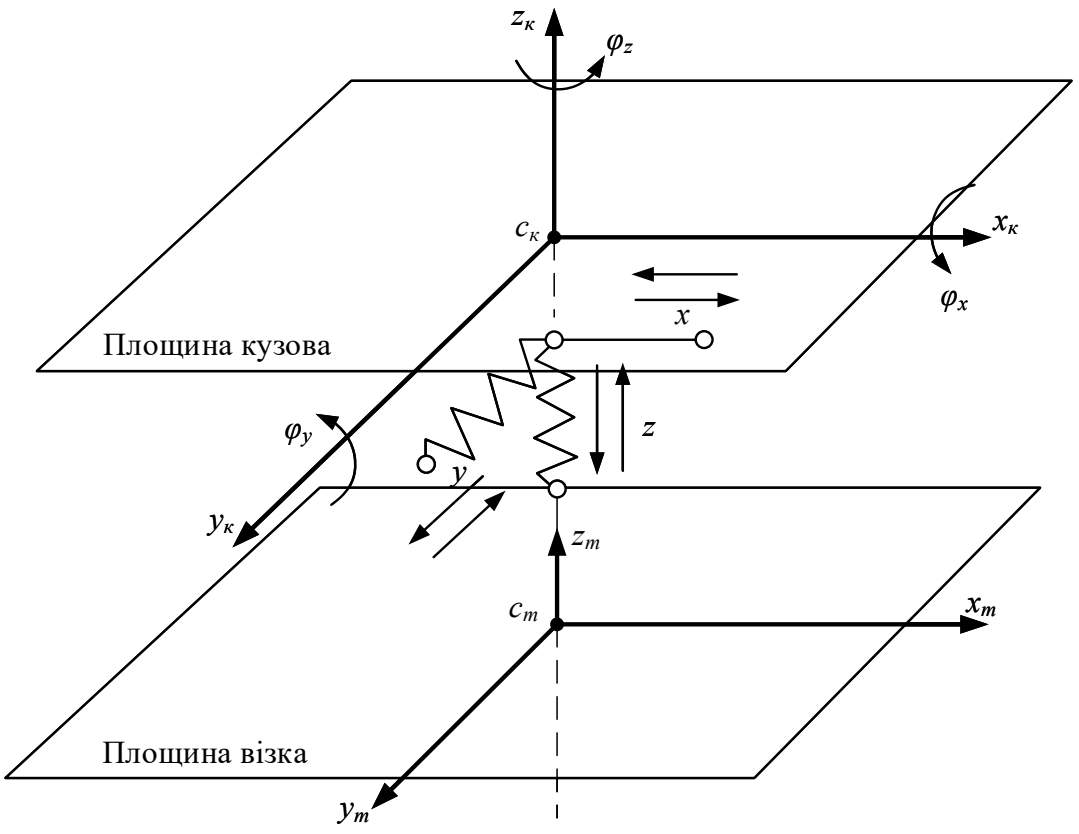


Рис. 2.18. Схема зв’язків кузова з візком по різних координатах

Зв’язок по координаті *X* (поздовжня) показаний у вигляді жорсткого стрижня. З цієї координати передаються сили тяги і

гальмування від візка до кузова (сили уздовж шляху). Зв'язки за координатами Y (бічна) і Z (вертикальна) показані у вигляді пружних елементів. Координати, що характеризують кути повороту кузова щодо осей, позначені як φ_x, φ_y, φ_z.

Класифікація основних типів зв'язків наведена в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Класифікація основних типів зв'язків кузова і візка

Тип вузла	Приклади застосування	Позначення	Елементи вузлів і характер зв'язку за координатами (до рис. 2.18)					
			x	y	z	φ_x	φ_y	φ_z
Плоска циліндрична опора	ВЛ8, ВЛ19, ВЛ22, ВЛ23	Елемент	Плоска циліндрична поворотна опора					
		Зв'язок	Жорстка					
Маятникова опора	ВЛ60, ТЕП60	Елемент	Гумові конуси	Пружинний повертальний механізм	Гумові конуси	Бічні опори	Гумові конуси	Пружинний повертальний механізм
		Зв'язок	Пружний, висока жорсткість	Пружний з попереднім натягом	Пружний, висока жорсткість	Пружний	Пружний, висока жорсткість	Пружній з попереднім натягом
Колискова підвіска	ВЛ80^{В}, ВЛ10, ВЛ15, ВЛ85, ЕП1	Елемент	Шворінь або похила тяга	Колисковий механізм	Пружини колискових підвісок			Ковзуни або гасителі
		Зв'язок	Жорсткий	Квазіпружний	Пружний			Фрикційний
Пружинний повертальний пристрій шкворня	ВЛ80, ВЛ80^{К}	Елемент	Шворінь	Повертальний механізм	Пружина			Ковзуни
		Зв'язок	Жорсткий	Пружний				Фрикційний
Пружини «Флексикойл»	ТГ16, ТЕП70, ЕД6, 2ЕС5К, 2ЕС4К	Елемент	Похила тяга	Кручені циліндричні пружини				
		Зв'язок	Жорсткий	Пружний				
Пневморесори	ЕР200	Елемент	Похила тяга	Пневмобалони, що працюють при складному навантаженні				
		Зв'язок	Жорсткий	Пружний				
Гумометалеві опори	ВЛ8 (модернізація)	Елемент	Шворінь	Гумометалеві опори, що працюють при складному навантаженні				
		Зв'язок	Жорсткий	Пружний				

Можливі ***три підходи до реалізації вузлів з'єднань*** (зв'язків) ***кузова з візком***:

- багатоцільове використання одного і того самого елемента для здійснення зв'язків з багатьох координат; в цьому випадку вузол відрізняється простотою, його маса невелика, але досягти оптимальних характеристик зв'язку по всіх координатах не вдається;
- виділення для зв'язків по кожній з координат окремого пристрою, що володіє оптимальними для даного конкретного випадку характеристиками. При цьому конструкція виходить більш складною;
- комбінація двох перших варіантів з переважанням того чи іншого в залежності від конкретних вимог, що пропонуються до рухомого складу.

2.3.2. Вузол зв'язку з циліндричною п'ятою

Циліндричну п'яту на електровозі ВЛ8 показано на рис. 2.19 ліворуч. Візки цього локомотива пов'язані між собою і при відносних поворотах візків відстань між їх п'ятами буде змінюватись. Тому друга п'ята (праворуч) має зазори в поздовжньому напрямку.

З урахуванням повертання візка навколо осі *X* передбачені жорсткі обмежувачі (*11*, *12*, *13*), а для обмеження повертання навколо осі *Y* передбачені додаткові опори рами кузова на упряжні бруси (*1*, *2*, *3*).

Більш прогресивною є сферична форма п'яти, але вона не здатна гасити енергію кутових переміщень. До речі, в конструкції візка на рис. 2.19 ковзун *3* гасить енергію виляння візка. Окрім того, з боку пристроїв потрібні стабілізуючі дії, що повертали б візок до прийнятного стану.

Продовжуючи тему з п'ятою, слід зазначити, що п'ята здатна сприймати бокову (відцентрову) силу з боку кузова, але не має можливості створити ефективний протидіючий момент, що повертав би кузов при зменшенні цієї сили. Так виникає потреба в бокових пружних опорах.

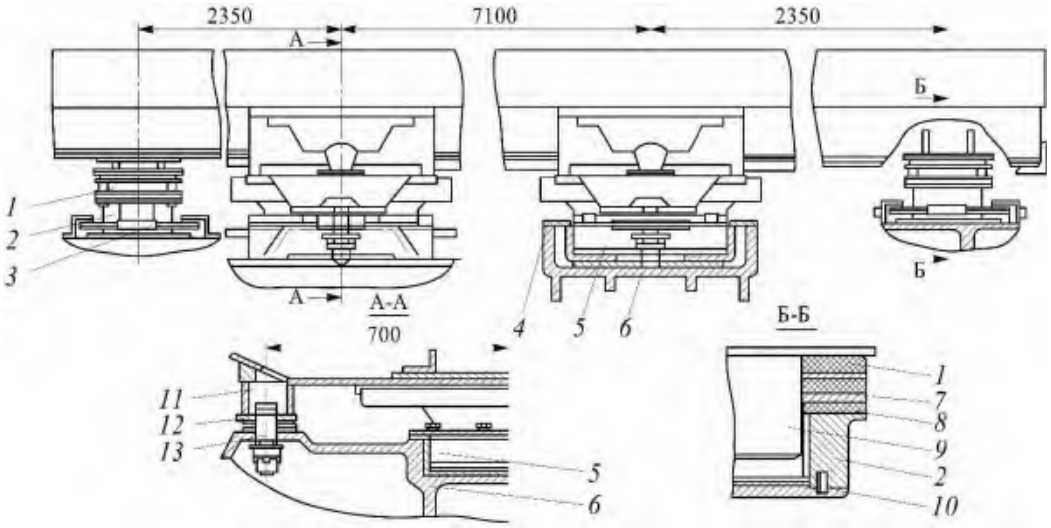


Рис. 2.19. Основні і додаткові опори кузова

2.3.3. Вузол з кульовим зв’язком і повертальним пристроєм

Розглянемо пружний зв’язок кузова і візка з використанням центрального шворня з поперечним переміщенням і пружинного механізму повертання (навантаження кузова передається через спеціальні опори). Таку конструкцію мають електровози ВЛ10 і ВЛ80^{К} (рис. 2.20) [71, 76].

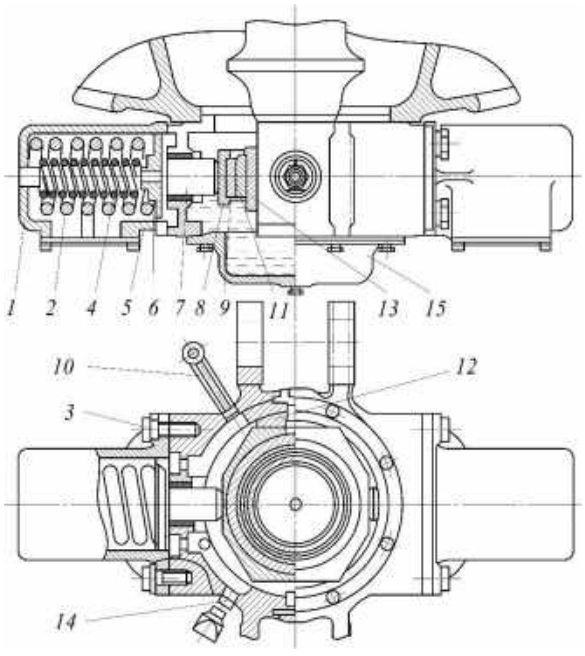


Рис. 2.20. Кульовий зв’язок з повертальним пристроєм

Шворінь верхньою частиною запресований в кузов. Шліфована і загартована робоча частина його входить в латунну втулку, запресовану в кульовому вкладиші *13*. Кульовий вкладиш забезпечує нахил рами візка відносно рами. У свою чергу вкладиш може повертатися в кільці *11*, що кільцем *9* закріплений у камені *8*. Останній має можливість пересуватися на 30 мм в поперечному напрямку в сегментних упорах. При цьому товкач *7* за допомогою обойми стискує пружини *2* і *4*. Пружини мають попередній натяг.

2.3.4. Бічні опори

Вертикальне навантаження електровозів ВЛ10 і ВЛ80^{К} сприймають пружні бічні опори, що спираються на боковини рами візка (рис. 2.21). Стакани *5* приварені до рами кузова безпосередньо над боковинами рами візка. Внутрішні стакани *7* прикріплені до них болтами. Поверхні тертя стаканів *6* і *7* оснащені зносостійкими втулками. Між опорними фланцями стаканів встановлені пружини. Стакан *6* в нижній частині має виступ зі сферичною загартованою поверхнею. Ця поверхня служить опорою на ковзуні *2*, що знаходиться у масляній ванні. Поперечне качання (галопування) обмежується упором *10*. При горизонтальних переміщеннях візка щодо кузова внаслідок ковзання опор кузова по рамі візка з’являються сили тертя, які діють як гасителі.

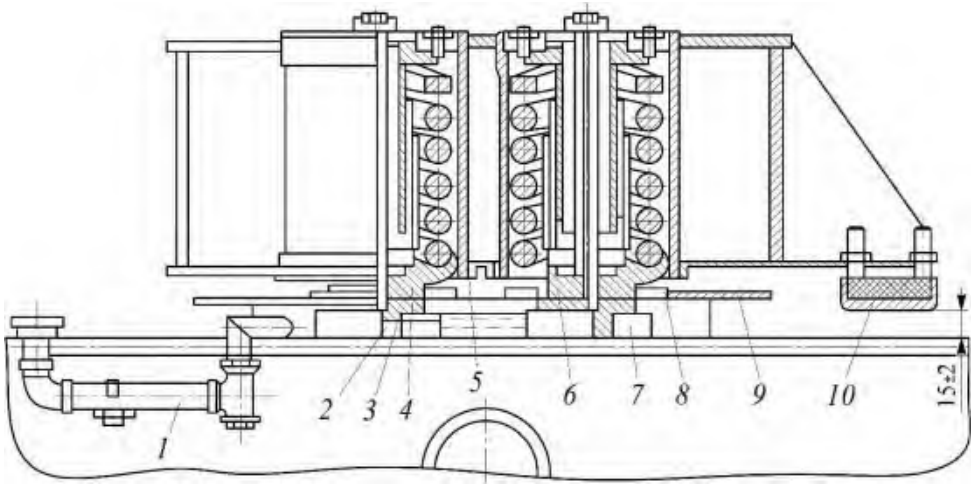


Рис. 2.21. Бічні опори

2.3.5. Маятникова опора з поворотним пристроєм

Для пружного зв’язку кузова і візка набули поширення, наприклад на електровозі ВЛ60, центральні маятникові опори з пружинними поворотними пристроями (рис. 2.22).

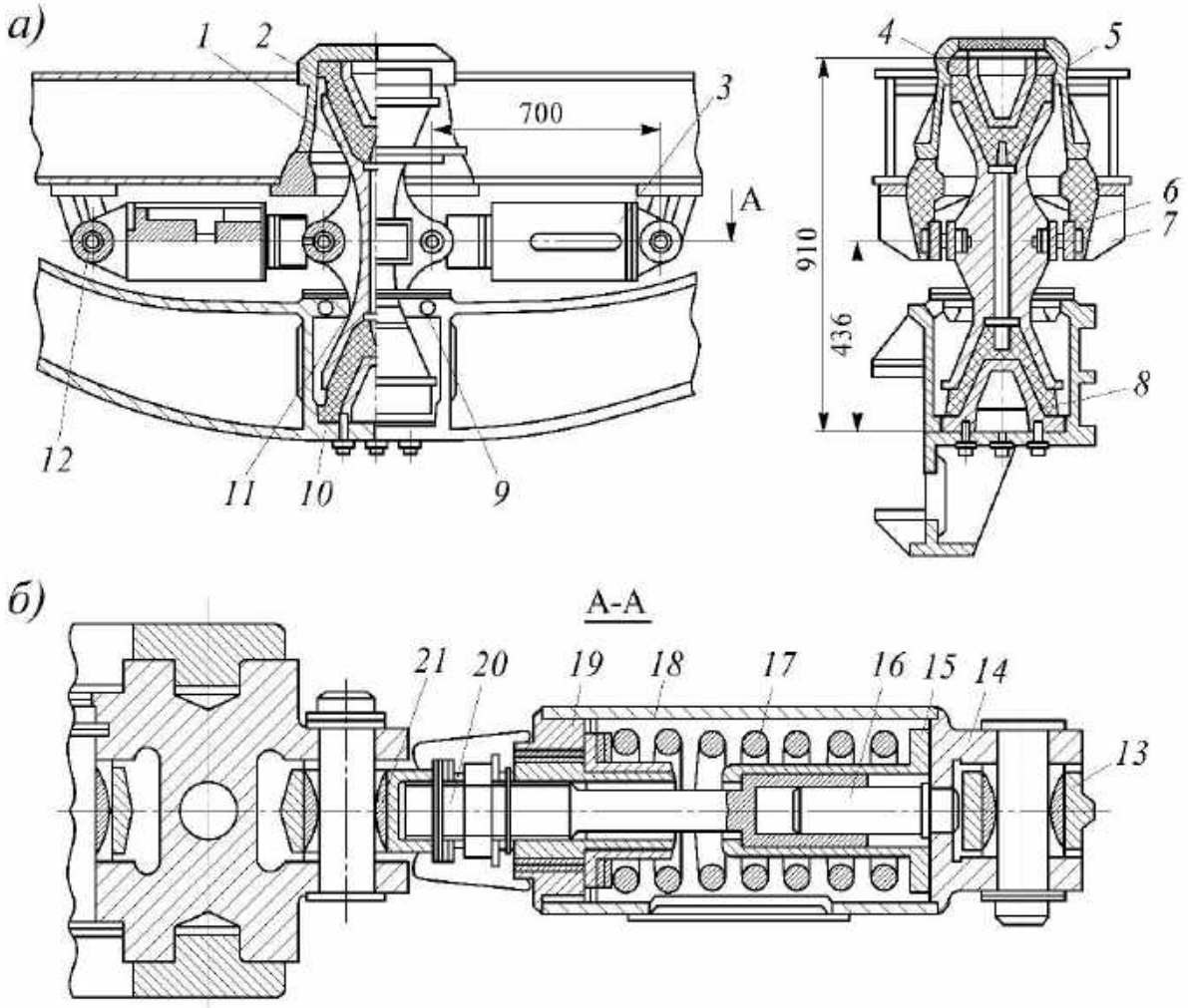


Рис. 2.22. Маятникова опора з поворотним пристроєм

Стрижень *1* має на кінцях порожнисті конуси, куди вставляються гумові конуси *10*. У поперечній балці рами візка є поглиблення (гніздо), в якому закріплений конус *8* з регулювальними прокладками *10*. Такий самий конус встановлений в стакані *2* на рамі кузова. Поперечна стійкість при поперечному переміщенні візка щодо кузова забезпечується силами пружинних механізмів *3*. Останні за допомогою валиків одним кінцем зв’язані з кронштейнами *12* рам кузова, а іншим – з провушинами маятника.

Пружини *17* обох пружинних пристроїв при поперечному зміщенні одночасно працюють на стиснення. Корпус *18*, в якому вони знаходяться, заповнений мастилом. Зауважимо, що маятникова опора жорстко передає тягові і інерційні зусилля при гальмуванні. На профільній проекції рис. 2.22 показані жорсткі обмеження для переміщень стрижня в поздовжньому напрямку, які забезпечують кронштейни кузова *7* з накладками *6*.

На рис. 2.23 показані опори, що коливаються. В обох схемах коливання здійснюється стиснутим підпружиненим центральним стрижнем. В схемі *а* навантаження від кузова через стакан, приварений до рами кузова *1*, пружину *2*, внутрішній стакан *4* і стрижень *5* передається на гвинтову пробку *8* кронштейна *7* рами візка.

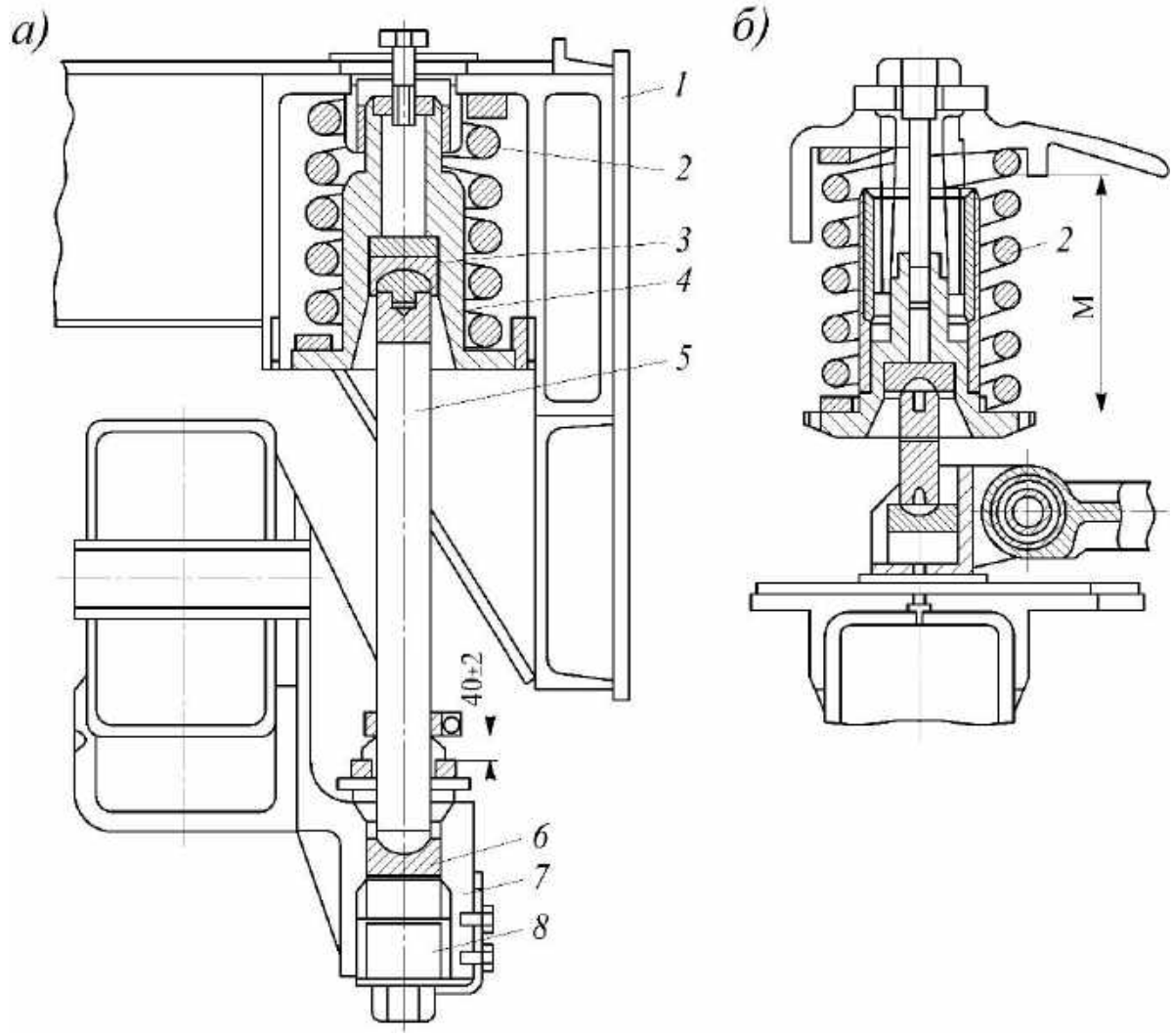


Рис. 2.23. Бічні опори, що коливаються:
а – на перших 170 електровозах ВЛ60; *б* – на наступних випусках

Опора *б*, окрім передачі вертикального навантаження здійснює гасіння енергії візка при його вилянні. Пружини через стрижень тиснуть на ковзун, що переміщається з сухим тертям по наличнику рами візка. Ковзун тягою пов'язаний з рамою кузова, а шарнір тяги оснащений гумометалевими втулками. Відзначимо, що застосування бічних опор за схемою *б* дозволило відмовитись від ковзних опор.

Прийнята для ВЛ60 система маятникових опор не тільки передає на візок навантаження від кузова і забезпечує вільний поперечний зсув та обертання візків щодо кузова в горизонтальній площині, але і є їх жорстким поздовжнім зв'язком.

2.3.6. Колискове підвішування

Для поперечного зв'язку кузова і візків вагонів і електровозів широкого розповсюдження набули колиски.

Як приклад, розглянемо кузов електровоза ВЛ10. Колискове підвішування (рис. 2.24) складається з підвісок, горизонтальних і вертикальних упорів. Підвіска являє собою стрижень *8*, до нижньої частини якого прикладене вертикальне навантаження від кузова. Останній кронштейнами *6* через балансир *5* встановлюють на нижній шарнір колискового підвішування, що утримується на стрижні гайкою *2*.

Вертикальне навантаження через пружину *12* передається на раму візка (кронштейн *9*). Шарніри колискової підвіски забезпечують переміщення кузова щодо візків у горизонтальній площині при віднесенні кузова і повороті візка щодо кузова в кривих. Конструкція колискового підвішування доповнюється обмежувачами поперечного переміщення колиски. Розглянемо їх на прикладі конструкції для електровоза ВЛ15 (рис. 2.25).

Горизонтальний упор (рис. 2.25, перетин А-А) складається з кришки *12*, пружини *11*, корпуса *10* і прокладок *9*, що дозволяють витримувати зазор Б в заданих межах. Корпус і кришка мають у середині зносостійкі втулки.

Вертикальний упор служить для обмеження вертикальних коливань кузова щодо візка і запобігання зімкненню витків

пружин колискових підвісок (рис. 2.25, вузол I). Він складається з фланців *6*, *7* і прокладок *8*, що дозволяють витримувати зазор А в заданих межах. Горизонтальний і вертикальний упори прикріплені до рами візка.

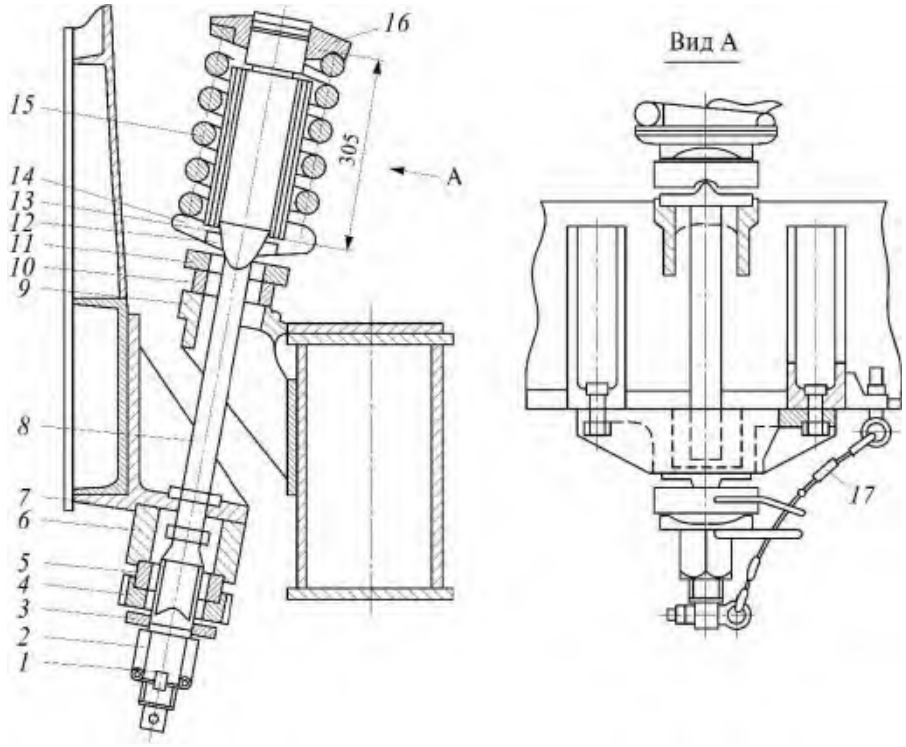


Рис. 2.24. Колискове підвішування електровоза ВЛ10

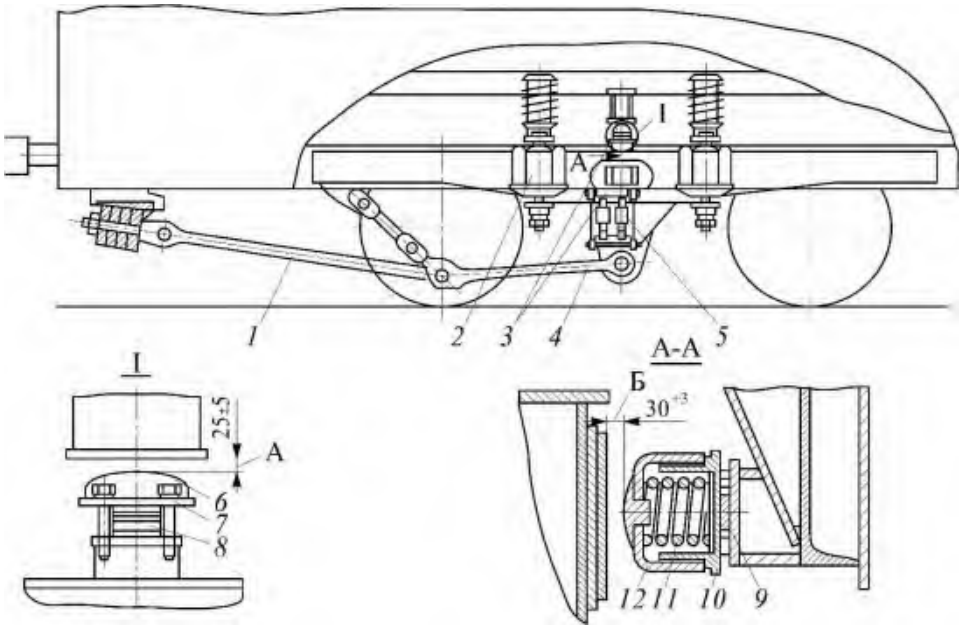


Рис. 2.25. Колискове підвішування електровоза ВЛ15 (крайні візки)

2.3.7. Вузол з'єднання з багатоцільовим використанням пружин

Значна складність конструкцій з колисковим і пружинним повертальними пристроями зумовила пошук можливості багатофункціонального використання елементів зв'язку кузова і візка. В результаті була створена система пружинного підвішування, яка отримала назву «***Флексікойл***» (Flexicoil). Основна конструктивна особливість пружини – велика кількість її витків, що дає їй можливість згинатися у вертикальному і поперечному напрямках. Однак при цьому необхідно враховувати і ту обставину, що використання пружини як пружного елемента, що працює в усіх трьох напрямках, висуває особливі вимоги до вибору матеріалу пружини.

Таке підвішування застосовується на багатьох зарубіжних і вітчизняних локомотивах: на швидкісному електропоїзді TGV (Франція), на тепловозах ТГ16, ТЕП70, ТЕП75, на електровозах ЕП200, ЕП10, 2ЕС5К і 2ЕС4К. Найбільші відносні переміщення опорних точок пружини (рис. 2.26) на візку і кузові виникають при проходженні крутих кривих.

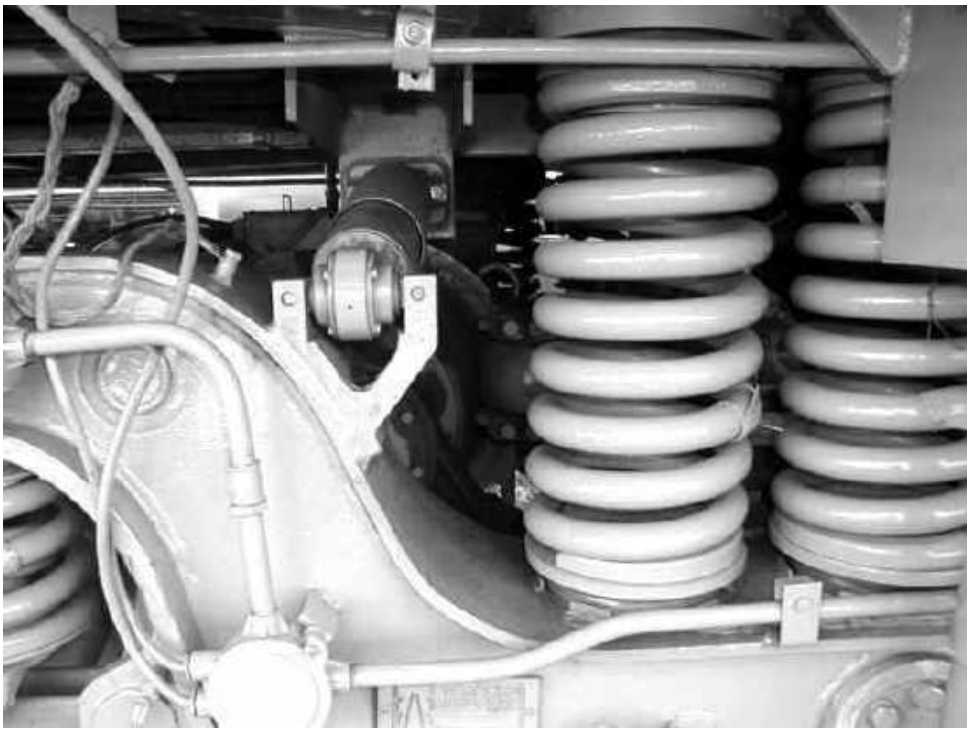


Рис. 2.26. Пружини «Флексікойл» в кузовній ступіні електропоїзда ЕД6

Щоб зняти перевантаження пружин, що виникають при повороті візка в кривій, і знизити пружний відновлюючий момент, створюваний ними, використовуються різні конструктивні рішення. Наприклад, спирають кузов на пружини через гумометалеві блоки *2* (рис. 2.27), що являють собою циліндричні шарніри з осями обертання, перпендикулярними поздовжній осі колії. Шарнірне закріплення верхньої частини пружини *3* забезпечує зниження напружень, а також зменшення поздовжньої жорсткості.

Переваги підвішування цього типу призвели до необхідності створення відповідного пристрою передачі сили тяги від візка на кузов, що отримав назву – ***лінкерний пристрій***. Пристрій забезпечує значну жорсткість в поздовжньому напрямку і малу в поперечному. Шворінь входить в гніздо і з'єднується з рамою візка за допомогою коромисла і двох поздовжніх повідків, що мають на кінцях сайлент-блоки. Між гніздом шворня і коромислом вставлені двошарові циліндричні гумові блоки, необхідні для усунення поверхневого тертя в шарнірних з'єднаннях.

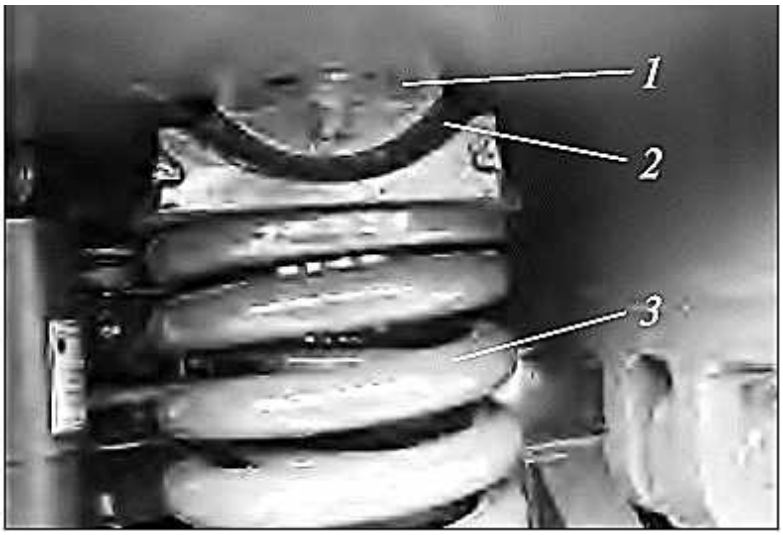


Рис. 2.27. Гумометалева опора пружини

2.3.8. Вузол поздовжнього зв'язку з похилими тягами

Пристрій передачі сили тяги від візка на кузов електровозів ЕП10, 2ЕС5К і 2ЕС4К виконано за допомогою похилих тяг.

Похилі тяги були вперше застосовані на електровозі Sr1, а потім у переробленому вигляді були поширені на електровози серійного виробництва, в тому числі на ВЛ15, ВЛ65, ВЛ85 і ЕП1 (ЕП1^{М}), у яких для передачі вертикальних і поперечних сил застосовується колискове підвішування (на крайніх візках) і стислі пружні стрижні (на середньому).

Похилі тяги служать для передачі поздовжніх сил (тяги і гальмування) і призначені замінити шворневий пристрій. В цьому випадку спрощується конструкція середньої балки візка і виключається значне число елементів тертя.

Головною особливістю системи похилих тяг є виключення значного перерозподілу вертикальних навантажень на окремі колісні пари від дії на візок моментів сил тяги і гальмування. Величина цього перерозподілу отримала назву ***коефіцієнт використання зчіпної ваги***. Перерозподіл вертикальних сил пояснюється появою крутного моменту через розходження висот прикладення до візка сил тяги (на рівні головок рейок) і сил опору руху (рівень кульового шарніра у шворневих локомотивів).

У зв'язку з цим відпадає необхідність у використанні протизавантажувального пристрою (у шворневих локомотивів), який призначений для створення компенсуючої сили, що діє від кузова на раму візка і довантажує передню колісну пару по ходу руху як найбільш розвантажену.

Вузол похилих тяг (рис. 2.28, *а*) складається з тягового пристрою *1*, похилої тяги *2* і буферного пристрою *3*. Тяговий пристрій візків є жорстким продовженням рами візка, призначеним для виносу точки приєднання похилої тяги до рами візка таким чином, щоб вісь тяги проходила через точку перетину вертикальної осі симетрії візка і рейок. Буферний пристрій (рис. 2.28, *б*) призначений для пружного зв'язку похилої тяги *2* з кронштейном кузова *8* електровоза за допомогою гумових шайб *5*. Похила тяга *2* кріпиться шарнірно до вилки *7* за допомогою валика *9*. Гумові шайби *5* стягуються двома фланцями *4* гайкою *3*, яка накручується на нарізну частину вилки *7*. Регулювання пристрою виконується шайбами *6*.

Вузол похилої тяги працює на розтягування і стиснення (залежить від напрямку руху поїзда). Жорсткість з'єднання тяги з кузовом визначається геометричними розмірами гумових

амортизаторів, фланців кронштейна і ступенем їх попереднього стягування. В один шарнірний вузол підбирають гумові амортизатори, твердість яких відрізняється не більше ніж на 3 одиниці за Шором.

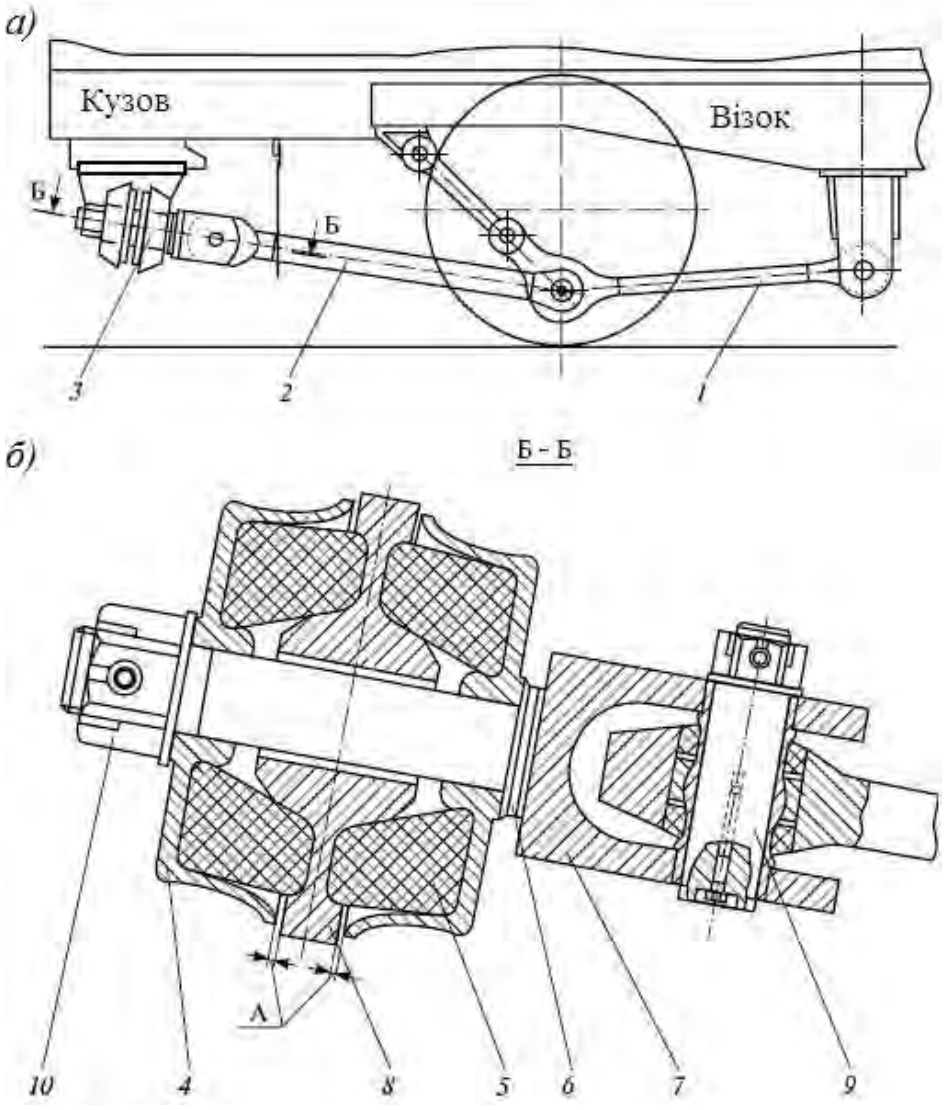


Рис. 2.28. Вузол похилих тяг:
а – загальний вигляд; *б* – буферний пристрій

На електровозах ВЛ85 з № 013 на крайніх і середніх візках встановлено по одній тязі на візок. Для повного використання зчіпної ваги першої секції похила тяга середнього візка спрямована у бік другого кінця секції. На цих самих електровозах до № 013 на середніх візках встановлювалося по дві похилі тяги, що працюють по черзі і тільки на розтяг.

У буферному пристрої кузова зазор А (рис. 2.28, *б*) між фланцем і кронштейном після затягування гумових шайб на електровозах ВЛ85 до № 200 складав ± 10 мм, з № 200 був збільшений до 14±2 мм, а з № 264 – до 18±2 мм. Збільшення зазора виконано для підвищення міцності тягового кронштейна рами візка і поліпшення поздовжньої горизонтальної динаміки електровоза.

2.3.9. Рухомий склад з кузовами, що нахиляються

Основне призначення поїздів, що складаються з вагонів з кузовами, які нахиляються, полягає в тому, щоб з їх допомогою підвищити швидкість руху і скоротити час ходу на звичайних лініях. Вони являють певну альтернативу варіанту будівництва високошвидкісних ліній, розрахованих на обертання спеціального рухомого складу, тому що дозволяють досягти, хоча і не в повному обсязі, аналогічних результатів при значно менших капітальних вкладеннях.

Потяги з вагонів з кузовами, що нахиляються, вперше з'явилися в 1970-х рр. в країнах Західної Європи, де стали застосовуватися для підвищення швидкості руху на лініях з кривими малого радіуса. Технологію нахилу кузовів мали намір використовувати перш за все на поїздах регіонального сполучення. Для підвищення швидкості руху поїздів на основних напрямках мережі був обраний варіант будівництва спеціалізованих високошвидкісних магістралей без кривих малого радіуса, де необхідності в такій технології немає. Однак не відмовилися і від альтернативного рішення – реконструкції діючих ліній під швидкісний рух з використанням рухомого складу, в який інтегрована саме зазначена вище технологія, відповідним чином вдосконалена. Таким чином з'явилися поїзди Talgo Pendular в Іспанії (1980 р.), LRC (модернізований Turbotrain) в Канаді (1982 р.), ETR 450 Pendolino в Італії (1988 р.) і X2000 в Швеції (1990 р.).

Поїзди з вагонів з кузовами, що нахиляються, прагнули впровадити тому, що швидкість руху в кривих обмежена, головним чином, з міркувань комфорту пасажирів, а не

поперечними силами у взаємодії рухомого складу і колії і не ризиком сходження з рейок. В процесі розгляду було виявлено два основні питання:

- яким повинен бути граничний кут нахилу кузова, що залежить від конструктивних особливостей рухомого складу і в чималому ступені від діючих габаритних обмежень;

- який недолік кута підвищення зовнішньої рейки в кривій постійного радіуса можуть витримувати пасажири без неприємних відчуттів і зниження рівня комфорту.

Результати проведених досліджень показали, що можливо підвищення приблизно на 30 % швидкості руху поїздів у кривих за рахунок нахилу кузовів вагонів при виконанні ряду певних умов як з боку колії, так і з боку рухомого складу. При цьому, крім підвищення швидкості руху поїздів і зменшення тривалості поїздки, використання технології нахилу кузовів вагонів у кривих приносить такі економіко-експлуатаційні вигоди:

- скорочення обороту рухомого складу, підвищення коефіцієнта його використання і звідси – можливість зменшення чисельності парку;

- підвищення пропускної спроможності залізничних ліній при прискоренні проходження поїздами блок-ділянок з системою сигналізації;

- зменшення зносу коліс і гальмівних колодок через рідше і менш інтенсивне гальмування;

- зменшення споживання енергії на тягу поїздів завдяки зменшенню числа розгонів.

Впровадження технології нахилу кузовів вагонів впливає не тільки на конструкцію і технічні характеристики рухомого складу, а й на всю залізничну інфраструктуру: колію, штучні споруди, системи сигналізації та керування рухом поїздів.

Механізми нахилу кузовів. Нахил кузова може бути досягнутий застосуванням механізмів чотирьох видів:

- перший механізм так званого маятникового типу передбачає можливість пасивного нахилу. При цьому поздовжня вісь обертання кузова вагона знаходиться у верхній його частині, практично під дахом, куди виведені вузли спирання кузова на пружини другого ступеня ресорного підвішування. В результаті центр ваги кузова знаходиться значно нижче осі його

поздовжнього обертання, і кузов при русі вагона в кривій природним чином нахиляється у бік зовнішньої рейки під дією відцентрових сил;

- принцип дії механізмів другого роду заснований на активному управлінні другим ступенем ресорного підвішування. За одним із запропонованих рішень, придатність якого досліджена на залізницях Європи і Японії, нахил кузова здійснювався роздільним регулюванням тиску повітря в пневматичних балонах з різних боків вагона;

- основу механізмів третього роду становить шворнева балка, що нахиляється, необхідний поворот якої відносно поздовжньої осі вагона досягається використанням або пари похилих коливальних тяг, або опорно-роликової балки, що має конфігурацію дуги кола. Важливою відмінною рисою такого пристрою є об'єднання в єдиний вузол шворневої балки та другого ступеня ресорного підвішування;

- у механізмах четвертого роду шворнева балка, що нахиляється, розташована під другим ступенем ресорного підвішування.

Керування нахилом. Керування нахилом кузовів вагонів під час руху поїздів у кривих пов'язано зі складним процесом обробки сигналів, одержуваних від відповідних датчиків. В ідеальному випадку кут нахилу кузова при вході ЕРС в криву повинен поступово зростати відповідно до збільшення величин поперечних прискорень і кута підвищення зовнішньої рейки.

У більшості сучасних систем керування нахилом використаний принцип випереджального спрацьовування. При цьому сигнал, що визначає кут нахилу кузовів усіх вагонів, надходить від датчика прискорень, змонтованого на передньому за напрямком руху поїзда візку першого вагона. Таке рішення запобігає запізнюванню початку роботи механізмів нахилу кузовів наступних вагонів.

У керувальних контролерах деяких типів пристроїв застосовані високочутливі гіроскопи, що прискорюють реакцію системи.

Разом з тим все більший інтерес проявляється до комп'ютеризованих систем керування нахилом, які отримують сигнали від бази даних, що містить інформацію про план і

профілі колії і синхронізована з рухом поїзда. Виконавчі механізми нахилу виконуються з різним типом приводу. Раніше переважав пневматичний привод, потім стандартним став гідравлічний як більш швидкодіючий. Експерименти останнього часу, проведені зокрема у Великобританії та Швейцарії, показали переваги електричного приводу.

Електричні серводвигуни отримують сигнал від напівпровідникової апаратури системи керування, а перетворення обертання ротора в поступальне переміщення робочих органів механізму нахилу здійснюється за допомогою високоефективних редукторів типу гвинт - роликова (або кулькова) гайка.

Хоча електричний привод не такий компактний і зручний для монтажу, як гідравлічний, він володіє істотними перевагами, які обумовлюють його застосування на новітньому рухомому складі з кузовами, що нахиляються.

Наведені нижче приклади наочно ілюструють доцільність застосування поїздів з кузовами, що нахиляються:

- у Швеції час прямування поїздів за маршрутом Стокгольм - Гетеборг після введення в експлуатацію поїздів X2000 скорочено на 22 % (з 3 год 45 хв до 2 год 55 хв);

- в Німеччині введення в експлуатацію поїздів VT610 дозволило підвищити максимальну швидкість руху на маршруті Нюрнберг - Хоф зі 130 до 160 км/год і скоротити тривалість поїздки на 15 % (з 1 год 58 хв до 1 год 40 хв);

- в Італії введення в експлуатацію поїздів сімейства Pendolino дозволило скоротити час ходу по основних напрямках в середньому на 12 %, без зміни максимально допустимої швидкості руху. На маршруті Рим - Мілан після введення поїздів ETR 450 час ходу скорочено ще більше – на 20 %;

- в Іспанії час ходу на ряді маршрутів після введення в експлуатацію поїздів Talgo Pendular скорочено в середньому на 15 % при максимальній швидкості руху 160 км/год.

Один із прикладів електропоїздів з нахиляємими кузовами, що нахиляються, серії 390 Pendolino Britannico, які будуються компанією «Альстом» (Alstom) для британської компанії-оператора Virgin Trains, наведено на рис. 2.29, а схеми, що пояснюють примусовий нахил кузова вагона – на рис. 2.30.

Рис. 2.29. Електропоїзд компанії Virgin серії 390 Pendolino Britannico з вагонів з кузовами, що нахиляються

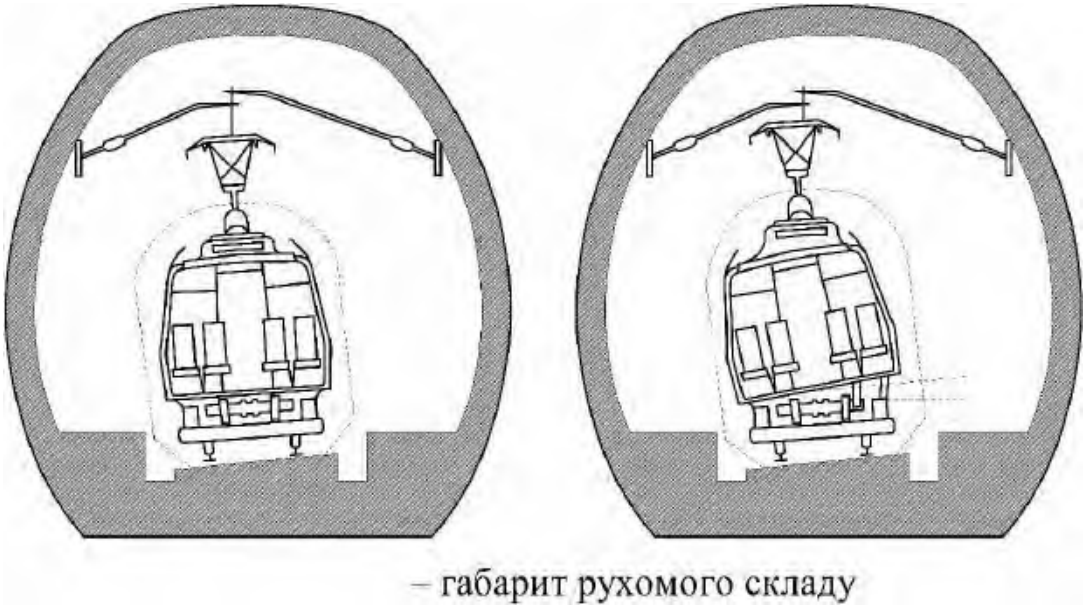


Рис. 2.30. Схеми примусового нахилу кузова

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте елементи, через які передається поздовжнє зусилля між візком і кузовом.
2. Охарактеризуйте елементи, через які передається вертикальне навантаження від кузова на візок.

3. Охарактеризуйте елементи, що відновлюють вертикальне положення кузова після дії відцентрової сили.

4. Які елементи зв’язку забезпечують гасіння коливань виляння візка?

5. Які елементи зв’язку забезпечують гасіння коливань галопування візка?

6. Які елементи зв’язку забезпечують гасіння коливань поперечного качання кузова?

7. Які напрямки реалізації вузлів з’єднань кузова і візка існують в даний час?

8. Які навантаження передає плоска циліндрична опора кузова?

9. Для чого використовується пружинний поворотний пристрій шворня?

10. Які особливості має колискове підвішування?

11. Чим характеризуються пружини системи «Флексікойл»?

12. На яких локомотивах використовується система «Флексікойл»?

13. Які рішення застосовуються для зняття перевантажень пружин?

14. Яке призначення і особливості лінкерного пристрою?

15. Для чого призначена і на яких локомотивах використовується система похилих тяг?

16. Для чого призначений тяговий і буферний пристрої?

17. У чому полягає головна особливість системи похилих тяг?

18. Які переваги і недоліки має рухомий склад з кузовами, що нахиляються?

2.4. КОЛІСНІ ПАРИ

2.4.1. Призначення і класифікація колісних пар

Колісні пари електровозів сприймають і передають на рейки вагу кузова, візків і всього устаткування, а також вагу деталей, змонтованих безпосередньо на колісній парі. Під час руху ЕРС колісна пара взаємодіє з рейковою колією, сприймає удари від нерівностей колії (вертикальні і горизонтальні) і напрямні сили і у свою чергу сама жорстко впливає на колію. Через колісну пару передається крутний момент ТЕД, а в місці контакту коліс з рейками в тяговому і гальмівному режимі виникають сили зчеплення.

Залежно від конструкції колісного центру прийнята така класифікація колісних пар:

- *спицеві* – на електровозах ЧС2, ЧС4, моторні вагони електропоїздів;
- *дискові литі* – на електровозах ВЛ10, ВЛ23, ВЛ80;
- с*уцільнокатані* – на причіпних вагонах електропоїздів, високошвидкісному рухомому складі.

Залежно від типу рами візка колісні пари можуть бути з зовнішніми і внутрішніми шийками. На електровозах з індивідуальним приводом застосовуються зовнішні рами і колісні пари з зовнішніми шийками.

На конструкцію колісної пари впливає ***спосіб монтажу зубчастих коліс***. Розрізняють колісні пари двох типів: з зубчастими колесами, насадженими або безпосередньо на вісь колісної пари (тип I), або на подовжену маточину колісного центру (рис. 2.31), або ж з колесами, прикріпленими болтами до колісного центру (тип II). У колісної пари першого типу підматочинна частина передає крутний момент від зубчастого на рухоме колесо, внаслідок чого підвищуються напруження в осі. Осі колісних пар типу II при двосторонній передачі не мають цього додаткового навантаження.

За кількістю і типом зубчастих передач колісні пари можуть бути або з односторонньою прямозубою, або з двосторонньою косозубою зубчастою передачею. Односторонню зубчасту передачу застосовують на електровозах серії ЧС,

тепловозах, електровозі ЕП1 (ЕП1^{М}) та всіх електропоїздах, а двосторонню – на всіх вітчизняних вантажних електровозах.

Від справного стану колісної пари залежить безпека руху поїздів, тому до вибору матеріалу, виготовлення окремих елементів і формування колісної пари ставляться особливі вимоги. В умовах експлуатації за станом колісних пар необхідний ретельний догляд, своєчасні огляд і ремонт.

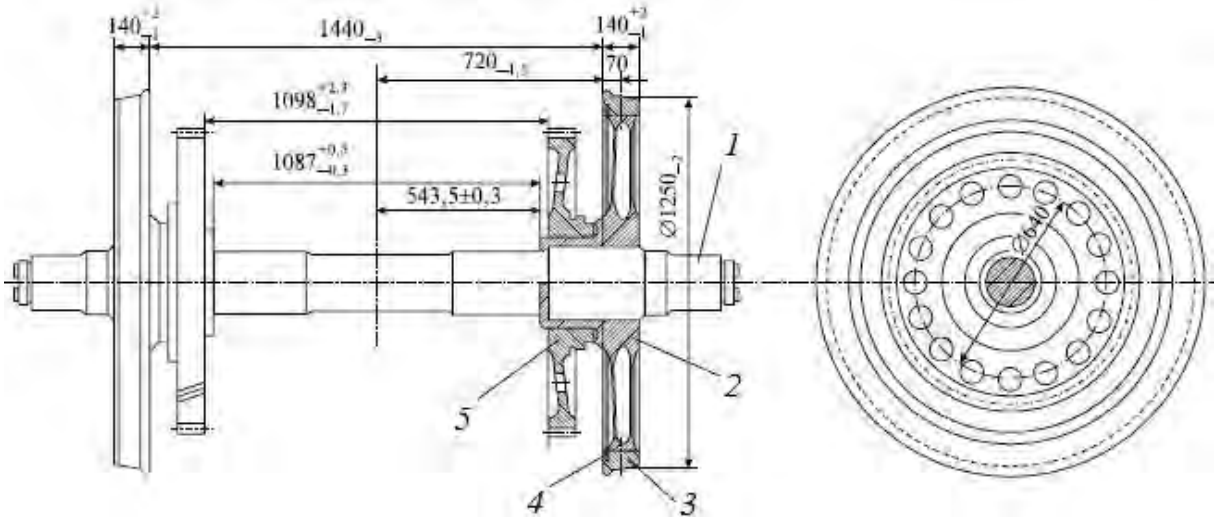


Рис. 2.31. Колісна пара вантажного електровоза:
1 – вісь колісної пари; *2* – зубчасте колесо; *3* – бандаж;
4 – бандажне кільце; *5* – колісний центр

2.4.2. Конструкція колісної пари

Колісна пара складається з осі, двох рушійних коліс і пристроїв для передачі обертального моменту від ТЕД. Конструкція колісної пари визначається видом тягової передачі, типом підвішування ТЕД і типом колісних центрів. Як приклад розглянемо уніфіковану колісну пару (рис. 2.31), яка складається з осі і двох рушійних коліс, що включають в себе колісні центри та бандажі. Зубчасті колеса насаджені на подовжені втулки колісних центрів.

Колісні центри після обробки посадкової поверхні напресовують на вісь із зусиллям 1080÷1470 кН. Від міцності з’єднання колеса з віссю залежить безпека руху поїздів, тому запресовка кожного колеса контролюється, а зусилля при

запресовуванні реєструються приладами. Діаграми запресовування коліс прикладаються до паспорту на колісну пару. Для зменшення зусилля розпресування колісного центру при ремонтах в маточинах передбачені отвори для підведення масла під тиском до посадкових поверхонь.

Колісна пара ЕРС повинна задовольняти вимоги ГОСТ 11018-87 та інструкції замовника. Повністю сформовані колісні пари обточують по поверхнях кочення і внутрішніх гранях бандажів. Колісна пара повинна відповідати таким вимогам:

- радіальне биття бандажів по колу кочення – не більше 0,75 мм;
- овальність – не більше 0,5 мм;
- різниця в діаметрах бандажів по колу кочення для однієї колісної пари локомотива – не більше 1 мм.

2.4.3. Осі колісних пар

Осі колісних пар являють собою брус круглого поперечного перерізу (рис. 2.32). Діаметр осі по довжині не однаковий: найбільший діаметр має підматочинна частина осі, на яку напресовується маточина колеса. Ця частина осі схильна до найбільших навантажень і тут найчастіше спостерігається злам осей.

Вісь уніфікованої колісної пари електровозів ВЛ10 і ВЛ80 має дві буксові шийки *1* (вони служать для монтажу роликових підшипників букси), передпідматочинні частини *2* (на них насаджуються лабіринтові кільця осьової букси), підматочинні частини *3* (на них напресовують колісні центри), шийки моторно-осьових підшипників *4* і *5*.

У осей колісних пар при рамному підвішуванні ТЕД немає шийок для моторно-осьових підшипників. У конструкціях з приводом II класу на осі закріплені зубчасті колеса, при використанні приводу класу III вони відсутні і крутний момент передається безпосередньо колісному центру. Щоб уникнути концентрації напружень, всі переходи з одного діаметра осі на інший виконуються плавними кривими – перехідними галтелями.

Осі колісних пар піддаються дії вертикальних і горизонтальних сил і скручуванню. Важкі умови роботи висувають високі вимоги до матеріалу осей, особливо до в'язкості і способів обробки. Осі колісних пар виготовляються із заготовок сталі, виплавленої в мартенівській (або електричній) печі. Для вітчизняних електровозів застосовується сталь марки ОсЛ.

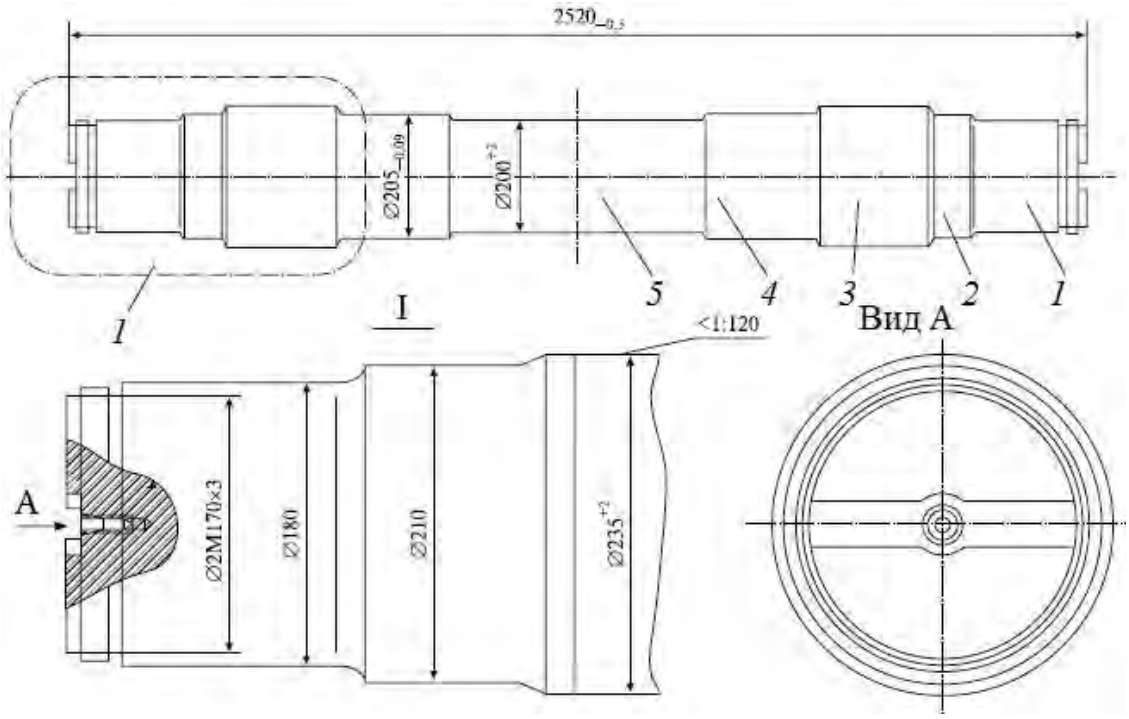


Рис. 2.32. Вісь колісної пари електровозів серії ВЛ

На зовнішній поверхні заготовок не повинно бути тріщин, розшарувань, волосовин та інших дефектів; торцеві поверхні не повинні мати слідів усадкових раковин: в металі не допускаються флокени (внутрішні тріщини), бульбашки, ліквації (неоднорідності хімічного складу металу), розшарування і тріщини.

Осі виготовляються куванням і піддаються подальшій нормалізації з додатковим відпуском, всі термічні операції повинні проводитися при автоматичній реєстрації заданих режимів. Правка осей здійснюється в гарячому стані при температурі в кінці операції не нижче 600 °С. Правку можна проводити після нормалізації або після окремого нагріву до температури не більше 700 °С без наступної термообробки.

Після грубого обточування осі проводять чистове обточування; передпідматочинні, підматочинні частини і шийки піддають накатуванню і шліфують. Якість обробки поверхні осі має велике значення для підвищення межі втоми матеріалу. Грубо оброблені поверхні і поверхні з подряпинами і вм'ятинами мають знижену межу втоми; на них частіше з'являються тріщини.

Посадка маточини колеса і внутрішніх коліс підшипників знижує втомну міцність металу при циклічному навантаженні. Накатування поверхні осі роликом підвищує втомну міцність осі в 1,5÷2 рази і робить вісь менш чутливою до концентрації напружень. Глибина зміцненого шару після накатування досягає 6÷7 мм, причому поверхнева твердість металу підвищується на 25÷30 %. Шийки осей піддаються накатуванню сферичними роликами, потім їх шліфують або обробляють циліндричним роликом для згладжування поверхні. У торцях осей висвердлюють отвори для нарізання різі під болти, що фіксують торцеві шайби, якими кріпляться роликопідшипники на осях. Оброблена вісь перевіряється дефектоскопом. При наявності поперечних або косих тріщин, а також поверхневих поломів вісь бракується. На придатній осі ставлять клейма.

Колісна пара є непідресореним елементом, тому для зменшення сил взаємодії з верхньою будовою колії в ряді випадків у пасажирських електровозів осі виготовляються з легованої сталі з тимчасовим опором до 70 кг/мм^2, що дозволяє зменшити їх діаметр, або роблять їх порожніми по всій довжині (діаметр отвору 30÷70 мм), що дозволяє зменшити вагу осі на 20÷25 %.

2.4.4. Колісні центри

На вітчизняних електровозах і моторних вагонах електропоїздів застосовують розбірні колеса, що складаються з колісного центру і бандажа. На колісний центр діють сили від посадки бандажа і осі колісної пари. Він також передає вертикальні і горизонтальні поздовжні і поперечні сили, що діють між бандажем і віссю колісної пари. Колісний центр повинен мати достатню міцність і жорсткість.

Колісний центр (рис. 2.33) складається з трьох частин: маточини, напресованої на підматочинну частину осі колісної пари; обода, на який кріпиться знімний бандаж, і проміжної частини, що виконується у вигляді литого диска (дискові центри) або спиць (спицеві центри).

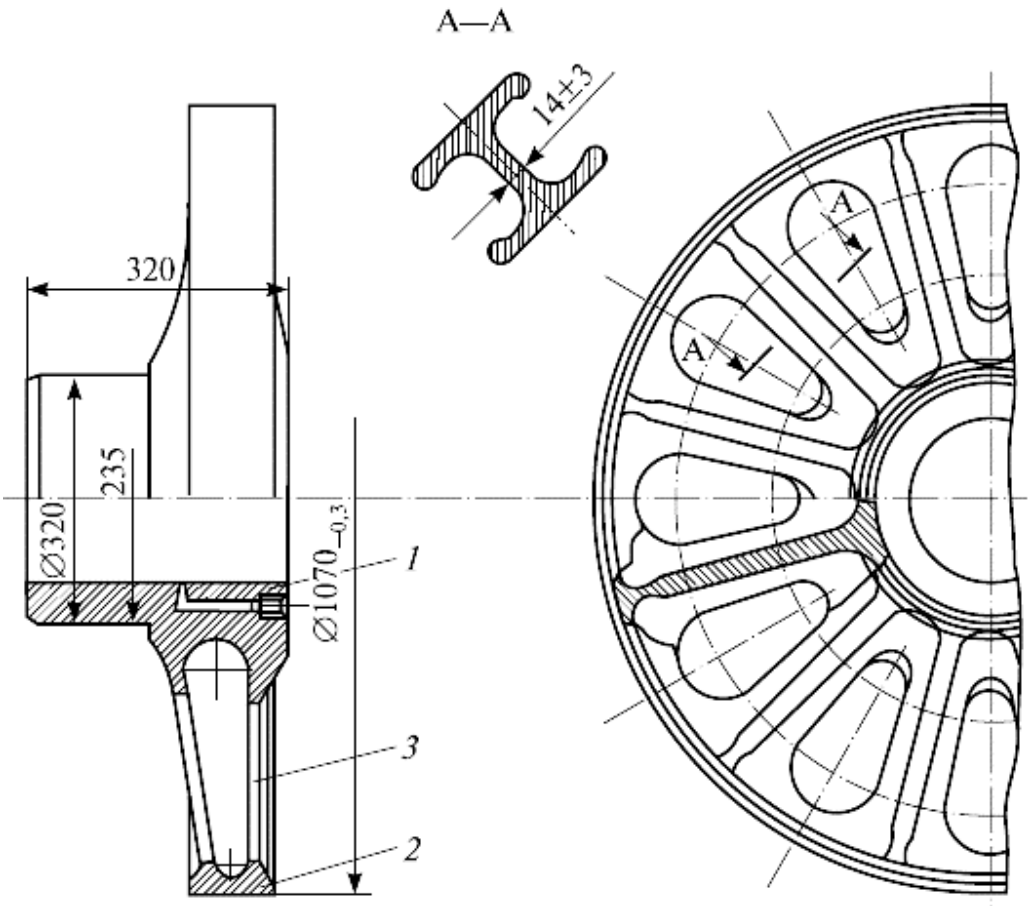


Рис. 2.33. Уніфікований колісний центр:
1 – маточина; *2* – обід; *3* – проміжна частина

Спицеві колісні центри складаються з обода, подовженої маточини з обробленою по зовнішньому діаметру посадковою поверхнею для насадки зубчастого колеса, і спиць. Переважає непарне число спиць в колесі, щоб уникнути їх розриву. При збільшенні діаметра колеса число спиць збільшують (при діаметрі 1250 мм на ВЛ22^{М} – 11 спиць; ЧС2 і ЧС4 – 12; 1050 мм – 11; 950 мм – 9; ЕД – 11). Центри колісної пари типу II мають отвір в маточині колісного центру, який розточується по підматочинній частини осі з дотриманням встановлених умов щодо механічного натягу.

Підставою для відмови від спицевих колісних центрів послужила різка зміна жорсткості колеса в місцях примикання спиць до обода, що викликає підвищений динамічний вплив коліс на колію, особливо при проходженні стиків і стрілочних переводів. Крім того, значне зосередження металу в окремих частинах колісного центру, особливо в колісній маточині, створює великі внутрішні напруження, що викликають при охолодженні тріщини в маточинах.

В електровозах ВЛ80 між маточиною і ободом є два диски з овальними отворами для полегшення центру, а між дисками зроблені перемички для підвищення міцності центру. Колісні центри виконуються литими і катаними. Відливаються зі сталі особливої якості – 20Л або 25Л. Відлиті центри для отримання однорідної і дрібнозернистої структури металу і зняття внутрішніх напружень піддаються відпалу. Колісні центри пасажирських електровозів і електропоїздів повинні піддаватися балансуванню.

На вантажних і пасажирських вагонах і високошвидкісному рухомому складі застосовують ***суцільнокатані дискові безбандажні колеса***. Для виготовлення коліс використовують мартенівську сталь з обтисканням під гідравлічним пресом. У порівнянні з бандажними такі колеса мають меншу масу і у них відсутнє ослаблення бандажів.

Використання суцільнокатаних коліс зменшує вартість виготовлення колісних пар. При цьому маса колісних пар знижується на 400÷500 кг, спрощується її формування. Однак зносостійкість таких коліс значно менше, ніж бандажних, вони частіше виходять з ладу через пошкодження поверхні кочення. Разом з тим з міркувань безпеки на високошвидкісному рухомому складі застосовують, як правило, безбандажні колеса. Первісна товщина обода такого колеса 70 мм. По мірі утворення прокату колеса обточують. Після граничного зносу суцільнокатані колеса переточують на дискові і насаджують на них окремі бандажі.

Прогресивним є застосування суцільнокатаних коліс з загартуванням обода, що збільшує їх твердість і міцність від утоми. Такі колеса використовують на рухомому складі високошвидкісних ліній в Японії.

2.4.5. Бандажі

На бандажі діють навантаження від вертикальних і горизонтальних сил взаємодії коліс і рейок. Напруження, пов'язані з дією цих сил в зоні контакту колеса і рейки, досить великі. При проходженні нерівностей колії ці сили часто мають ударний характер. Крім того, в процесі експлуатації відбувається проковзування коліс відносно рейок.

Матеріал бандажа повинен володіти високою міцністю при розтягуванні, стисненні і зминанні, бути досить зносостійким і в'язким, щоб чинити опір ударним навантаженням, які особливо небезпечні в зимовий час. Бандажі виготовляють з розкисленої мартенівської сталі. Забезпечення одночасно високої твердості і в'язкості досягається введенням легуючих елементів і спеціальною термічною обробкою (загартування і відпуск). Для пасажирських локомотивів виготовляють бандажі зі сталі марки Ст1, для вантажних і маневрових локомотивів – Ст2.

У металі не повинно бути залишків, усадкових раковин, пухкостей, розшарувань, газових бульбашок, флокенів і неметалевих домішок. Флокени і домішки призводять до концентрації напружень і втомного руйнування металу. В глибині металу з'являються і розвиваються тріщини, які викликають відколи і розшарування металу бандажа. Для перевірки бандажа на відсутність тріщин застосовують метод магнітної дефектоскопії, що виявляє різні технологічні дефекти в матеріалі бандажів.

Механічній обробці піддаються поверхні кочення, гребінь, внутрішня грань і посадкова поверхня бандажа. Внутрішня посадкова поверхня проточується відповідно з діаметром обода колісного центру, причому діаметр посадкової поверхні приймається менше зовнішнього діаметра обода. У зовнішній грані на внутрішній поверхні залишається упорний буртик, що запобігає сповзанню бандажного кільця до середини колісної пари, а у внутрішній грані виточується канавка для бандажного кільця, що забезпечує запобігання сповзанню бандажа назовні.

Ширина бандажів колісних пар електровозів вітчизняних залізниць складає 140 мм, товщина по колу кочення у нових – 90 мм, мінімальна в експлуатації – 40 мм. Товщина гребеня,

вимірювана на відстані 20 мм від його вершини, дорівнює 33 мм. Вагонні бандажі відрізняються від локомотивних шириною (130 мм замість 140 мм), висотою (28 мм замість 30 мм) і кутом нахилу гребеня (60° замість 70°). Величина кута визначає умови безпеки щодо сходу колеса з рейок, при сповзанні його на рейку.

Профіль бандажа визначається ГОСТ 11018-87 (рис. 2.34). Поверхня кочення конічна, причому на різних ділянках вона становить 1/7 і 1/20. Для зменшення зносу гребенів бандажів і поверхні рейок, поліпшення ходових якостей локомотива запропоновані й інші профілі.

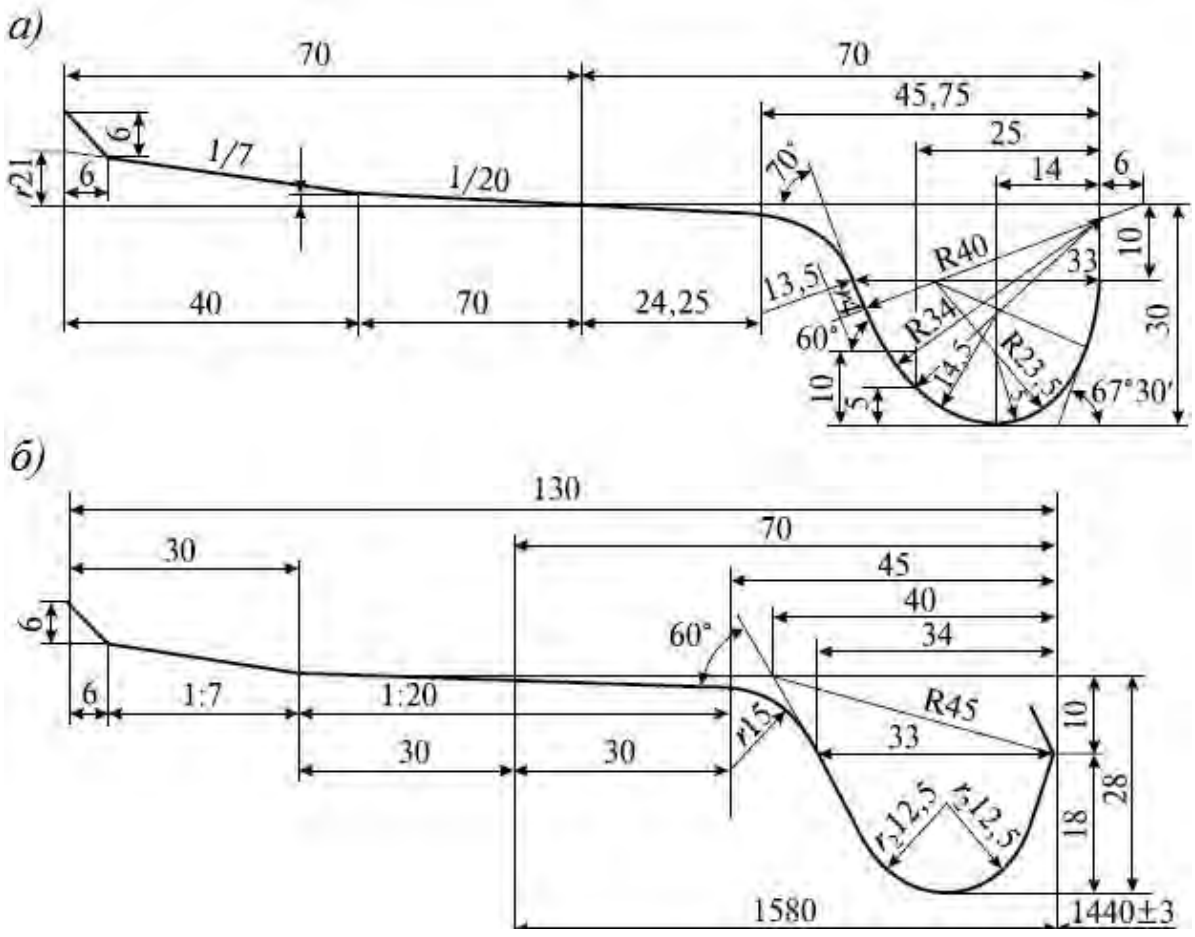


Рис. 2.34. Профілі поверхні кочення локомотивного (*а*) і вагонного (*б*) бандажів

Конічність бандажа 1/20 роблять для поліпшення умов проходження вагона по кривих ділянках колії. Під час руху вагона по кривих обидва колеса однієї осі, що мають однакові діаметри та однакову частоту обертання, котяться одне по

зовнішній рейці, а інше – по внутрішній. Але зовнішня рейка завжди довше внутрішньої, тому якщо б у коліс була циліндрична поверхня кочення, то колесо, що котиться по зовнішній рейці, мало б відставати від колеса, що котиться по внутрішній рейці. Таке явище призвело б до проковзування і до подальшого боксування. При конічному обточуванні поверхні кочення 1/20 колесо котиться по зовнішній рейці більшим своїм колом (ближче до гребеня), а по внутрішній рейці – меншим колом. При цьому обидва колеса проходять криву ділянку колії майже одночасно і проковзування не виникає. Більш крутий ухил 1/7 призначений для поглинання накату металу, який утворюється біля зовнішнього краю бандажа під час руху.

Для посадки бандажа на обід колеса бандаж нагрівають до температури 250÷320 °С. У покладений горизонтально нагрітий бандаж опускають колісний центр до упору в кільцевий виступ на внутрішньому розточенні бандажа. Поки бандаж не охолов, у виточку вводять розрізне бандажне кільце і виконують обсадку внутрішньої кромки бандажа для забезпечення щільного кріплення кільця. Кінці кільця повинні щільно підходити один до іншого (змикатися без зазора).

Після охолодження бандажа щільність його посадки на колісний центр перевіряють обстукуванням ручним молотком. Молоток повинен видавати чистий (дзвінкий) звук і пружно відскакувати. Потім на обід наноситься контрольна риска глибиною не більше 1 мм, а на бандажі навпроти цієї риски керном – 4÷5 точок глибиною 1,2÷2 мм. За зробленими мітками здійснюється спостереження в експлуатації за міцністю кріплення бандажа. Остаточне обточування бандажів роблять після їх насадки. Маса бандажів складає значну частину маси колісної пари, а значить, для зменшення шкідливого впливу її на колію необхідно знижувати товщину бандажа. З точки зору використання бандажа – це неекономічно при неминучих обточуваннях, тому товщину бандажа знижують тільки для високошвидкісного транспорту.

Колісні пари електропоїздів для моторного та причіпного вагона мають відмінності в конструкції.

Колісна пара моторного вагона (рис. 2.35) електропоїзда ЕР2^{Т} (ЕД) складається з осі *1*, двох спиць колісних центрів *2*

(один з них – правий, його виготовляють з лабіринтовими проточками на внутрішньому торці маточини). Крім того, колісна пара має два бандажі *11* з бандажними розрізними кільцями *12* і зубчасте колесо *7* з маточиною *14*, а також підшипниковий вузол корпусу редуктора. У колісної пари моторного вагона електропоїзда ЕР2 правий колісний центр виготовлений з подовженою маточиною, що дозволяє встановлювати підшипники корпусу редуктора безпосередньо на опорну поверхню осі.

Після механічної обробки вісь колісної пари має дві шийки, що служать опорними поверхнями для буксових підшипників і закінчуються різзю; дві підматочинні частини, на які напресовують колісні центри; дві передпідматочинні частини, що здійснюють перехід від підматочинних частин до шийок осі; частина, що служить опорною поверхнею для маточини зубчастого колеса; середню частину.

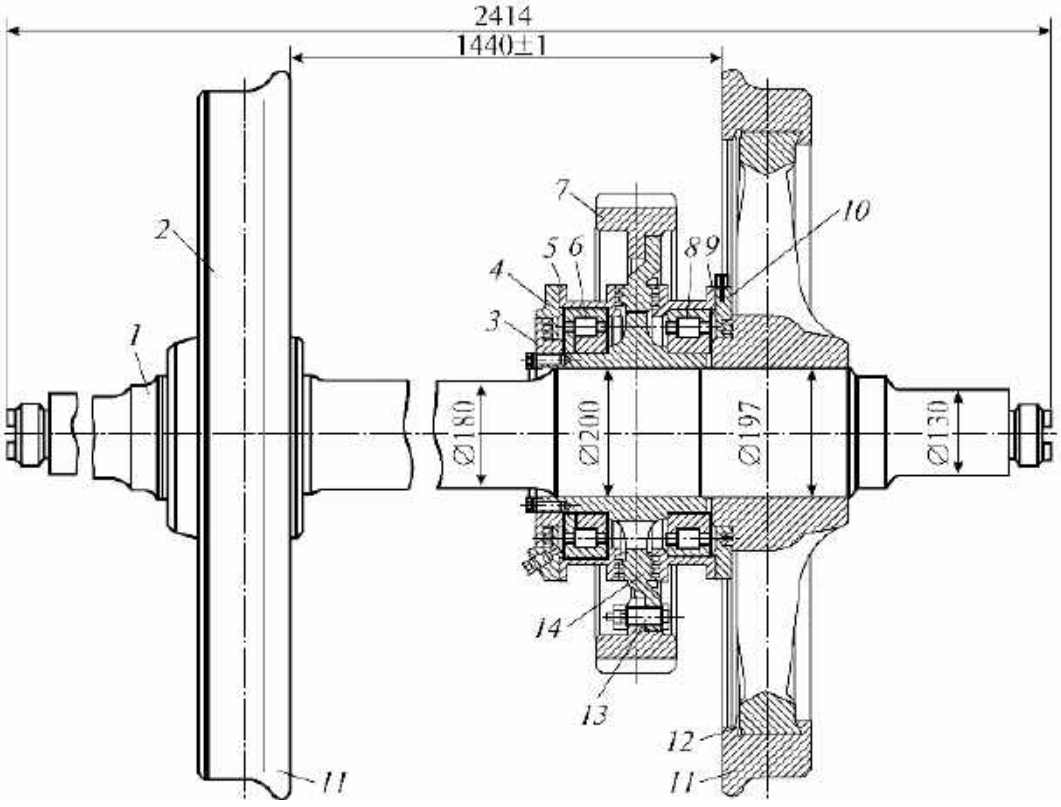


Рис. 2.35. Колісна пара моторного вагона електропоїзда ЕР2^{Т}:
1 – вісь; *2* – бандажний колісний центр; *3*, *4*, *10* – лабіринтні кришки; *5*, *9* – підшипникові обойми; *6*, *8* – призонні болти; *7* – зубчасте колесо; *11* – бандаж; *12* – бандажне кільце; *13* – призонний болт; *14* – маточина зубчастого колеса

Колісні центри моторного вагона спицеві. Складається колісний центр з таких частин: маточини, що служить для насадки колеса на вісь; обода, на який насаджують бандаж; рівномірно розташованих 11 спиць, що служать для з'єднання обода з маточиною.

Колісна пара причіпного вагона (рис. 2.36) має тільки вісь *2* і два суцільнокатаних колеса *1*. Вісь колісної пари причіпного вагона відрізняється від осі моторного вагона меншим перетином середньої та підматочинних частин, а також відсутністю опорної поверхні для маточини зубчастого колеса.

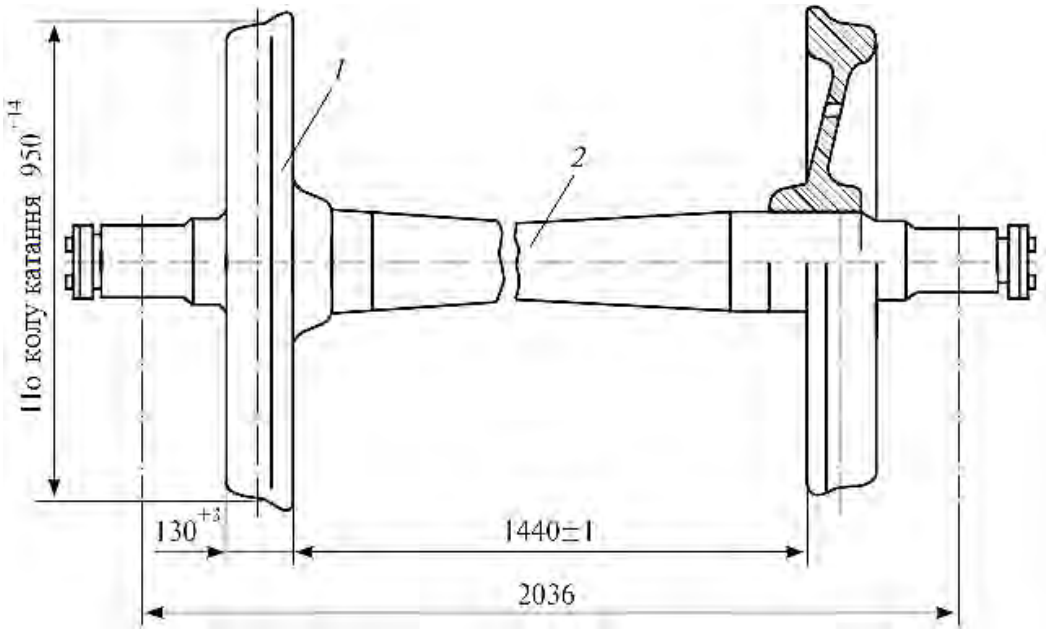


Рис. 2.36. Колісна пара причіпного вагона електропоїзда

Суцільнокатане колесо причіпного вагона складається з маточини, обода, якому надають форму бандажа при вальцюванні, і диска, що служить для скріплення обода з маточиною. Колісні центри та суцільнокатані колеса виготовляють з вуглецевої сталі, причому спицеві колісні центри відливають у формі, а суцільнокатані колеса вальцюють на спеціальних верстатах. Діаметр бандажа по колу кочення 1050 мм, внутрішній діаметр 900 мм, ширина бандажа 130 мм. Для отримання необхідного натягу бандаж до насадки проточують до внутрішнього діаметра, який на 0,9÷1,1 мм менше діаметра обода колеса.

Формування колісної пари – виготовлення її з нових елементів. Знов сформована колісна пара повинна відповідати затвердженим кресленням і технічним умовам. Всі елементи, що підлягають формуванню, перевіряють. Перед напресуванням елементів всі посадкові поверхні очищають від бруду і змащують чистим рослинним маслом. Формування колісної пари виконують на гідравлічному пресі, забезпеченому манометром і приладом-індикатором, що фіксує діаграму зусиль при запресовуванні. При цьому застосовується спеціальна технологія: спочатку на вісь напресовують колісні центри, а потім надягають на них бандажі; колісні центри (колеса) напресовують на вісь в холодному стані із зусиллям 600÷900 кН (60÷90 тс) для причіпного вагона та 750÷1000 кН (75÷100 тс) для моторного, а маточину зубчастого колеса – із зусиллям 500÷750 кН (50÷75 тс). Для забезпечення міцної посадки колеса діаметр підматочинної частини осі роблять на 0,1÷0,35 мм більше діаметра отвору маточини. Під час запресовування обов'язково знімають діаграми натискань на вісь як лівого, так і правого колеса і зберігають ці діаграми в колісному цеху.

Сформовану і прийняту колісну пару фарбують в чорний колір (крім осей колісних пар моторного вагона), а зовнішню грань бандажів – в білий. Білилами фарбують також внутрішнє з'єднання маточини з віссю на причіпному вагоні. Потім по білилах наносять контрольні червоні смуги. На колісних парах моторних вагонів ці смуги наносять в місцях постановки контрольних міток, які служать для перевірки зсуву бандажа під час експлуатації. Контрольна мітка на бандажі, що наноситься керном, має вигляд чотирьох-п'яти заглиблень на 1,5÷2 мм; мітка на ободі, що наноситься тупим зубилом, – вигляд риски глибиною до 1 мм.

2.4.6. Види оглядів та обстеження колісних пар

Колісні пари за час служби піддають огляду, звичайному і повному опосвідченню, а також опосвідченню з випресуванням осі. ***Огляд*** колісних пар виконують при технічному обслуговуванні і поточних ремонтах ЕРС. При цьому перевіряють:

- бандажі та обіддя суцільнокатаних коліс (чи немає тріщин, вибоїн (повзунів), поломів, роздавленостей, вм'ятин, відколів, раковин, вищербин, ослаблення бандажів, граничного прокату, вертикального підрізу гребеня і гострокінцевого накату);

- колісні центри та суцільнокатані колеса (немає тріщин в маточинах, дисках, спицях і ободах, ознак ослаблення або зрушення маточини на осі);

- осі (чи немає поперечних або поздовжніх тріщин, поломів, протертих місць або інших дефектів на відкритих частинах);

- зубчасті передачі редукторів моторних вагонів електропоїздів на предмет виявлення механічних пошкоджень.

Огляд під локомотивом (електропоїздом) проводиться локомотивною бригадою при прийманні електровоза і на ТО-1; бригадиром, майстром і приймальником – на ТО-2, ТО-3 (для деяких локомотивів), ТО-4, ПР-1, ПР-2.

В кінці кожного місяця у колісних пар заміряють прокат, товщину бандажів, ободів і їх гребенів. Вимірювання виконують по колу кочення, яке знаходиться на відстані 70 мм від внутрішньої грані бандажа або обода суцільнокатаного колеса. Також заміряють відстань між внутрішніми гранями бандажів.

Звичайне опосвідчення колісних пар виконують у всіх випадках їх підкатки під електровоз (електропоїзд), в депо його виконує майстер колісного цеху на ПР-3. При звичайному опосвідченні виконують всі перевірки при огляді колісних пар, а також очищають колісну пару від бруду і мастила. Перевіряють вісь дефектоскопом, відповідність розмірів всіх елементів колісної пари встановленим нормам допусків і зносів, наявність встановлених клейм і знаків; стан зубчастого колеса, а також болтів, що кріплять зубчасте колесо до фланця маточини; оглядають опорні роликові підшипники редуктора.

Повне опосвідчення колісних пар здійснюють у таких випадках:

- ремонт ЕРС на заводах, пов'язаний з викочуванням колісних пар, в тому числі при КР-1;

- зміна хоча б одного елемента колісної пари;

- неясність клейм і знаків останнього повного огляду;

- пошкодження колісної пари після аварії, зіткнення або схід електровоза або вагона електропоїзда з рейок.

У разі повного опосвідчення колісних пар виконують всі роботи, передбачені для звичайного опосвідчення, крім того, очищають колісну пару від фарби до металу, перевіряють підматочинні частини осей ультразвуковим дефектоскопом (при виявленні непрозвучування ультразвуком або виявленні тріщин в підматочинній частині вісь підлягає випресовуванню), наносять клейма і знаки повного обстеження.

Опосвідчення з випресуванням осі виконують:

- у всіх випадках непрозвучування осі ультразвуком (спотворення відбитого сигналу на екрані дефектоскопа);
- при повному огляді колісної пари;
- при необхідності зняття з неї одночасно обох центрів;
- при відсутності або неясності клейм формування, якщо опосвідчення колісної пари з випресуванням осі не проводився.

При огляді колісних пар з випресуванням осі виконують всі роботи, передбачені для повного обстеження; крім того, випресовують вісь і перевіряють магнітним і ультразвуковим дефектоскопами по всій довжині на наскрізне прозвучування. Наносять клейма і знаки огляду з випресуванням осі. При непрозвучуванні вісь бракується.

2.4.7. Таврування колісних пар

Таврування колісних пар виконують працівники, які мають посвідчення на право огляду колісних пар.

При формуванні, ремонті та опосвідченні колісних пар застосовують такі знаки і клейма (рис. 2.37):

- клеймо у формі прямокутника із закругленими кутами, в якому стоїть умовний номер ремонтного пункту або заводу, що виготовляє елементи колісних пар, виконує їх формування, опосвідчення з випресуванням осі і повний;
- цифри і букви для позначення дати та інших даних (місяць позначають тільки римськими цифрами, а дві останні цифри року – арабськими; висота цифр 6 мм);
- клеймо приймальника та інспектора ВТК;
- клеймо у вигляді кола з літерою *Ф*, що означає формування нової колісної пари або зміну осі;

- клеймо у вигляді кола з літерою *Д*, що означає опосвідчення колісної пари з випресуванням осі;

- клеймо у вигляді кола з буквами *ЗБ*, що означає зміну бандажів.

Нові елементи колісних пар повинні мати чітко позначені знаки і клейма.

Таврування осі роблять у два прийоми: спочатку клейма ставлять на її необробленій середній частині, а після обробки осі клейма переносять на праву торцеву частину. При формуванні, а також при опосвідченні колісної пари з випресуванням осі ставлять додаткові клейма на правому торці осі. У разі повного опосвідчення колісної пари додаткові клейма приймальників ставлять на лівому торці осі.

Таврування бандажів виконують на бічній зовнішній грані, колісних центрів – на зовнішньому боці маточини, суцільнокатаних коліс – на бічній поверхні обода, зубчастих коліс – на вінцях. Правим боком колісної пари вважають бік, на торці осі якого знаходяться знаки і клейма заводу-виробника.

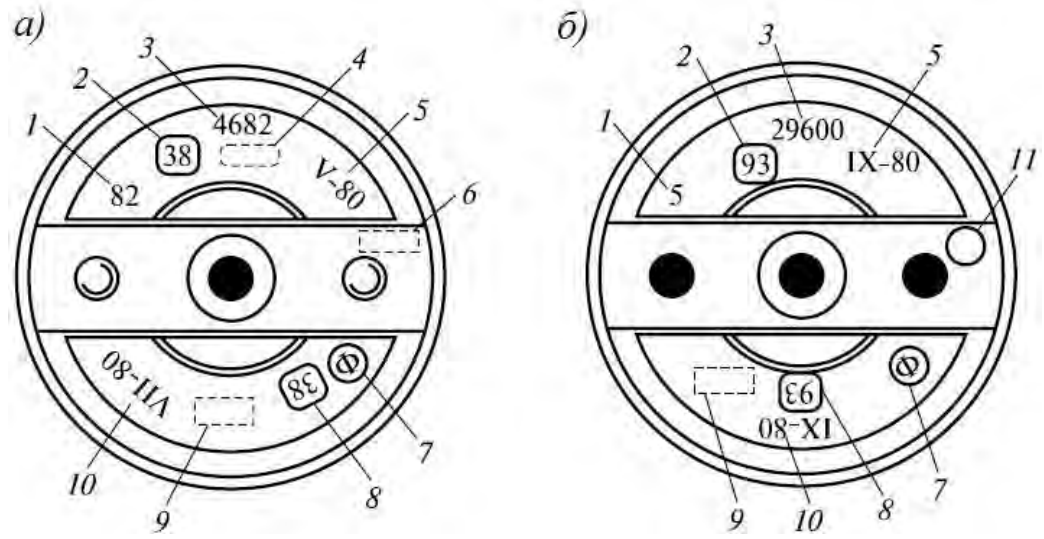


Рис. 2.37. Знаки і клейма на колісних парах моторного (*а*) і причіпного (*б*) вагонів електропоїзда:
1 – номер завода-виробника; *2* – номер пункту, який переніс знаки; *3* – номер осі; *4* – клеймо, яке засвідчує правильність перенесення знаків; *5* – дата виготовлення осі;
6 – клеймо приймання; *7* – клеймо формування колісної пари або зміни осі; *8* – номер пункту, який проводив формування;
9 – клеймо приймання; *10* – дата формування або зміни осі;
11 – клеймо інспектора ВТК

2.4.8. Несправності колісних пар

***До несправностей колісних пар, з якими забороняється експлуатація рухомого складу, відносять*:**

- прокат по колу кочення бандажа – більше 7 мм (при швидкості руху більше 120 км/год – більше 5 мм);
- повзун на поверхні кочення бандажа – глибиною більше 1 мм (тобто довжиною більше 65 мм);
- товщина гребеня, вимірювана на висоті 20 мм від вершини гребеня, – менше 25 мм (при швидкості руху більше 120 км/год – менше 28 мм), товщина гребеня нового бандажа – 33 мм;
- вертикальний підріз гребеня на висоті більше 18 мм (вимірюється спеціальним шаблоном у вигляді Г-подібної скоби з движком з вертикальною частиною 18 мм, нормальним повинен бути зазор у верхній частині движка) – не допускається;
- гострокінцевий накат на гребені (вимірюється спеціальним шаблоном) – не допускається;
- будь-які тріщини на осі, на колісній парі, на бандажі – не допускаються;
- ослаблення бандажа на колісному центрі, колісного центру на осі – не допускається; ослаблення бандажного кільця в канавці бандажа допускається не більше 30 % довжини кільця, але не ближче 100 мм від стику кільця;
- товщина бандажа – менше 45 мм (з урахуванням прокату бандажа), товщина нового бандажа – менше 90 мм (по колу кочення);
- наплив на зовнішній грані бандажа – понад 6 мм;
- не допускаються на бандажі – наявність раковини на поверхні кочення, вищербина або вм’ятина на поверхні кочення глибиною понад 3 мм і довжиною більше 10 мм, вищербина на вершині гребеня більше 4 мм;
- протерте місце на середній частині осі – глибиною більше 4 мм;
- відстань між внутрішніми гранями бандажів повинна бути в межах 1440±3 мм (при швидкості руху більше 120 км/год – 1440^{+3}_{-1} мм). Ширина бандажа повинна бути 140 мм;
- різниця діаметрів бандажів на одній колісній парі – більше 1 мм; на одному електровозі або електропоїзді – більше 10 мм;

- різниця прокату бандажів біля лівого і правого боку колісної пари – більше 2 мм, різниця товщини гребенів бандажів правого і лівого боку після обточування під електровозом – більше 2 мм, зазор в стику бандажного кільця – більше 2 мм;

- кільцеві виробітки на бандажі біля основи гребеня і на конусності 1:20 – глибиною більше 1 мм, на конусності 1:7 – глибиною більше 2 мм і шириною більше 15 мм.

Прокат, повзун і товщину гребеня заміряють спеціальним ***шаблоном марки УТ-1*** (рис. 2.38). При підготовці шаблону до вимірів контрольованого колеса усувають всі затискні гвинти, потім відводять рамку з вимірювальною ніжкою вправо, іншу рамку також відводять вправо і піднімають лінійку вгору. Шаблон встановлюють на контрольоване колесо в його радіальній площині так, щоб вертикальна опора сперлася на поверхні кочення, а постійний магніт щільно прилягав до внутрішньої грані бандажа.

Рис. 2.38. Шаблон УТ-1

Зміщуючи лінійку по вертикалі вниз до торкання її торця з вершиною гребеня і переміщаючи рамку по горизонталі вліво до упору 2-міліметрового виступу лінійки з поверхнею гребеня, фіксують положення лінійки і рамку гвинтами. Переміщують рамку по горизонтальній штанзі вліво до упору вимірювальної ніжки в поверхню гребня колеса і фіксують рамку гвинтом. Знявши шаблон з колеса, зчитують показання по трьох контрольованих параметрах: на вертикальній лінійці – висота

гребеня, на шкалі горизонтальної штанги-лінійки – товщина гребеня, на лінійці – параметр крутизни гребеня (не менше 6,5).

При ТО-4, ТО-5, ПР-1, ПР-2 виконують такі три виміри шаблоном УТ-1:

1) прокат по колу кочення – виміряна висота гребеня по вертикальній лінійці «6» (мінус 30 мм – це висота нового гребеня);

2) товщина гребеня вимірюється на висоті 13 мм знизу від кола кочення і повинна бути не менше 23 мм (товщина гребеня нового бандажа – 31 мм);

3) параметр крутизни гребеня (замість вертикального підрізу гребеня) – це відстань по горизонталі між двома точками зовнішньої поверхні гребеня: 2 мм нижче вершини гребеня і 13 мм зверху від кола кочення бандажа – не менше 6,5 мм (у нового бандажа параметр крутизни гребеня – 14,5 мм).

***Дії локомотивної бригади при виявленні на шляху прямування повзуна глибиною більше 1 мм повинні бути такі*:**

1) при повзуні глибиною від 1 до 2 мм у вагона пасажирського поїзда або причіпного вагона електропоїзда необхідно знизити швидкість до 100 км/год (з вантажним поїздом – до 70 км/год) і їхати до найближчого ПТО вагонів;

2) при повзуні глибиною 2÷6 мм у пасажирського вагона (причіпного вагона електропоїзда) або від 1 до 2 мм у локомотива – їхати зі швидкістю до 15 км/год; з повзуном глибиною 6÷12 мм у вагона або від 2 до 4 мм у локомотива – до 10 км/год до найближчої станції;

3) при повзуні глибиною понад 12 мм у причіпного вагона або 4 мм у локомотива слідувати зі швидкістю до 10 км/год при вивішеній колісній парі у тривісних візків або на спеціальному транспортному візку (при одиночному локомотиві).

2.4.9. Підгумовані колеса

Для зниження динамічного впливу колісної пари при проходженні нерівностей колії, особливо при опорно-осьовому підвішуванні ТЕД, а також для зниження шуму досить ефективно застосовуються підгумовані колеса. Вперше такі колеса були

використані на автомотрисах Michelin французьких залізниць у 1933-1934 рр. Колеса мали пневматичні балони, пошкодження яких могло призвести до аварії. Саме це стало причиною відмови від їх експлуатації. Більш надійна конструкція підгумованих коліс була застосована на французьких магістральних електровозах типу B_0-B_0.

Підгумоване колесо SAB електропоїзда французьких залізниць при діаметрі колеса 1000 мм і навантаженні на рейку 9 тс має 48 гумових вкладишів, розташованих у два ряди в шаховому порядку. Вкладиш виконаний у вигляді гумових шайб, до яких привулканізовані сталеві диски. Вісім виступів сталевих дисків працюють в ролі дистанційних і забезпечують зазор для проходження охолоджуючого гуму повітря.

Підгумоване колесо з одним рядом парних гумових вкладишів (рис. 2.39) не має безпосереднього зв'язку бандажа і обода з маточиною, так як власне колісний центр відсутній, а його замінюють колісний диск *2*, що становить одне ціле з маточиною *1*, бандаж *6* із середнім диском *4* і зовнішня шайба, скріплена болтами з маточиною і дистанційними болтами *5* з її диском.

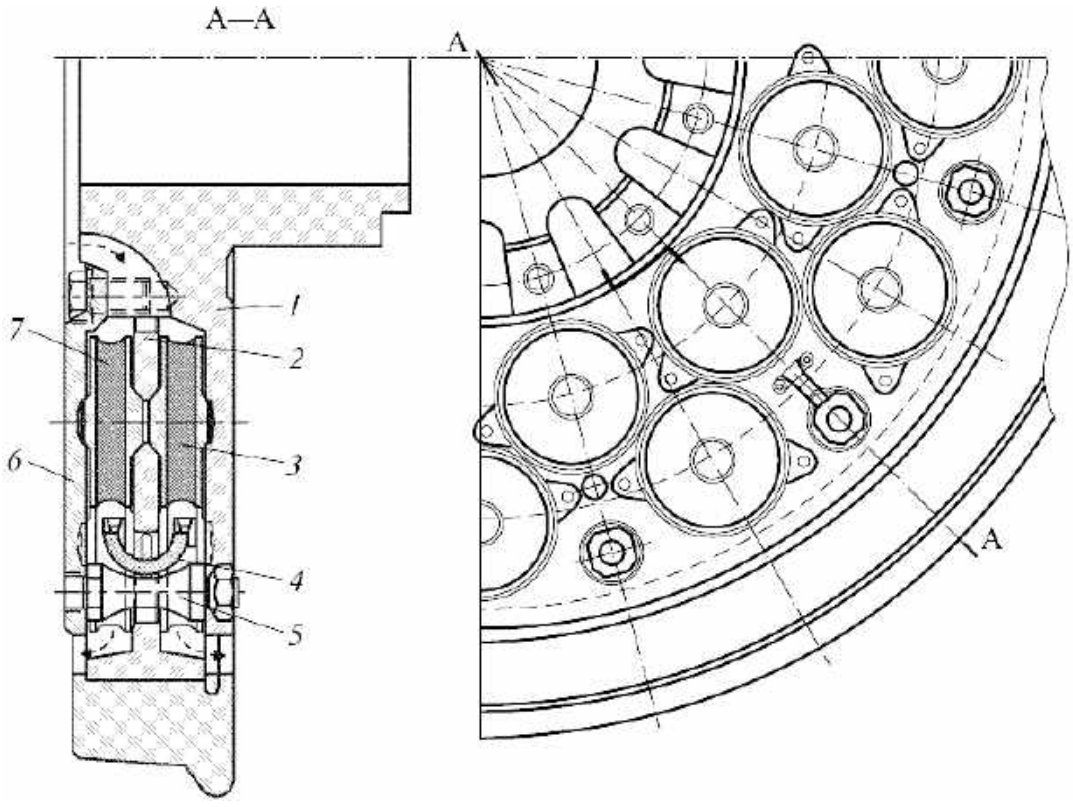


Рис. 2.39. Підгумоване колесо

Між колісним центром і середніми дисками, а також між середніми дисками натискною шайбою закладені гумові вкладиші *3* і *7*. Для відведення струму від колеса на рейку є мідні шунти. Охолодження гуми повинно бути досить інтенсивним, оскільки при температурі вище 70 °С вона втрачає еластичність. Колесо, обертаючись, створює подібно до центрифуги турбулентний рух повітря. Він заходить в канали колеса близько маточини і, прямуючи радіально через все колесо, виходить біля бандажа. Однорядні підгумовані колеса типу SAB були застосовані на дослідних вагонах типу Е московського метрополітену в Російській Федерації.

Питання для самоконтролю

1. Призначення колісних пар електровозів і електропоїздів.
2. За якими ознаками класифікуються колісні пари?
3. Які діаметри коліс по колу кочення у різних типів електрорухомого складу?
4. Які основні частини мають осі колісних пар пасажирського та вантажного локомотивів?
5. Які вимоги ставляться до заготовок для виготовлення осей колісних пар?
6. Як зменшити сили взаємодії колісної пари з верхньою будовою колії?
7. З яких основних елементів складається колісна пара електровоза і електропоїзда?
8. За якими критеріями класифікуються колісні центри?
9. На якому типі рухомого складу і чому застосовують безбандажні колеса?
10. У чому полягають переваги і недоліки суцільнокатаних дискових безбандажних коліс?
11. Вимоги, що ставляться до матеріалу бандажа.
12. Якими геометричними фігурами описана поверхня кочення бандажа?
13. За рахунок чого утримується бандаж на колісному центрі?
14. З якою метою застосовуються підгумовані колеса?
15. Чому для роботи підгумованих коліс необхідно інтенсивне охолодження?

2.5. БУКСОВІ ВУЗЛИ РУХОМОГО СКЛАДУ

2.5.1. Призначення і конструктивні особливості буксових вузлів

Букси призначені для забезпечення зв'язку колісних пар з рамою візка, для передачі статичних та динамічних навантажень у вертикальному, горизонтальному і поперечному напрямках.

Вертикальні навантаження, спрямовані перпендикулярно осі обертання шийки, називаються ***радіальними***. До них відносяться статичне навантаження від ваги електровоза або вагона, а також вертикальні динамічні навантаження, що виникають при проходженні стиків і нерівностей колії.

Горизонтальні навантаження, спрямовані уздовж осі обертання шийки, називаються ***аксіальними***. До них відносяться динамічні навантаження, що виникають при проходженні електровозом або вагоном кривих ділянок колії, стрілочних переводів, від тиску вітру та інших горизонтальних поперечних зусиль, що діють уздовж осі обертання підшипників.

Відповідно до свого призначення буксовий вузол включає в себе в тому чи іншому конструктивному виконанні основні елементи: підшипниковий вузол, пружний елемент, пристрої з'єднання букси з рамою.

Підшипниковий вузол забезпечує механічний зв'язок необертальних конструкцій екіпажа з колісною парою, яка обертається. До нього входять самі підшипники і несучий корпус букси з кришками і ущільнювальними пристроями, який служить як для передачі сил на підшипники, так і для запобігання попаданню в них різних забруднень. На корпусі букси передбачають посадкові місця і кріплення для елементів, через які буде здійснюватися силовий зв'язок колісної пари з рамою екіпажа.

Пружний елемент вертикального зв'язку забезпечує спирання екіпажа на буксу (так звана буксова ступінь ресорного підвішування). Як пружний елемент можуть застосовуватися витіі торсіонні пружини, листові ресори, гумометалеві або пневматичні пружні елементи.

Пристрої поздовжнього і поперечного з'єднань букси з рамою екіпажа поділяються на три основні групи, в основу яких покладено такі механізми: з поступальною кінематичною парою, важільний і шарнірно-повідковий.

2.5.2. Класифікація буксових вузлів

Буксові вузли прийнято класифікувати за рядом ознак:

за типом підшипників:

- з підшипниками ковзання (вкладиш, залитий бабітом, змащення польстером);
- з підшипниками кочення.

На залізничному транспорті для букс застосовують роликові радіальні підшипники кочення трьох типів – з циліндричними, сферичними та з конічними роликами;

***залежно від типу рами*:**

- зовнішні;
- внутрішні;

***за типом зв'язків з рамою візка*:**

- буксовий вузол з плоскими напрямними (електровози ВЛ8, ВЛ19, ВЛ22);
- буксовий вузол з циліндричними напрямними (ЧС2, ЧС6, ЧС7, ЧС8, ЧС200, моторні вагони електропоїзда ЕР2);
- буксові вузли з шарнірно-повідковим важільним механізмом (ВЛ65, ВЛ80, ВЛ85, моторні вагони електропоїздів серій $ЕР2^{Т}$ і ЕД).

2.5.3. Конструкції буксових вузлів

На електровозах до 50-х рр. минулого сторіччя встановлювали букси з підшипниками ковзання. Недоліками такого типу букс є велика витрата мастила, кольорового металу, великі експлуатаційні витрати з догляду за буксами. Ці причини сприяли переходу від підшипників ковзання до підшипників кочення. В експлуатації перебувають електровози, що випускаються з підшипниками кочення.

Як приклад розглянемо буксу вантажних електровозів (рис. 2.40).

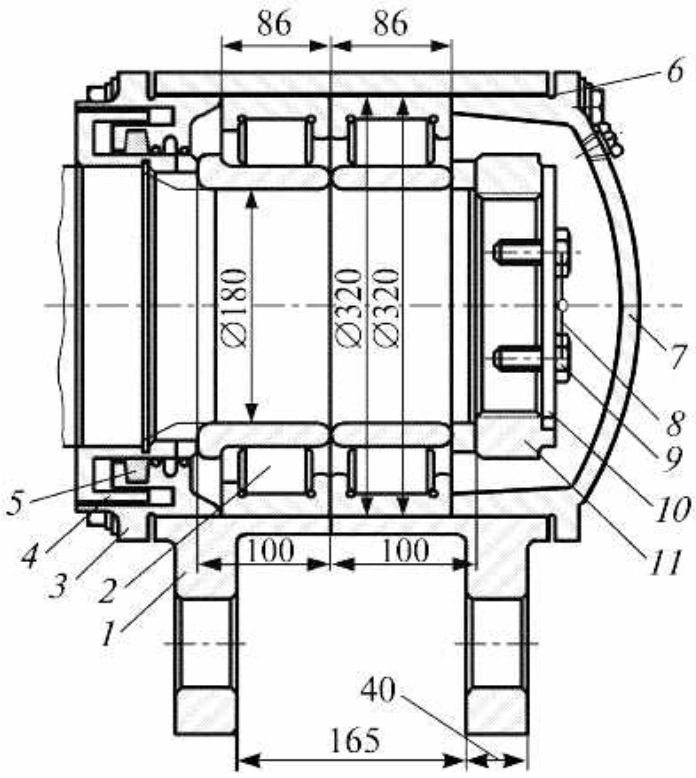


Рис. 2.40. Букса вантажного електровоза

Така букса має роликові підшипники *2*, вмонтовані в литий сталевий корпус. Заднє (внутрішнє) кільце *3* підшипника щільно насаджено на шийку і прикріплено болтами до корпусу букси. Лабіринтове кільце *4*, насаджене на передпідматочинну частину з сальником *5*, перешкоджає виходу мастила. Спереду підшипники притиснуті гайкою *11* з замковою пластиною *10*, закріпленою двома болтами *9* з обв'язкою дротом *8*. Передня кришка *7* прикріплена до корпусу букс вісьмома болтами. Під кришкою поставлена прокладка *6* у вигляді крученого льно-прядивного шнура. Внизу корпус букси має щоки *1* з отворами для кріплення нижньої ресори.

Конструктивно роликові підшипники складаються з внутрішнього і зовнішнього кілець, роликів та сепараторів, що служать для утримання роликів на однаковій відстані один від одного. Як правило, внутрішнє кільце підшипника закріплюють на шийці осі, а зовнішнє – в корпусі букси. Вільне перекочування роликів забезпечується радіальним зазором між ними і кільцями.

Циліндричні роликові підшипники (рис. 2.41) виготовляють закритого, напівзакритого і відкритого типів. Підшипники закритого і напівзакритого типів розраховані на сприйняття осьових навантажень *H*, що особливо важливо при роботі будь-якого рейкового рухомого складу. Підшипники відкритого типу осьових зусиль не передають. *Підшипники закритого типу* сприймають осьові зусилля буртами, наявними на внутрішніх і зовнішніх кільцях. Це обмежує переміщення шийки осі по відношенню до корпусу букси в межах осьового зазора в обидва боки (за довжиною шийки осі).

У *підшипників напівзакритого типу* осьові навантаження сприймає тільки один бурт, виконаний на одному з кілець, що обмежує переміщення шийки осі по відношенню до корпусу букси тільки в одному напрямку, а отже, і перешкоджає навантаженням, які діють на один бік шийки осі колісної пари. Ролики мають форму циліндра, твірна їх поверхні кочення є прямою, паралельною осі обертання підшипника і перпендикулярною радіальному навантаженню, що діє.

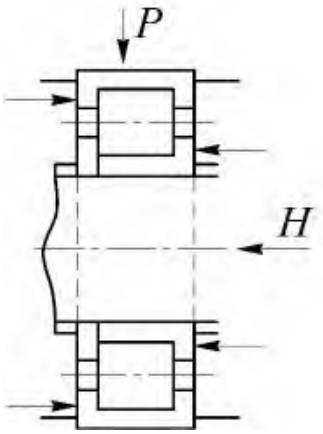


Рис. 2.41. Схема циліндричного роликового підшипника

Радіальне навантаження *P*, що припадає на ролик, рівномірно по всій довжині ролика повністю сприймається його поверхнею кочення. При дії радіальних навантажень в таких підшипниках відсутні будь-які горизонтальні зусилля. Це є перевагою циліндричних підшипників.

При дії на підшипник, крім радіального навантаження *P*, ще й осьового навантаження *H*, воно сприймається торцями роликів. При цьому між торцями роликів і буртами кілець виникають сили

тертя ковзання, які порушують нормальну роботу підшипника, призводять до перерозподілу вертикального навантаження P на ролик і виникнення перенапруг по кінцях.

Підшипники з конічними роликами виготовляються одно-, дво- і чотирирядними. Самі ролики мають форму зрізаного конуса, вісь якого розташована під кутом до осі обертання підшипника. Конічні ролики розташовують так (рис. 2.42), щоб їх геометричні осі перетиналися в одній точці, що лежить на осі обертання підшипника, чим попереджується проковзування.

Роликові підшипники розглянутих типів по-різному сприймають радіальні і осьові навантаження. Практика експлуатації роликових підшипників показала, що при відповідному виборі розмірів роликів і кута нахилу їх осі обертання тертя торців сферичних конічних роликів буде незначним. Жорсткі ж бокові удари, що виникають під час руху, пом'якшуються підшипниками зі сферичними і конічними роликами, що є їх великою перевагою в порівнянні з підшипниками з циліндричними роликами. Крім того, монтаж підшипників зі сферичними роликами вимагає меншої ретельності і точності, ніж монтаж підшипників з циліндричними і конічними роликами. Однак простіше виготовляти циліндричні підшипники.

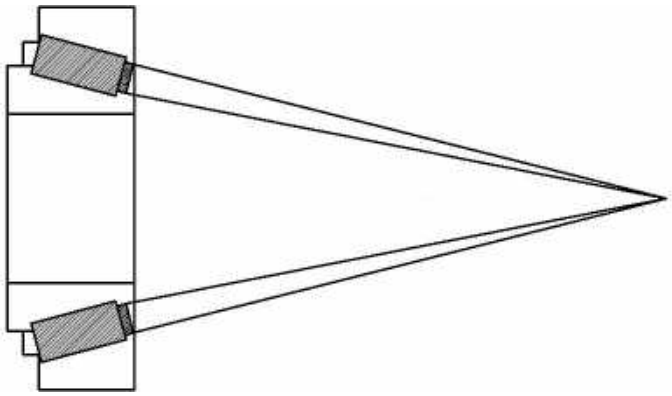


Рис. 2.42. Установлення роликових підшипників з конічними роликами

Зовнішні та внутрішні кільця, а також ролики виготовляють з хромової сталі, кільця сепараторів – зі сталі, бронзи, латуні або спеціальних матеріалів.

За способом посадки роликових підшипників на шийці осі розрізняють букси:

- з втулковою посадкою, здійснюваною за допомогою конічних втулок, що вставляються між шийкою осі і внутрішнім кільцем (рис. 2.43);

- з гарячою посадкою, тобто внутрішнє кільце надягають в гарячому стані безпосередньо на шийку, для цього їх нагрівають у мінеральних маслах;

- з пресовою посадкою, коли окремі підшипники або буксу насаджують на шийку осі під тиском преса (це супроводжується значними залишковими деформаціями поверхонь, що спрягаються).

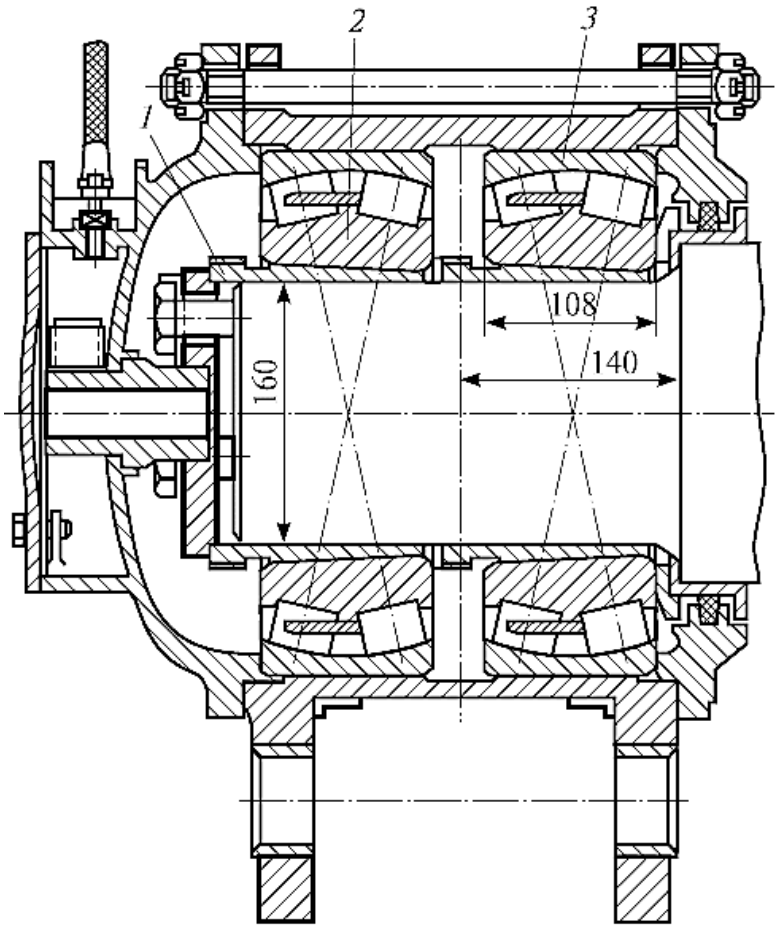


Рис. 2.43. Букса з втулковою посадкою

Втулкова посадка більш прийнятна, ніж гаряча або пресова, і тому їй віддається перевага при проектуванні букс. При втулковій посадці розміри корпусу букси збільшуються, але

виключається індивідуальний підбір підшипників до шийки осі за допуском на натяг. Один і той самий підшипник може бути посаджений на ту саму шийку необмежену кількість разів. Така посадка підшипника застосована в буксах електровозів серії Ф і $Ф_{п}$.

Осьова букса має два дворядних підшипники зі сферичними роликами з посадкою їх на осі за допомогою розрізної конічної втулки *1*. Сферичні (бочкоподібні) ролики сприймають радіальні і осьові навантаження. Внутрішні кільця *2* мають дві доріжки для кочення роликів з проміжним середнім буртом, що служить напрямним. Внутрішня поверхня зовнішнього кільця *3* окреслюється одним радіусом, більшим, ніж радіус сферичного ролика. Це забезпечує нормальну роботу підшипника при перекосі внутрішнього кільця відносного зовнішнього на кут до 3°.

Історично однією з перших конструкцій буксового вузла, в якому використана поступальна пара з плоскими напрямними, є так званий ***щелепний буксовий вузол***, у якому роль напрямних виконують «щелепи» рами візка, а роль повзуна – корпус букси.

Буксовий вузол може бути виконаний з використанням поступальної пари ***з циліндричними напрямними***. У таких буксових вузлах кінематична пара являє собою дві вертикальні циліндричні напрямні (шпінтони) і дві ковзаючі по них втулки (стакани). Як правило, шпінтони закріплені в рамі візка, а стакани – на буксі (рис. 2.44). Такі буксові вузли дозволили подолати деякі недоліки, властиві щелепним буксовим вузлам з плоскими напрямними. Насамперед, конструктивно простими засобами стало можливо ізолювати від зовнішнього середовища пару з поверхневим тертям і забезпечити подачу на неї рідкого мастила, що поліпшило умови її роботи, скоротило знос робочих поверхонь. Скороченню зносу сприяло також виконання стаканів з антифрикційної бронзи. Технологічна простота обробки циліндричних поверхонь дозволила забезпечити ковзну посадку шпінтона і стакана, внаслідок чого створюється беззазорне ведення колісної пари, що у свою чергу сприяє високій стійкості руху візка. До недоліків конструкції можна віднести необхідність застосування дефіцитної бронзи і необхідність періодичного додавання мастила. Останнє припустимо на локомотиві, але в умовах моторвагонного рухомого складу через велике число букс практично недоцільно.

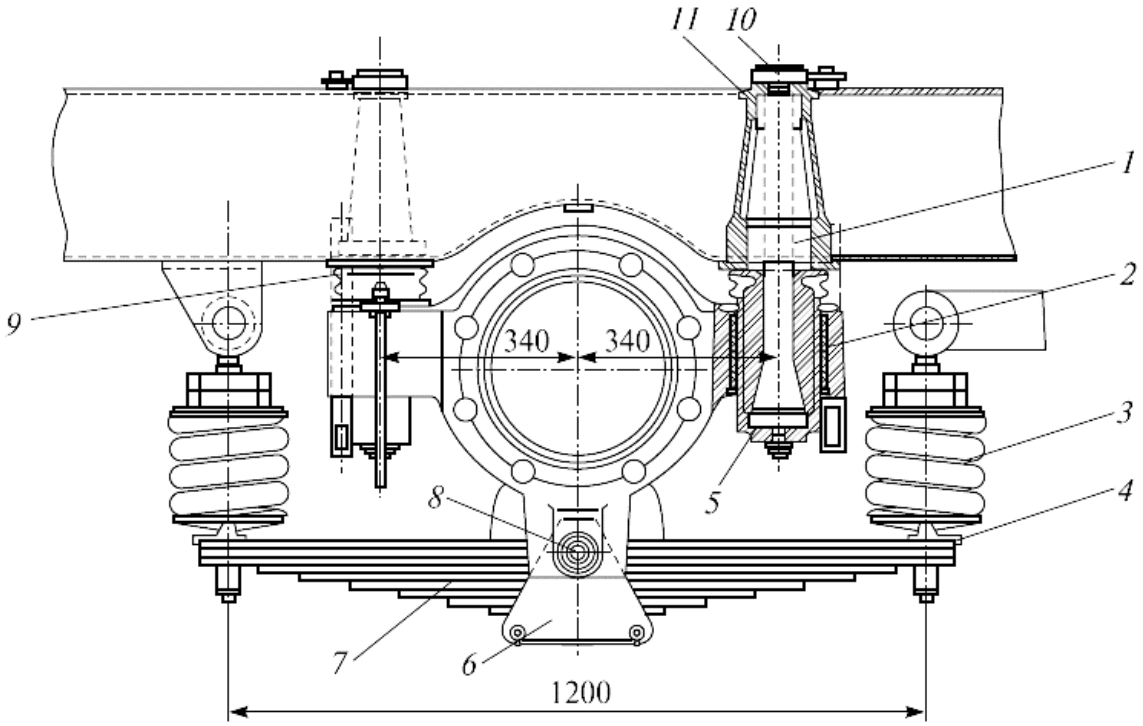


Рис. 2.44. Букса з циліндричними напрямними

Буксові вузли з неспіввісними циліндричними напрямними знайшли застосування на електровозах ЧС1, ЧС2, ЧС3, ЧС6, ЧС7, ЧС8, ЧС200. Конструкція (рис. 2.44) має два шпінтони *1*, запресовані в циліндричні посадкові місця литої основи *11*, шпінтони кріпляться гайками *10*. Робоча циліндрична поверхня шпінтона вільно, з мінімальними зазорами входить в бронзовий стакан *5*, що є одночасно ковзною втулкою і резервуаром рідкого мастила для пари, що треться. Стакан пов’язаний з приливком букси за допомогою циліндричного гумометалевого блока *2*. Для герметизації пари, що треться, стакан з’єднаний пилонепроникним гумовим чохлом (гармошкою) *9* з буртом шпінтона.

Вертикальне навантаження на буксу передається через нижню ресору *7*, щоки *6* і валик *8*. Послідовно з ресорою включені виті пружини *3*, що спираються на неї призматичними опорами *4*.

Як зазначалося вище, на рухомому складі в буксових вузлах знайшов застосування шарнірно-повідковий механізм, масове застосування якого почалося після створення гумових шарнірів (сайлен-блоків), що дозволили позбутися поверхневого тертя і пов’язаних з ним зносів.

Найбільшого поширення набув ***буксовий вузол з повідками, розташованими в різних рівнях***, застосований вперше фірмою Альстом (рис. 2.45). В межах відносних переміщень колісної пари і рами візка, що виникають в експлуатації (Δ=20 мм), механізм забезпечує практично прямолінійний поступальний рух корпусу букси. Повідці, що з'єднують буксу з рамою візка, мають по два гумових шарніри, в які входять циліндричні сайлент-блоки, що передають поздовжні сили, а також торцеві гумометалеві шайби-амортизатори, що сприймають переважно поперечні зусилля. Осі шарнірів по кінцях обробляють під клин, що забезпечує їх посадку без зазора у відповідні пази кронштейнів рами. Підбором розмірів гумових деталей і матеріалу гуми отримують різні значення жорсткості зв'язку букси з рамою за різними координатами. До недоліку вузла відносять значну приведену вертикальну жорсткість зв'язку, обумовлену скручуванням сайлент-блоків.

На рухомому складі на буксах першої (і останньої) колісних пар з правого боку встановлені приводи швидкостеміра. На електровозах з електродинамічним гальмуванням (реостатним або рекуперативним) встановлюються датчики швидкості у вигляді тахогенераторів.

Ревізію букс 1-го обсягу виконують на ПР-3, а також у таких випадках:

- при ненормальному шумі в підшипниках при прослуховуванні вузла (при піддомкраченій колісній парі);
- при виявленні підвищеного нагріву букси, при пошкодженнях буксового вузла під час аварії;
- при сході колісної пари з рейок при швидкості понад 20 км/год;
- при наявності повзуна глибиною більше 1,5 мм на колісній парі.

Роликову буксу розбирають без спресовки з осі лабіринтового кільця і внутрішніх кілець двох підшипників. Всі зняті деталі букси промивають і оглядають з вимірами зносу. При необхідності заміняють окремі вузли або підшипник. При складанні букси заміряють: радіальний зазор роликових підшипників 0,11÷0,28 мм; осьовий розбіг букси в підшипниках 1,0÷1,7 мм.

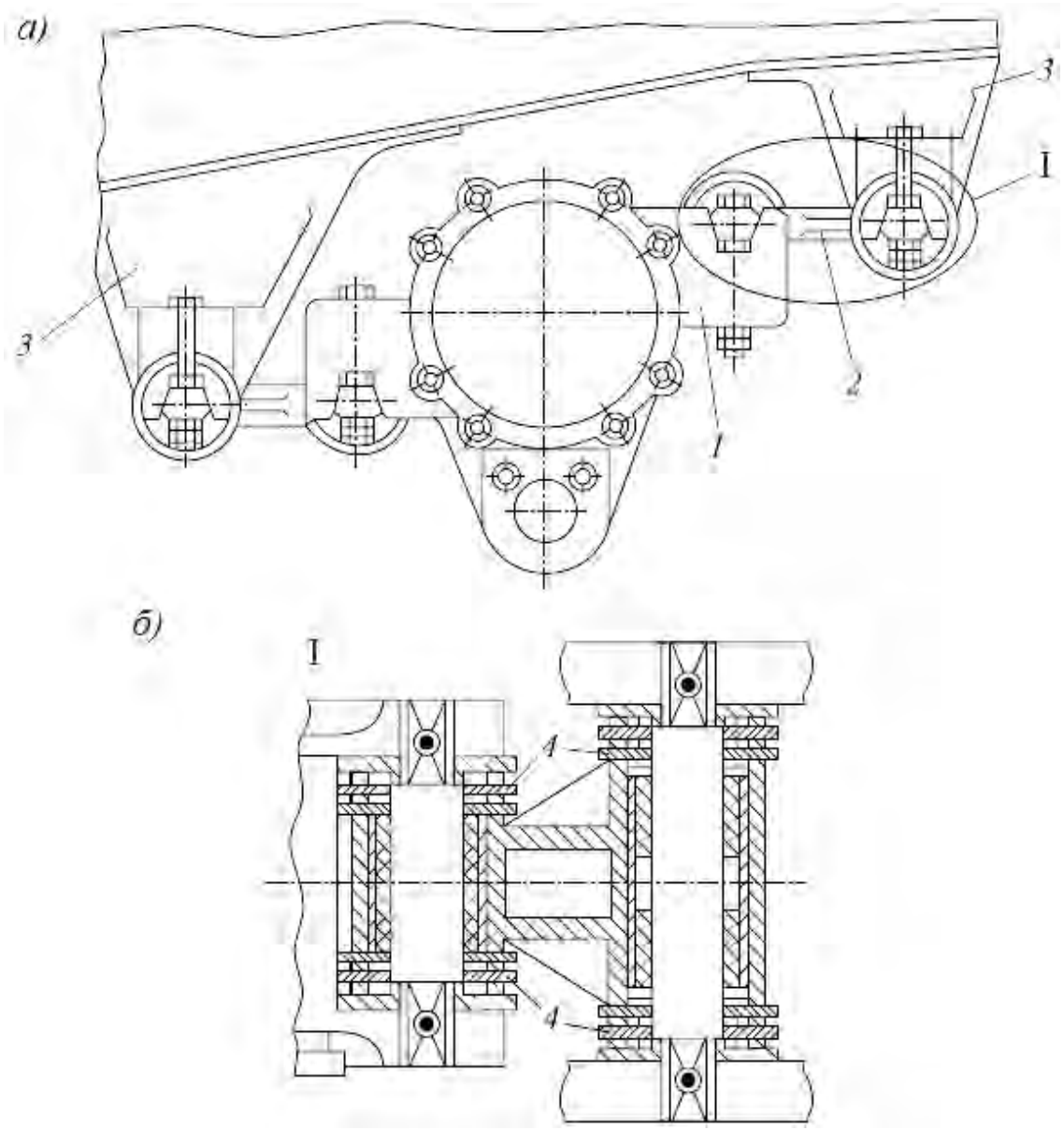


Рис. 2.45. Повідкова букса:
а – загальний вигляд; *б* – вузол повідка;
1 – корпус букси; *2* – повідок; *3* – приливок до рами візка під кріплення повідків; *4* – сайлент-блоки

Ревізію букс 2-го обсягу виконують на КР-1 (і при кожному повному огляді колісної пари).

Буксовий вузол причіпних вагонів електропоїздів ЕР2 і ЕР2^{Т} (ЕД) має сталевий, литий корпус букси (рис. 2.46), виконаний для безщелепного підвішування; являє собою одне ціле з опорними чашками для установлення надбуксових циліндричних пружин. У чашках є отвори для проходу шпінтонов.

Підшипники застосовують такі самі, як і в буксі моторного вагона електропоїзда ЕР2, але тільки встановлюють їх на шийку осі без дистанційних кілець (впритул). Монтаж букси і підшипників здійснюють у такому ж порядку, як і на моторному вагоні електропоїзда ЕР2. На головних вагонах на першій колісній парі знаходиться привод швидкостеміра.

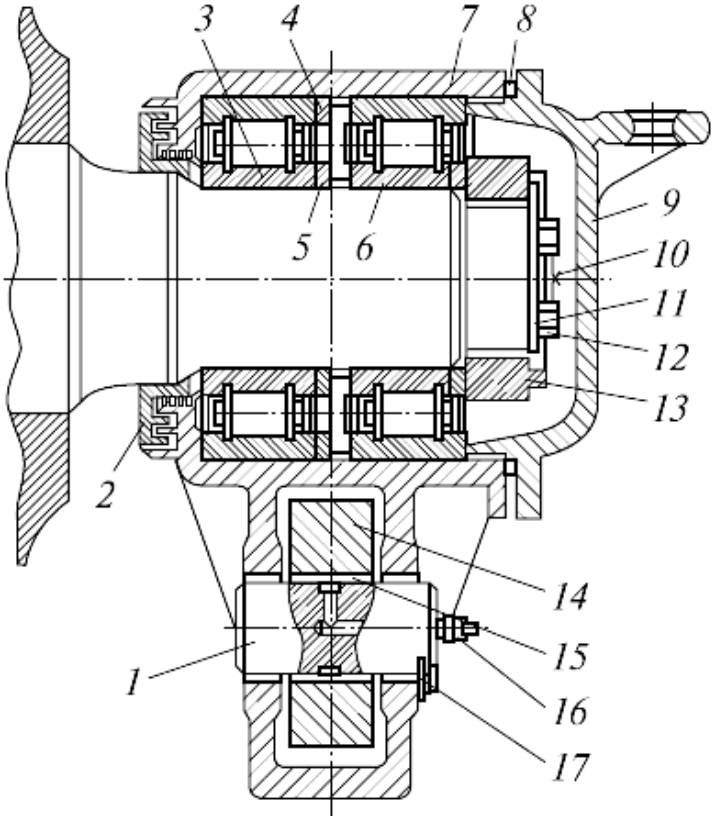


Рис. 2.46. Букса моторного вагона електропоїзда ЕР2:
1 – валик балансира; *2* – лабіринтове кільце; *3*, *6* – підшипники; *4*, *5* – велике і мале дистанційні кільця; *7* – корпус букси; *8* – ущільнювальне кільце; *9* – кришка; *10* – дріт; *11* – стопорна планка; *12* – болт; *13* – торцева гайка; *14* – балансир; *15* – втулка; *16* – кулькова маслянка; *17* – стопорна пластина

Надбуксове ресорне підвішування (рис. 2.47) складається з двох дворядних циліндричних пружин *2* і *3* (зовнішньої і внутрішньої), які надіті на сталеві литі шпінтони *1*, що служать напрямними.

Шпінтони кріплять болтами до поздовжньої балки рами візка. На верхні кінці зовнішніх пружин *2* спирається рама візка, а нижні кінці пружин стоять на гумових гасителях *6*, *8*,

армованих сталевими підкладками *4*, що оберігають гуму від зносу. Гумові гасителі встановлені на дно чашки крил корпусу букси. Підкладка *7* нижнього гасителя виконана разом зі стаканом, який служить для запобігання видавлюванню гуми. Таким чином, вертикальне навантаження візка передається через зовнішні пружини *2* і гумові гасителі *6*, *8* на корпус букси. Нижні кінці шпінтонів *1*, що мають різь, проходять крізь отвори в чашках букси. На них нагвинчена гайка *10*, зверху якої знаходиться пружинна шайба *11*, що служить для пом'якшення ударів гайки об крило букси під час руху візка по нерівностях колії. Для запобігання самовідкрученню гайки встановлений шплінт.

Фрикційний гаситель надбуксового підвішування причіпного вагона складається з шести «сухарів» *13*, що охоплюють напресовану на шпінтон *1* гільзу *12*, двох конічних кілець *5*, *9* і внутрішньої пружини *3*. «Сухарі» розташовані між двома конічними кільцями *5* і *9*, верхнє з яких постійно підтискається внутрішньою пружиною *3*, що упирається в потовщену частину шпінтона, а нижнє лежить на уступі нижнього гумового гасителя *8*.

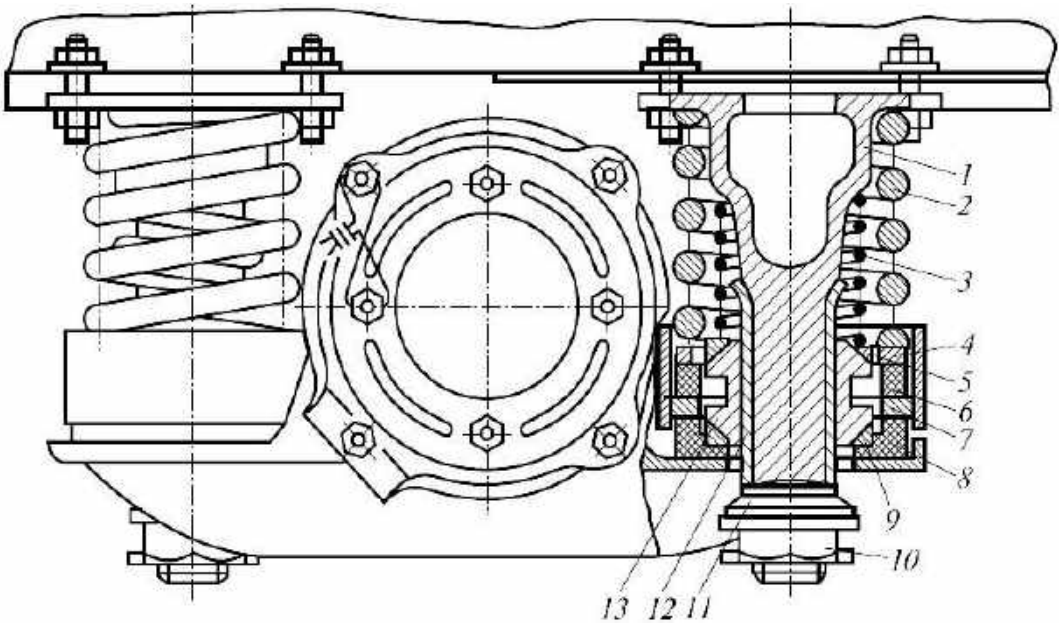


Рис. 2.47. Надбуксове підвішування причіпного вагона електропоїзда ЕР2

Під впливом пружини і завдяки подвійній конусності «сухарів» і кілець виникають сили, що притискають сухарі до гільзи шпінтона і викликають тертя між ними. Таким чином, гасяться всі коливання, що виникають у надбуксовому підвішуванні. Конструкція фрикційного гасителя не вимагає догляду і регулювання під час експлуатації.

Буксовий вузол моторного вагона електропоїзда ЕР2^{Т} (рис. 2.48) має литий, сталевий корпус *2*, виконаний для безщелепного підвішування, із ступінчастим розташуванням крил для установлення надбуксових ресор і з двома приливами (один вгорі, інший внизу) для кріплення повідків *3*. Повідки одним кінцем валиками з'єднані з кронштейном рами візка, а іншим – з приливком корпусу букси.

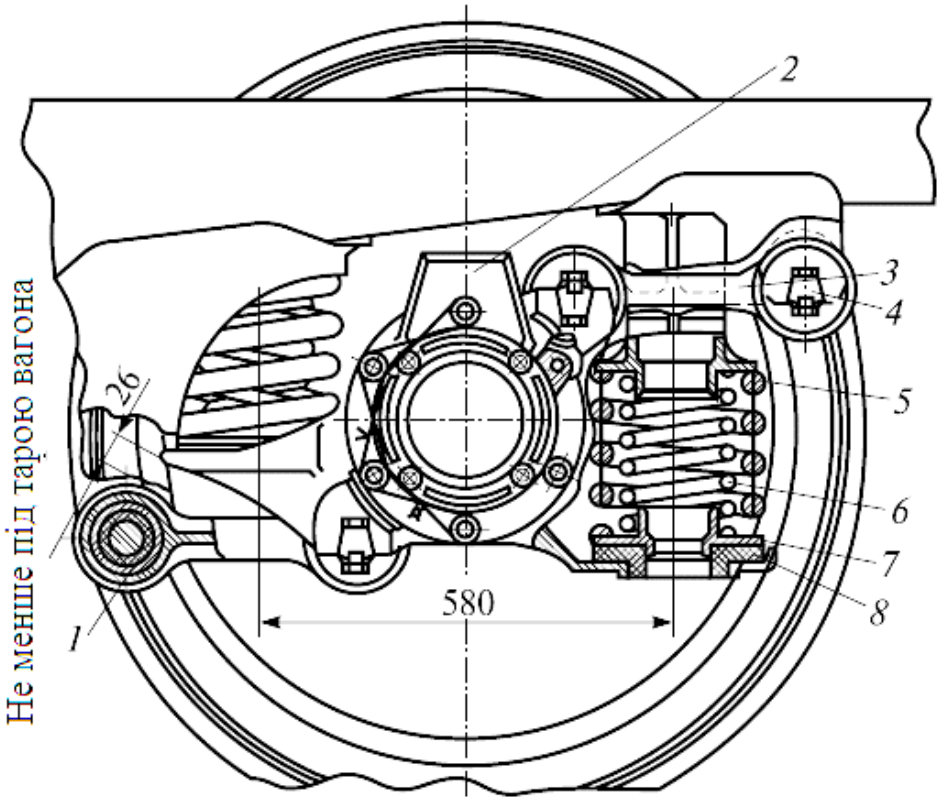


Рис. 2.48. Надбуксове підвішування електропоїзда ЕР2^{Т}:
1 – гумометалева втулка; *2* – корпус букси; *3* – повідок;
4 – валик підвіски; *5* – зовнішня пружина; *6* – внутрішня пружина; *7* – стакан; *8* – гумовий ущільнювач

Приливки корпусу букси і кронштейни рами мають клиноподібні пази, в які входять головки валиків *4* повідків, закріплюються болтами зі стопорними шайбами. Повідки

насаджені на валики з натягом за допомогою гумових втулок *1* і призначені для обмеження розбігу колісної пари при проходженні нерівностей колії. Розбіг в поздовжньому напрямку повинен бути не більше 1 мм, у поперечному – не більше 7,5 мм. До задньої частини корпусу букси *2* (рис. 2.48) болтами з пружинними шайбами кріплять задню лабіринтову кришку *12* (рис. 2.49).

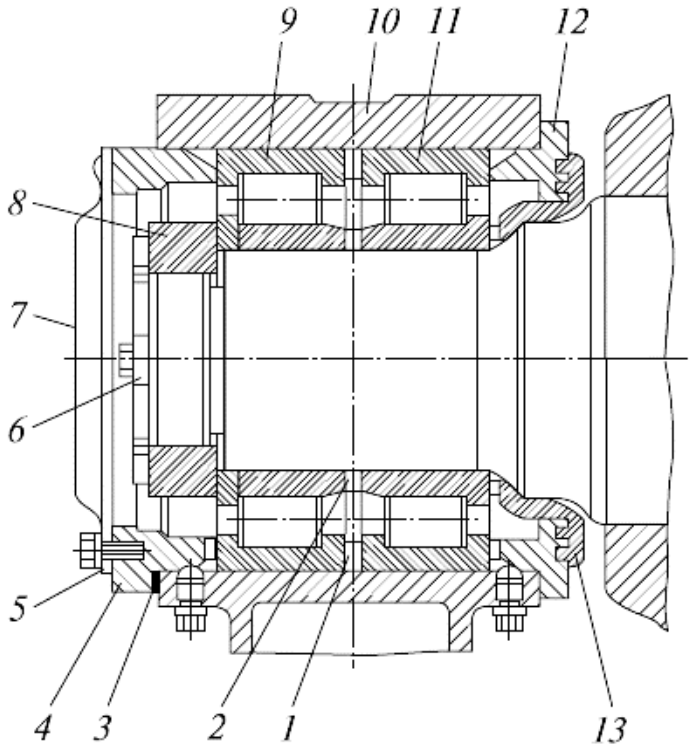


Рис. 2.49. Букса електропоїзда ЕР2Т (ЕД):
1, *2* – мале і велике дистанційні кільця; *3* – кільце ущільнювача;
4 – кришка букси; *5* – прокладка; *6* – стопорна планка;
7 – оглядова кришка; *8* – торцева гайка; *9*, *11* – підшипники;
10 – корпус букси; *12* – задня кришка; *13* – лабіринтове кільце

Усередині букси встановлені два роликових підшипники *9* і *11*, між якими знаходяться дистанційні кільця *1* і *2*. У верхній частині стінки корпусу букси є отвір, а в дистанційному кільці – кільцева канавка і вісім радіальних отворів, через які в порожнину підшипників подається мастило. Відпрацьоване мастило видаляється з букси через два отвори в нижній частині корпусу. В експлуатації отвори закриті пробками. Складання букси виконують у такому самому порядку, як і на моторному вагоні електропоїзда ЕР2.

Крім кришки *4* букси, є ще оглядова кришка *7*, на місце якої може бути встановлений датчик протиюзного пристрою (з правого боку).

Підшипники в буксі моторного вагона електропоїзда ЕР2^{Т} такі самі, як і в буксі моторного вагона електропоїзда ЕР2. У буксу закладають 2,5 кг мастила ЖРО.

Надбуксове ресорне підвішування (рис. 2.48) складається з двох комплектів циліндричних пружин. На опорних поверхнях букси розташовані гумові гасителі, армовані сталевими опорними стаканами, на які встановлено дворядні циліндричні пружини. На їх верхні кінці спирається рама візка, для чого на ній передбачені також опорні стакани.

У буксовому вузлі передбачений фрикційний гаситель, будова і призначення якого аналогічні влаштуванню і призначенню фрикційного гасителя коливань, встановленого в буксовому вузлі візка моторного вагона електропоїзда ЕР2. Крім робіт при ревізії букс 1-го обсягу, з осі спресовуються внутрішні кільця двох підшипників і лабіринтове кільце.

Монтаж букси і підшипників виконують у такому порядку: на шийку осі напресовують в гарячому стані лабіринтове кільце *2* (рис. 2.46), далі – внутрішнє кільце підшипника *3* із заднім упорним бортиком, мале дистанційне кільце *5*, внутрішнє кільце підшипника *6* із знімною упорною шайбою. Потім надягають корпус букси зі вставленими в нього зовнішніми кільцями з обоймами підшипників і великим дистанційним кільцем *4* між ними. Деталі, напресовані на вісь, стягують торцевою гайкою *13*, для запобігання відкрученню якої передбачена стопорна планка *11*, закріплена двома болтами *12*, з'єднаними дротом *10*. Деталі, вставлені в порожнину букси, фіксуються кришкою *9*, що має кронштейн для фрикційного гасителя. Після складання букси в неї закладають 2,5 кг мастила ЖРО.

При різних неполадках буксового вузла в процесі експлуатації можливе підвищення його температури. Нагрівання буксового вузла визначається машиністом або іншим обслуговуючим персоналом шляхом прикладання тильного боку долоні руки до корпусу букси. При неможливості тримати руку, що відповідає температурі приблизно плюс 70÷80 °С, букса вважається перегрітою. Також для визначення нагріву буксових

вузлів на шляху прямування служать різні колійні пристрої (ДИСК, КТСМ та ін.), які передають інформацію про температуру вузла, вказують бік нагріву і номер осі черговому по станції або машиністу.

Причини нагрівання роликової букси понад плюс 70÷80 °С:

- нестача або надлишок мастила, забруднення мастила;
- руйнування роликів або інших деталей усередині корпусу букси;
- прокручування внутрішнього кільця підшипника на осі колісної пари або прокручування зовнішнього кільця підшипника в корпусі букси;
- тертя лабіринтового кільця об задню кришку букси;
- мимовільне відкручування корончатої гайки з осі колісної пари і тертя її об передню кришку букси зсередини.

Заземлювальний пристрій служить для запобігання електроерозії буксових підшипників колісних пар. На електропоїздах перших випусків він був встановлений на осі колісної пари. Впритул до переднього підшипника редуктора напресовано заземлювальне кільце, а корпус заземлювального пристрою прикріплений шістьма болтами до опорного стакана. Складається корпус з двох алюмінієвих половин (для можливості монтажу і демонтажу без розбирання колісної пари), скріплених чотирма призонними болтами. Верхня половина корпусу має порожнину, що закривається кришкою, в якій монтують щіткотримач з двома міднографітними щітками. Щітки замінюють при зносі за висотою до 20 мм.

На сучасних експлуатованих електропоїздах заземлювальні пристрої монтують на торцях буксових кришок по два на кожний візок моторного вагона. Складається він з алюмінієвого корпусу *8* (рис. 2.50), усередині якого встановлений пластмасовий щіткотримач *3*. Корпус заземлювального пристрою з’єднаний з кришкою *10* букси шістьма болтами *2*. Щіткотримач має важільний пристрій *6*, що притискає щітки до контактної поверхні струмознімального диска *11*. Диск встановлений в проточці лабіринтового кільця *12* і прикріплений до нього чотирма болтами, застопореними пластинчатими шайбами.

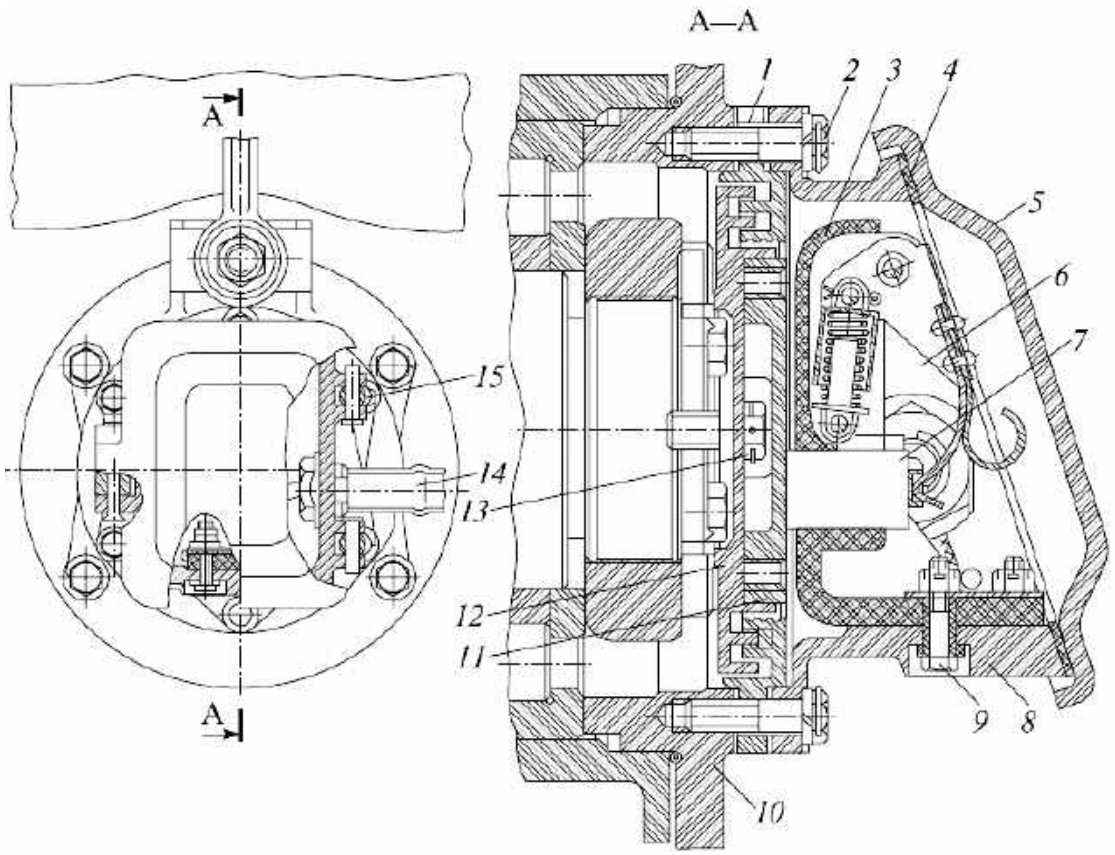


Рис. 2.50. Заземлювальний пристрій

Лабіринтове ущільнення, утворене кільцевими канавками в кришці *1* і кільцях *12*, захищає щітки від попадання на них мастила з порожнини букси. Лабіринтове кільце прикріплене до торця осі двома болтами *13*. Кришка *5* заземлювального пристрою, забезпечена м'якою гумовою прокладкою *4*, захищає механізм від попадання пилу і вологи. Вона щільно притиснута до корпусу пристрою двома відкидними болтами *15* з гайками.

До заземлювального болта *9* під'єднані наконечники струмоведучого проводу і двох щіток *7*. Зовні струмоведучий провід захищений дюритовим шлангом, надітим на штуцер *14*. Всі струмоведучі елементи ізольовані прокладками, а болти, що кріплять щіткотримач, – поліхлорвініловими трубками, що виключає проходження струму через корпус заземлювального пристрою і буксові підшипники.

Питання для самоконтролю

1. Яке призначення буксових вузлів?
2. Яка природа виникнення радіальних і аксіальних навантажень?
3. Які основні елементи включає в себе буксовий вузол?
4. За якими ознаками класифікують буксові вузли?
5. Назвіть конструктивні особливості буксових вузлів з підшипниками ковзання.
6. З яких елементів складається підшипник буксового вузла? Які тіла кочення в них використовуються?
7. Які особливості підшипників закритого і відкритого типів?
8. Як розташовують конічні ролики в підшипниках?
9. Які конструктивні особливості щелепних буксових вузлів?
10. Які особливості конструкції, переваги та недоліки буксового вузла з гумометалевими шарнірами?

2.6. РЕСОРНЕ ПІДВІШУВАННЯ І ГАСИТЕЛІ КОЛИВАНЬ

2.6.1. Призначення ресорного підвішування

Ресорне підвішування – сукупність листових і циліндричних ресор зі сполучними проміжними деталями, яка служить для пом'якшення та часткового гасіння коливань, викликаних нерівностями колії, для забезпечення плавності ходу вагона і повернення кузова в нормальний стан після проходження кривої ділянки колії.

Тягові властивості, міцність вузлів і плавність ходу рухомого складу багато в чому залежать від конструкції його ресорного підвішування. Правильно спроектоване ***ресорне підвішування повинно забезпечувати***:

- найменший динамічний вплив на колію;
- найкращу амортизацію ударів, що передаються локомотиву або вагонам під час руху по нерівностях колії;
- вирівнювання навантажень колісних пар та окремих коліс і якомога вищий коефіцієнт використання зчіпної ваги;
- зручність огляду та ремонту зношених деталей;
- нормальні умови роботи локомотивної бригади.

Від конструкції і параметрів системи ресорного підвішування залежить напружений стан вузлів механічної частини, який визначається співвідношенням силових факторів, що діють на підресорені частини рухомого складу. До цих факторів належать вертикальні статичні і динамічні зусилля, напрямні горизонтальні зусилля в кривих, а також поперечні зусилля, що виникають під час руху в прямих. Співвідношенням зазначених факторів визначаються умови стійкості ЕРС проти сходу з рейок, тобто ступінь безпеки і плавності ходу.

2.6.2. Принцип поділу мас

Під час руху коліс рухомого складу по рейках між ними виникають динамічні навантаження, які можуть призвести до негативних наслідків. Це пояснюється тим, що при збільшенні

швидкості руху сили взаємодії зростають до досить великої величини, що перевищує силу тиску колеса на рейку. З часом це може призвести до руйнування колісних пар і до розладу елементів верхньої будови колії.

Як відомо, конструкція перших електровозів мала ряд особливостей, зокрема наявність загальної рами кузова, на якій розміщувалися електричні апарати, тягові двигуни, гальмівне обладнання, елементи тягового привода і т. п.

Неважко припустити, що навантаження від даних елементів, передаючись через колісні пари на колію, могло викликати певні розлади колії та елементів механічної частини. Однак зменшити динамічні сили можна, знизивши масу ЕРС, але це може привести до зменшення реалізованої сили тяги по зчепленню колеса з рейкою.

Для забезпечення нормального зчеплення з одночасним зменшенням динамічних навантажень в конструкцію локомотивів вносяться певні зміни, але зводяться вони до того, щоб вага електровоза залишалася попередньою, а його маса ділилася на кілька окремих мас, які з'єднувалися б між собою пружними елементами. Такий поділ прийнято називати «***принципом поділу мас***».

Виділяють такі маси електровоза (рис. 2.51):

- ***маса кузова*** $M_к$, що включає масу рами кузова і всього обладнання, розташованого в ньому;
- ***маса візків з обладнанням***;
- ***маса рам візків*** $M_в$, тягових двигунів і редукторів (залежно від класу приводу), гальмівне обладнання;
- ***маса непідресорена***, включаючи масу колісних пар, букс, тягових двигунів і редукторів (залежно від класу приводу).

З'єднання вищевказаних мас здійснюється елементами системи ресорного підвішування. Система складається з двох рівнів:

І рівень – буксова ступінь, розташована поруч з буксами, що з'єднує непідресорену масу з масою візка $M_в$;

ІІ рівень – кузовна (центральна) ступінь – з'єднує маси $M_в$ і $M_к$.

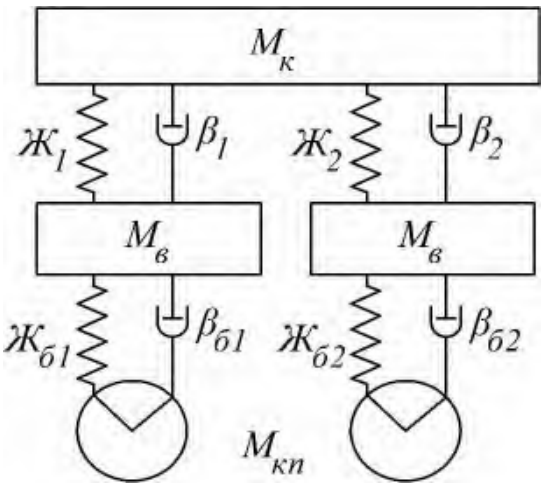


Рис. 2.51. Принцип поділу мас:
$M_к$ – маса кузова; $M_в$ – маса візка; $M_{кп}$ – маса колісної пари;
$Ж_1$ і $Ж_2$ – жорсткість ресорного підвішування кузовної ступіні першого та другого візків; $Ж_{б1}$ і $Ж_{б2}$ – жорсткість ресорного підвішування буксової ступіні першого та другого візків

2.6.3. Перший ступінь – буксове ресорне підвішування

Букса є частиною першого ступеня буксового ресорного підвішування. Перший ступінь підвішування є проміжною еластичною ланкою між рамою візка і колісними парами, її призначення – пом'якшувати удари, що передаються кузову ЕРС, викликані нерівностями колії, передавати вагу кузова і візків на окремі колісні пари і вирівнювати навантаження на них, а також зменшувати вплив ЕРС на колію.

Підвішування може бути ***незалежним*** і ***збалансованим*** (спряженим). При передачі навантаження від рами візка на кожну буксу через окремі еластичні елементи (ресори, пружини, гумометалеві блоки), не пов'язані з еластичними елементами інших колісних пар, підвішування називається ***незалежним***. При незалежному підвішуванні тиск коліс на рейки залежить від коливань надресорної будови, правильності розваження, стану елементів підвішування та інших факторів. (Нерівність навантажень погіршує використання зчіпної ваги, обмежує величину сили тяги, що розвивається електровозом. При ***збалансованому*** ресорному підвішуванні окремі його елементи з'єднуються між собою балансирами, що забезпечують між

окремими колісними парами кінематичний зв'язок і вирівнювання навантажень. Властивості одержуваного таким шляхом збалансованого підвішування залежать від його конструкції. Для поліпшення роботи система повинна мати мінімальні тертя і інерцію.

Розрізняють ***верхню***, ***нижню*** і ***проміжну*** системи підвішування. У першому випадку еластичні елементи розташовуються над буксами (***надбуксове підвішування***), а в другому – під буксами (***підбуксове підвішування***) колісних пар. Третя система, ***проміжна*** – характеризується розташуванням еластичних елементів збоку від букс при одному або різних рівнях. Верхнє підвішування застосовано на ВЛ8, нижнє – на ВЛ10, ВЛ80, ЧС2, ЧС7 (рис. 2.52), проміжне – на ЕР2, ЕП1, ЕР200.

На вантажних електровозах конструкція буксової ступіні ресорного підвішування уніфікована.

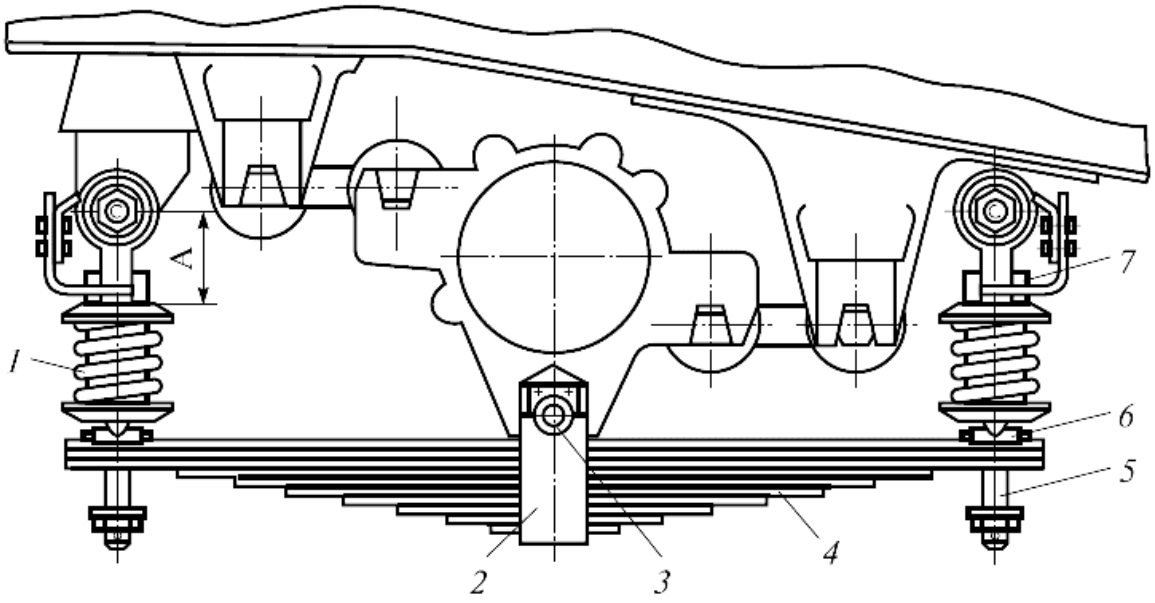


Рис. 2.52. Буксова ступінь з нижнім підвішуванням на електровозах ВЛ10 і ВЛ80:
1 – пружина; *2* – хомут; *3* – стягнутий болт; *4* – ресори; *5* – стрижень; *6* – упор; *7* – скоба

Елементи системи ресорного підвішування можна об'єднати в дві основні групи: ***дисипативні*** і ***пружні***. До першої групи відносяться листові ресори, гідравлічні й фрикційні гасителі

коливань, тобто такі елементи, в яких виникає сила тертя (дисипації), яка сприяє гасінню коливань. До другої групи відносять циліндричні ресори (пружини).

2.6.4. Листові ресори

Листові ресори – елементи, що володіють здатністю гасити вертикальні коливання за рахунок сил тертя, що виникають між листами при прогинах ресор. Листові ресори (рис. 2.53) виготовляються з листів ресорно-пружинної кременистої сталі марок 55С2 і 60С2. Конструктивно ресора складається з окремих листів товщиною від 7 до 16 мм, шириною 63÷120 мм.

Верхній (найдовший) лист ресори називається ***кореневим***, розташовані під ним листи такої ж довжини – ***підкореневими***. Інші листи мають різну довжину і називаються ***набірними***. Для запобігання поперечному зсуву листи зазвичай виконують з жолобчастої сталі.

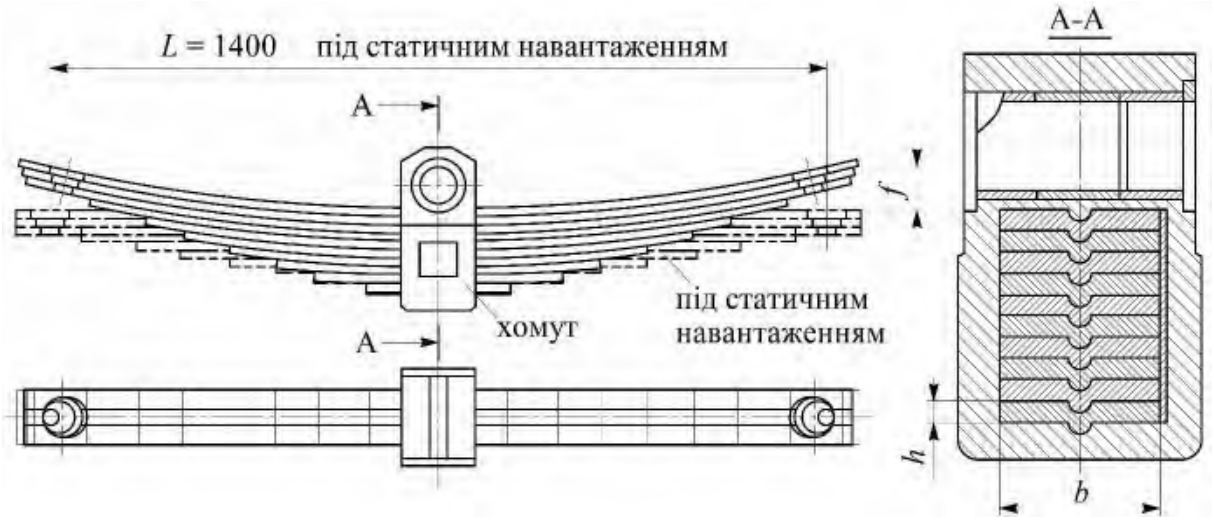


Рис. 2.53. Листова ресора

У гарячому стані листи згинають так, що більш короткі листи мають більшу кривизну, що забезпечує їх щільне прилягання. Листи ресори піддають термообробці (загартовування при температурі 870 °С в маслі і відпуск при повторному нагріванні до 470 °С), а потім дробоструминному наклепу, щоб підвищити межу витривалості. Для підвищення чутливості ресори до зміни

навантаження і зменшення зносу листів їх поверхні змащують сумішшю машинного масла (25 %), солідолу (25 %) та графіту (50 %). На пакет листів у середній частині надягають хомут в гарячому стані і обтискають його одночасно з усіх боків на пресі. Матеріал хомута – вуглецева сталь 10 або Ст3. Для зниження концентрації напружень кромки листів біля торців заокруглені. Через різну кривизну листів і наявність стягуючого хомута між листами ресори виникають напруження навіть при відсутності зовнішнього навантаження.

Основними характеристиками листової ресори є її довжина, стріла прогину і коефіцієнт жорсткості.

За ***довжину ресори*** приймають відстань L між центрами отворів корінного листа. Довжина змінюється залежно від навантаження, тому розрізняють довжину ресори у вільному стані і розрахункову довжину (при розрахунковому навантаженні).

Стрілою прогину ресори називають відстань від прямої, що з'єднує центри отворів у верхньому листі, до його поверхні в середній частині ресори. Для ресори у вільному стані цю відстань називають ***фабричною стрілою,*** або ***стрілою прогину*** у вільному стані. Різниця стріл прогину без навантаження і під навантаженням дорівнює прогину ресори. ***Статичним*** f_{cm} називають прогин ресори під статичним навантаженням P_{cm}.

Коефіцієнт жорсткості характеризує пружні властивості ресори. Зміна прогину ресори супроводжується тертям між її листами. Міжлистове тертя в ресорі призводить до того, що характеристики ресори (залежність між навантаженням і прогином) при збільшенні і зменшенні навантаження не збігаються.

Характеристика, що відповідає навантаженню (O_1A), проходить вище теоретичної (OC), а при розвантаженні (O_2B) – нижче її (рис. 2.54).

Отже, ресора має мовби два коефіцієнти жорсткості, півсума яких дорівнює теоретичному коефіцієнту жорсткості. Як видно з рис. 2.54, збільшення навантаження, наприклад з P_1 до P_2 викликає збільшення прогину на Δf. Зменшення ж навантаження з P_2 до P_3 не дає зміну прогину ресори, так як зміна навантаження витрачається на подолання внутрішнього тертя між

листами. Подальше зменшення навантаження, наприклад до P_4, викликає зменшення прогину на величину Δf .

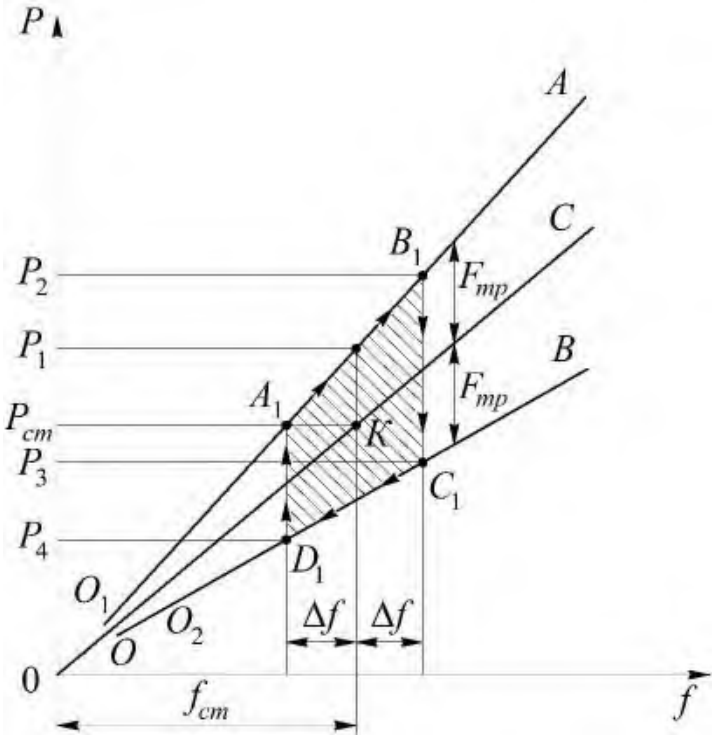


Рис. 2.54. Характеристика листової ресори

Площа фігури визначає роботу сил тертя. При зменшенні навантаження від P_2 до P_1 прогин ресори не змінюється, тобто в цій зоні ресора працює як жорстка балка і не пом'якшує удари, що передаються на раму візка. Відрізок AC визначає, таким чином, зону нечутливості ресори при даному статичному прогині (навантаження передається на раму візка жорстко – у вигляді удару).

Велике внутрішнє тертя негативно впливає на роботу ресор. Інший недолік – мінливість величини внутрішнього тертя. Нові листи мають змащені поверхні, тому забезпечується порівняно невелике внутрішнє тертя. З часом коефіцієнт тертя між листами збільшується внаслідок забруднення поверхонь і появи іржі, і ресора стає більш жорсткою. У нових ресор зона нечутливості становить 10÷20 % (від статичного навантаження) для ресор першого ступеня, але через чотири роки експлуатації зона нечутливості збільшується в 2÷3 рази. У цьому зв'язку, незважаючи на те, що застосування ресор в ряді випадків

дозволяє спростити конструкцію підвішування, на сучасних пасажирських електровозах їх використовують обмежено; перевага віддається пружинам і іншим деталям.

2.6.5. Пружини

У ресорному підвішуванні локомотивів застосовують циліндричні гвинтові пружини (рис. 2.55) з прутків поперечного круглого (у більшості країн) або прямокутного (у Швейцарії) перетину. Матеріал прутків – гарячекатана кремениста сталь марки 55С2 або 60С2. Після термічної обробки (загартування в маслі при температурі 870 °С і відпуску при 460 °С) межа текучості матеріалу повинна складати $\sigma_m = 1200$ МПа, а твердість за Брінеллем НВ 375÷444.

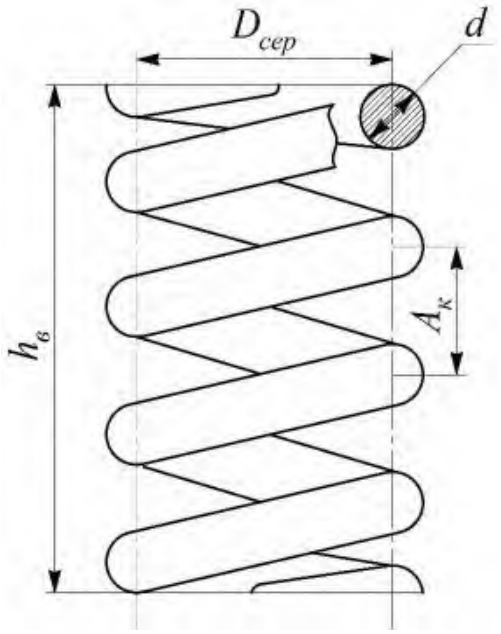


Рис. 2.55. Гвинтова пружина

Термічно оброблені пружини повинні бути зміцнені наклепом дробом або заневолюванням, яке здійснюється або навантаженням пружини до створення в ній напружень вище межі текучості і витримкою при цих напруженнях впродовж тривалого часу (не менше 12 годин), або багаторазовим (не менше 10 разів) обтисненням пружини зі створенням у ній

напружень вище межі текучості. При дрібноструменевому наклепі поліпшуються механічні характеристики матеріалу і усуваються дрібні дефекти на поверхні. При заневолюванні в результаті пластичних деформацій у зовнішньому шарі прутка утворюються залишкові напруження, за знаком протилежні напруженням при навантаженні, тому сумарні напруження при навантаженні менше, ніж були б без заневолювання. Заневолювання дозволяє зменшити розміри пружин без зниження їх міцності.

У деяких випадках для підвищення межі витривалості заготовки для пружин перед навиванням шліфують. Опорні поверхні пружини повинні бути плоскими і розташовані перпендикулярно осі пружини.

Перед навиванням кінці прутка відтягують для утворення опорного витка пружини – в 3/4 нормального (повного) витка. Тому число робочих витків n_p, що визначають жорсткість пружини, на півтора витка менше їх загального числа n. Циліндричні пружини мають такі геометричні параметри (рис. 2.55):

- діаметр прутка d;
- середній діаметр пружини $D_{сер}$;
- висота пружини у вільному стані $h_в$;
- число робочих витків пружини n_p;
- крок витків $A_к$;
- індекс пружини $c = D/d$.

У підвішуванні електровозів застосовують одно- і дворядні пружини; дуже рідко зустрічаються трирядні. Дворядні (і більш) пружини розташовують концентрично одну усередині іншої з навиванням в різні боки. Відстань між витками повинна вибиратися так, щоб в експлуатації не було повного стиснення, $f_{ст1} = f_{ст2}$.

Особливість пружин полягає в тому, що їх внутрішнє (молекулярне) тертя настільки мале, що не робить впливає на роботу пружин. В результаті, отримавши ту чи іншу деформацію, пружина прагне повернутися в початкове положення. У листової ресори відношення енергії сил внутрішнього (міжлистового) тертя до потенційної енергії стисненої ресори велике і досягає 50 %. У пружин ця величина дорівнює нулю і вся потенційна

енергія стисненої пружини йде на розвиток коливань. Для гасіння коливань в систему підвішування необхідно вводити елементи, що створюють опір коливанням і не мають відновлювальної пружної сили. При відсутності гасителів коливань може настати резонанс, коли частота змушених коливань збігається з частотою власних коливань надресорної будови. Для поглинання енергії коливальних мас на електровозах застосовують фрикційні й гідравлічні гасителі, які встановлюються паралельно з пружинами.

Подвійне ресорне підвішування застосовано на візках електропоїздів ЕР2 і ЕР2^{Т} (ЕД). Перший ступінь підвішування розташований в буксовому вузлі, другий – між кузовом і рамою візка. Обидва ступені працюють послідовно. У ресорному підвішуванні використані тільки циліндричні пружини.

Центральне підвішування візка моторного вагона електропоїзда ЕР2 складається з чотирьох підвісок *12* (рис. 2.56), верхні головки яких шарнірно закріплені на поздовжніх балках рами візка і зверху закриті ковпачками *3*. До нижніх головок підвісок за допомогою валиків і чотирьох сережок підвішений сталевий литий піддон *7*, на якому встановлені два комплекти *6* дворядних циліндричних пружин.

Кожен комплект складається із зовнішньої пружини діаметром 240 мм і внутрішньої – діаметром 170 мм. На пружинних комплектах (по два з кожного боку) встановлені надресорні бруси *4* коробчастого перетину, зварені з листової сталі. Бруси щодо рами візка пружно фіксовані двома повідками з гумометалевими гасителями *2*.

Кожна підвіска являє собою кований стрижень з двома головками. В отвір верхньої головки вставлені втулка валика, що запобігає зносу отвора, і валик, який спирається на вкладиш підвіски. Підвіска проходить крізь вертикальний отвір в поздовжній балці, в який уварена труба, що має упори для вкладишів. Допускається установлення прокладок під вкладиші для регулювання висоти вагона. У нижній головці є циліндричний отвір, в який запресована загартована втулка. На кожному кінці піддону також є по отвору з запресованими загартованими втулками. У ці отвори вставлені валики, головки яких мають прямокутну форму.

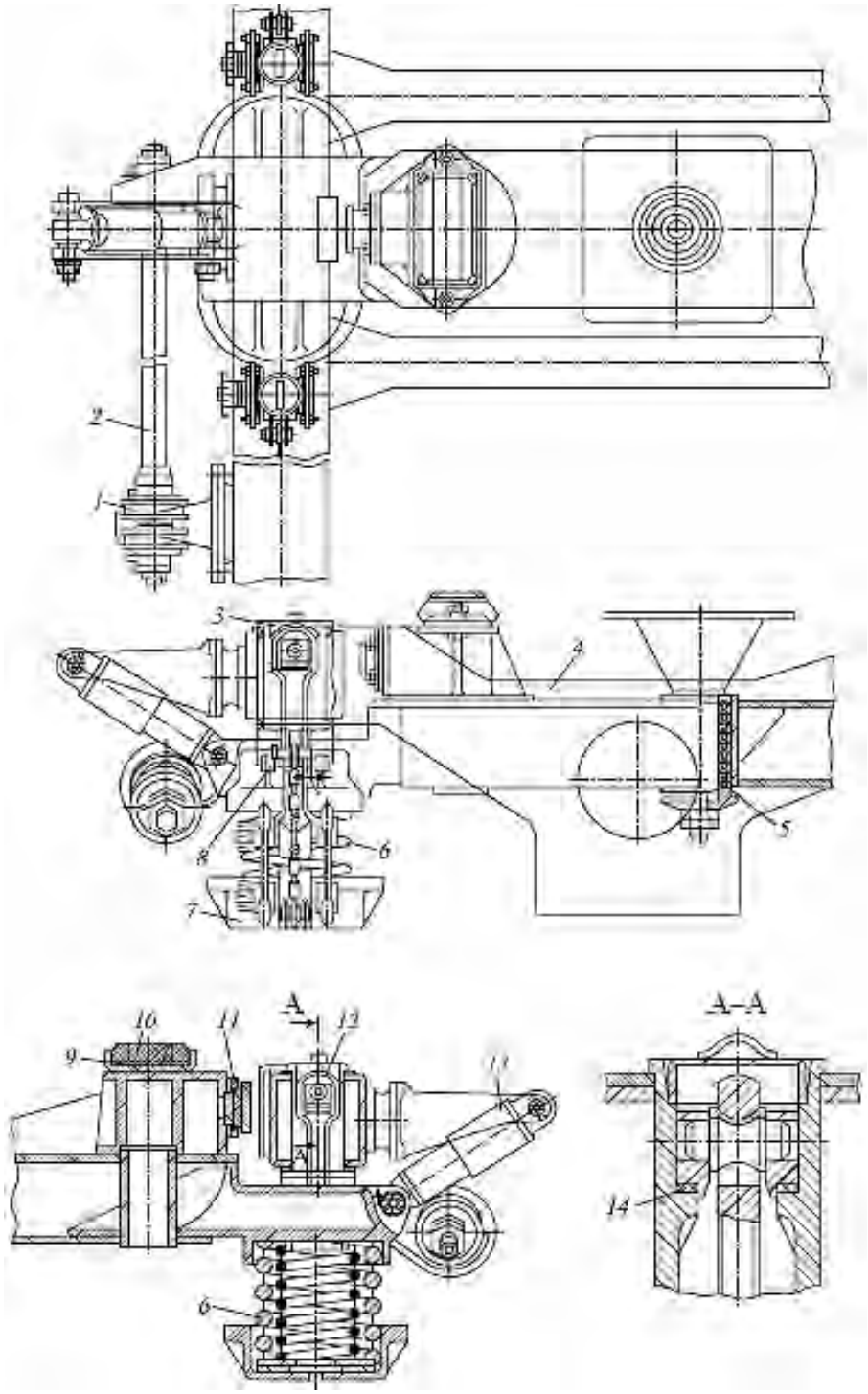


Рис. 2.56. Центральне підвішування моторного вагона електропоїзда ЕР2:
1 – гумометалевий елемент; *2* – повідковий гумометалевий гаситель; *3* – ковпачки; *4* – надресорний брус; *5* – шворінь з гасителем; *6* – комплект циліндричних пружин; *7* – піддон; *8* – армований гумовий упор; *9* – гумова прокладка; *10* – ковзун; *11* – гумометалевий упор; *12* – підвіска; *13* – гідравлічний гаситель; *14* – прокладка

На одній з коротких граней головки валика зроблена канавка, на яку спирається сережка, а на інший кінець валика піддону або підвіски надіта опорна шайба, що має таку саму канавку.

Шайбу закріплюють на валику корончатою гайкою і шплінтом.

Ковані сережки мають прямокутну форму, короткі боки їх служать опорами верхніх і нижніх валиків. Щоб піддон не впав на колію, передбачені запобіжні сталеві троси, які прикріплені одним кінцем до вушок коробок на поздовжніх балках, а іншим – до вушок на піддоні *7*. Надресорний брус *4* також має запобіжні пристрої у вигляді скоб, які кріпляться до приварених кронштейнів поперечних балок рами візка. По кінцях надресорного бруса уварені литі коробки з чашками для установлення циліндричних пружин *6*.

Центральне підвішування візків причіпних вагонів електропоїздів ЕР2 і ЕР2^{Т} має конструкцію, схожу з конструкцією центрального підвішування візка моторного вагона електропоїзда ЕР2, за винятком ряду особливостей:

- шворневий пристрій виконано повністю металевим, кузов вагона спирається на надресорний брус *1* (рис. 2.57) через ковзуни. Комплект *2* циліндричних пружин складається з трьох пружин: зовнішньої (діаметром 290 мм), середньої (210 мм) і внутрішньої (140 мм). Висота пружин підібрана так, що при порожньому вагоні в роботі беруть участь тільки зовнішня і внутрішня пружини, а при повному завантаженні вагона включається в роботу і середня;
- верхні головки підвісок мають шарнірне кріплення, але воно встановлено зверху на поздовжній балці рами візка;
- запобіжні пристрої піддону *3* виконані у вигляді двох стрижнів *6* (а не сталевих тросів), верхні кінці яких закріплені в поздовжніх балках рами візка, а нижні мають шайби і гайки для утримання піддону в разі падіння;
- крім упорів, наявних на поздовжніх балках рами візка і торцевій частині надресорного бруса, встановлені ще бічні упори (ковзуни), розташовані на поперечних балках рами візка і бічній стороні надресорного бруса. Вони служать для обмеження переміщення надресорного бруса *1* в поздовжньому напрямку відносно осі візка.

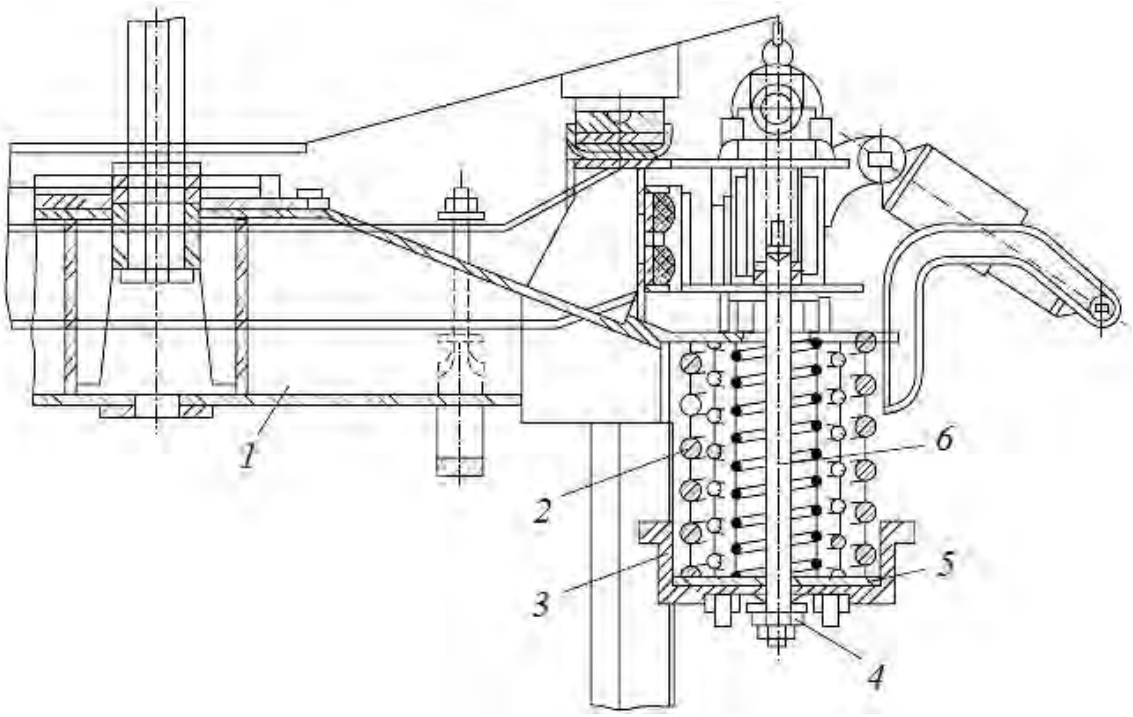


Рис. 2.57. Центральне підвішування
причіпного вагона ЕР2 і ЕР2^{Т} (ЕД):
1 – надресорний брус; *2* – комплект циліндричних пружин;
3 – піддон; *4* – гайка; *5* – прокладка; *6* – запобіжний стрижень

2.6.6. Торсіони

Крім звичайних типів ресорного підвішування (ресор і пружин), в деяких конструкціях ходових вузлів використовуються торсіонні ресори, в яких як пружний елемент використовується стрижень з прямою віссю, що працює на кручення. Схематично пристрій торсіонного підвішування, що застосовується у вагонних візках, показано на рис. 2.58. Навантаження від підп'ятника *1* (без ресор або пружин) через брус *2* і підвіски *3* передається важелю *4*, який закріплений на нерухомому стрижні (торсіоні) *5*; інший кінець торсіона жорстко закріплений на рамі візка *6*. При появі поштовху торсіон закручується на деякий додатковий кут $\alpha_д$, а потім відновлює своє положення під дією пружних сил. Стрижень торсіона може мати круглий або квадратний поперечний переріз, відповідний отвору у втулці, і може вільно повертатися щодо підшипника, що є його другою опорою.

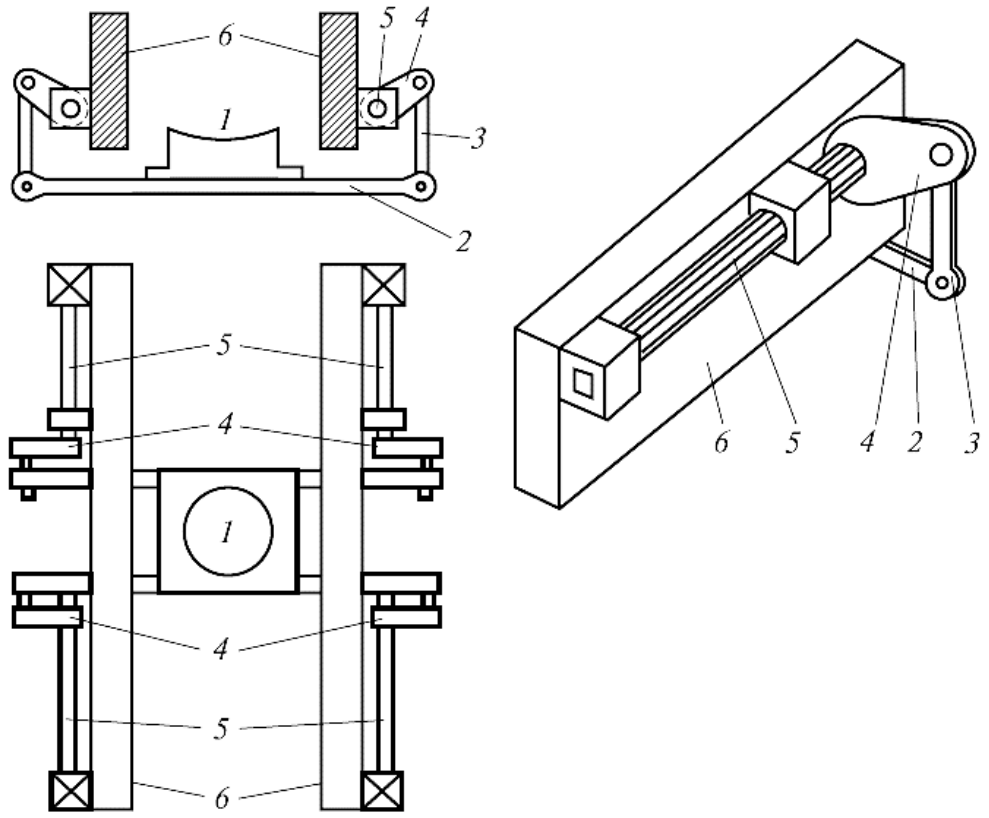


Рис. 2.58. Торсіонне підвішування вагонних візків

У порівнянні зі звичайними пружинами круглі торсіони майже в 3,5 разу, а в порівнянні з листовими ресорами – в 17 разів легше (не рахуючи ваги кронштейнів і важелів). Застосування торсіонних конструкцій дозволяє значно знизити вагу і отримати більш просту конструкцію підвішування. Однак необхідно звернути особливу увагу на шліфування торсіонів, так як на них неприпустимо низька якість механічної обробки (задири, канавки), і на термічну обробку, щоб уникнути викривлення і концентрації напружень. Дуже часто застосовують наклеп дробом. Прийнято розташовувати торсіони уздовж осі візка, однак це не є єдиним рішенням, також вони можуть розташовуватися нормально до осі візка.

2.6.7. Застосування гумових елементів у конструкції механічної частини локомотива

Гумові деталі знаходять широке застосування як пружні елементи і рухомі з’єднання на рухомому складі. Завдяки порівняно високим допустимим відносним деформаціям і

наявності внутрішнього тертя вдається створювати компактні пружні елементи, які реалізують також розсіювання енергії, що дозволяє, наприклад, обходитися при їх застосуванні без гасителів коливань в буксовій ступіні підвішування. Внутрішнє тертя в гумі особливо ефективно сприяє заглушенню високочастотних вібрацій – шумів. Однак розсіювання енергії призводить до підвищення температури матеріалу гуми, що в окремих випадках може виявитися небажаним.

Високі допустимі відносні деформації зсуву дозволяють створювати сферичні і циліндричні шарніри – сайлент-блоки, багатошарові рухомі опори та інші рухомі з'єднання, в яких не виникає поверхневого тертя, а отже, не відбувається зношування, і немає необхідності в застосуванні мастила. Здатність гасити коливання залежить від марки гуми. Жорсткість гуми може відрізнятися в 10÷20 разів при зміні марки гуми. До недоліків гуми слід віднести високу жорсткість, зміну фізико-механічних властивостей від температури навколишнього середовища.

Гумометалеві несучі деталі (часто звані ***амортизаторами***) виконують у вигляді прямокутних пластин або у вигляді круглих суцільних і кільцевих шайб (підвіска ТЕД), у вигляді порожніх конусів (у центральних маятникових опорах кузова, на візках локомотивів ВЛ60, ТЕП60) і втулок (у буксових повідках в циліндричних буксових напрямних). У таких амортизаторах гума зазнає деформацій стиснення, зсуву, а також складного опору.

Як матеріал для перерахованих деталей застосовують морозостійкі гуми. Досліди показують, що при деформації гуми обсяг її практично не змінюється, і вона є нестискаючою. Для того щоб у амортизатора був прогин, гума повинна мати можливість випучуватися.

Різні властивості гуми при стисненні і зсуві використовуються дуже вдало для отримання різної гнучкості конструкції в різних напрямках. Прикладом може служити ресора Мегі (рис. 2.59), що використовується в буксовому підвішуванні. Кожен комплект цих ресор складається з двох однакових пакетів металевих фасонних листів і гумових прокладок, симетрично розташованих по обидва боки букси. На металеві листи *1* ресорних пакетів нанесені за допомогою вулканізації або наклеєні шари гуми *3*. Гума розділена внутрішніми металевими

листами, які паралельні двом зовнішнім. Зовнішні і проміжні металеві листи з розташованими між ними шарами гуми утворюють кут.

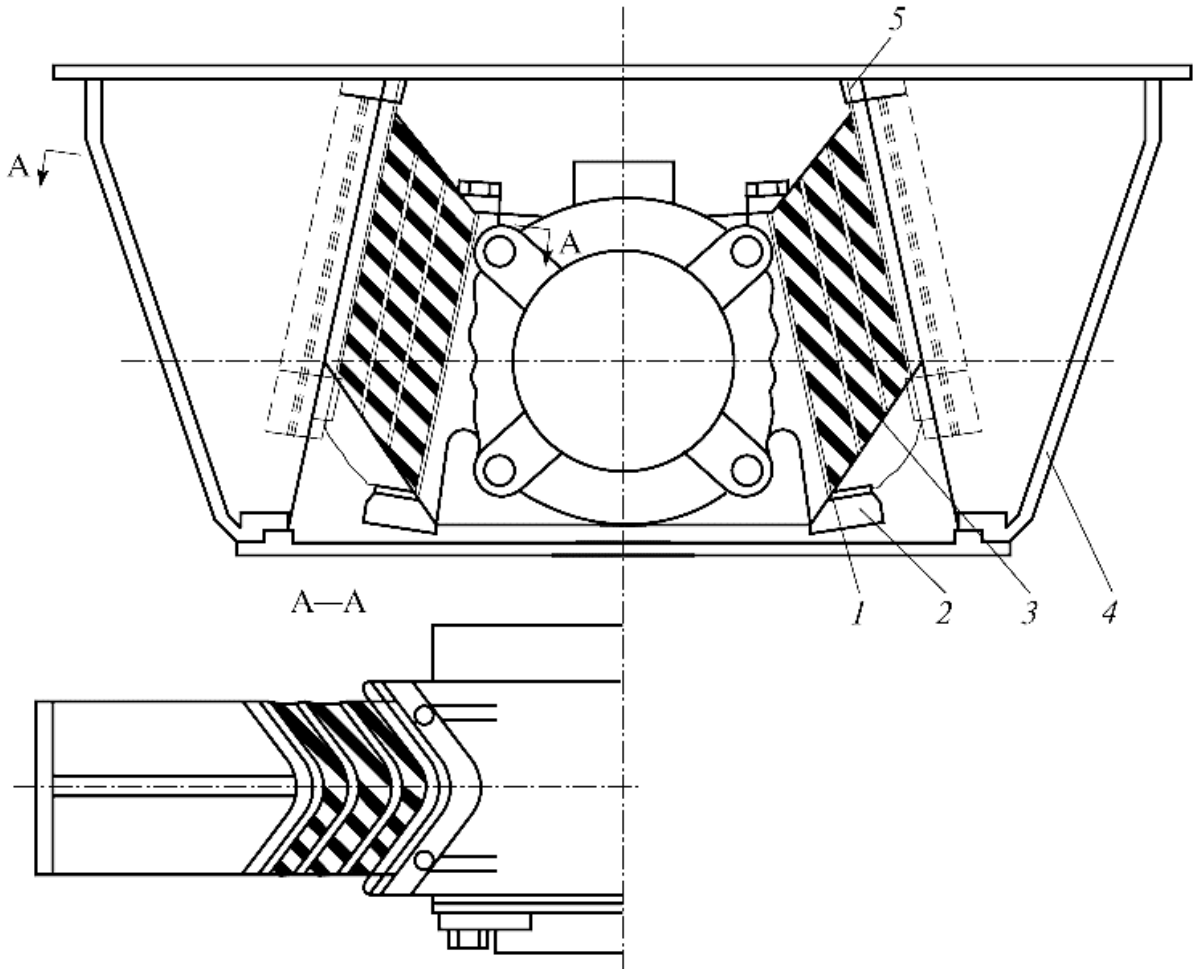


Рис. 2.59. Ресора Мегі

Пакети металевих ресор з гумовими прокладками розташовані трохи похило до вертикальної площини, перпендикулярної напрямку руху. В результаті такого розташування гумова прокладка при вертикальному навантаженні на буксу одночасно зазнає напруги стиснення та зсуву. Проміжні листи металу підвищують опір стискальним зусиллям, ніяк не впливаючи на опір зсуву. Буксі надають форми, що відповідає похилому розташуванню ресорних пакетів.

Для установлення ресори передбачені уступи *2* на буксі і такі самі уступи *5* на рамі. Рама візка утворює похилі консолі *4*, затягнуті знизу струнко.

У бічному напрямку ресори внаслідок їх *У*-подібної форми в 3÷5 разів більш жорсткі, ніж у вертикальному. Ще більш жорсткі ресори Мегі в поздовжньому напрямку, так як в цьому випадку на них діють стискаючі зусилля. Їх жорсткість в поздовжньому напрямку в 10÷30 разів більше, ніж у вертикальному, що особливо важливо при прямолінійному напрямку осей і для хорошого сприйняття зусиль при гальмуванні. Недоліком такого підвішування є залежність пружних і механічних характеристик від температури довкілля та можливе збільшення жорсткості в 2÷3 рази при негативних температурах мінус 40÷50 °С.

Такого роду гумові ресори використовуються на рухомому складі різних держав, у тому числі Фінляндії, Швеції, Канади.

На рис. 2.60 показано буксове підвішування з гумовими ресорами дзвонового типу. Гумовий вкладиш *2* укладений у сталевий стакан *1* і торкається його верхньої і нижньої стінок потовщеними частинами. Усередині гумового вкладиша проходить шпінтон *3*, що має нижній обрис у вигляді конуса. Під навантаженням шпінтон входить всередину дзвона, викликаючи спочатку тільки зсув внутрішніх шарів дзвона щодо зовнішніх. При подальшому збільшенні навантаження дзвін починає притискатися сильніше своєю верхньою частиною до стакана і до напруження зсуву додається напруження стиснення.

Гумові елементи все частіше замінюють металеві елементи або працюють одночасно з ними.

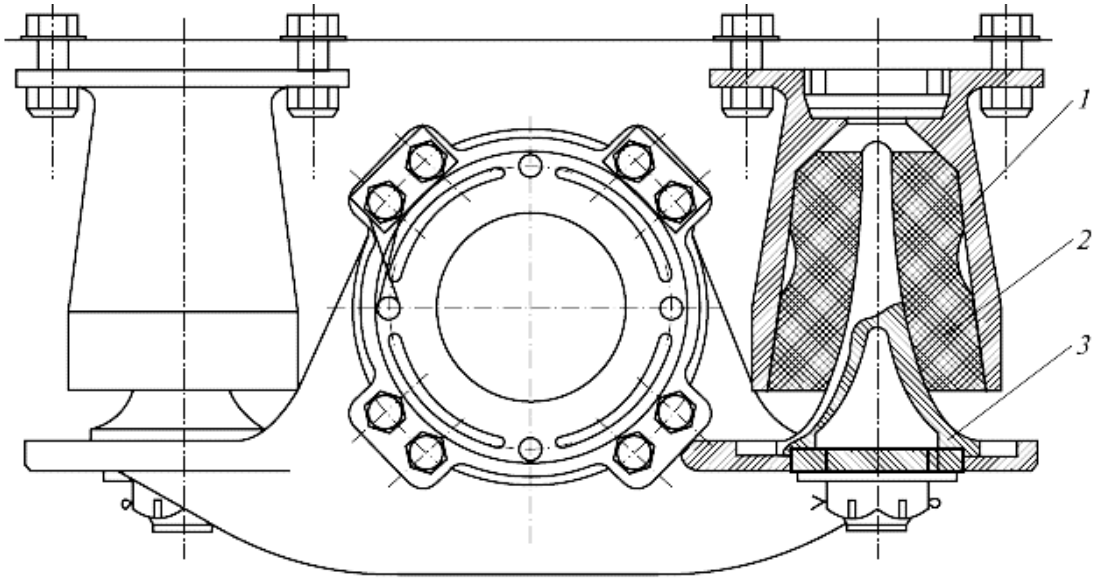


Рис. 2.60. Буксове підвішування дзвонового типу

2.6.8. Пневморесори та особливості їх роботи

У другому ступені підвішування електропоїздів все більшого поширення набувають пневмоелементи (пневморесори). У пневматичних вібруючих елементах пружним тілом є стиснений газ або повітря, що заповнює гумо-кордну оболонку.

Переваги таких пневморесор такі:

- можливість забезпечення порівняно простими засобами великого статичного прогину, а також стабільного та надійного демпфірування коливань (це досягається створенням спеціальних отворів і каналів-дроселів, що пов’язують пневмобалони з додатковими резервуарами);
- змінюючи тиск, за допомогою таких ресор можна підтримувати постійну висоту підлоги кузова над головками рейок незалежно від завантаження вагона пасажирами;
- змінювати за бажанням співвідношення висот правого і лівого боків надресорної будови під час руху в кривій, включаючи керування нахилом кузова.

Пружні характеристики пневморесори залежать від її геометричних розмірів, обсягу, тиску повітря, характеристик матеріалу пружної оболонки та ін. Змінюючи тиск повітря або його обсяг (для цього пневморесори з’єднують з допоміжним резервуаром), можна змінювати пружні характеристики підвішування.

Потрібно відзначити, що пневморесори обмежені розмірами за умовою розміщення, тому їх з’єднують з додатковим резервуаром великого обсягу, що збільшує гнучкість. Як додатковий резервуар використовують внутрішні порожнини окремих балок рами візка. З’єднують пневморесори з додатковим резервуаром трубопроводами, які служать також клапанами, що забезпечують необхідний демпфуючий ефект. При великому завантаженні клапани подають в ресору повітря з запасного резервуара високого тиску, а при його зменшенні – випускають відповідну кількість повітря в атмосферу. Після закінчення нормальної роботи ресори для запобігання небажаній втраті повітря в регулюючому клапані включаються уповільнюючі елементи (дроселі), що виключають занадто швидкий впуск або випуск повітря.

На рухомому складі застосовують такі ***типи пневморесори***:

- ***балонного типу*** (рис. 2.61), що сприймають тільки вертикальні навантаження;
- ***діафрагмового типу*** (рис. 2.62), здатні сприймати і вертикальне, і горизонтальне навантаження;
- ***подушкового типу*** (рис. 2.63, *а*), що сприймають навантаження у вертикальному і поздовжньому напрямах;
- ***комбіновані*** пневморесори (рис. 2.63, *б*), що допускають підвищені вертикальні переміщення в порівнянні з діафрагмовими.

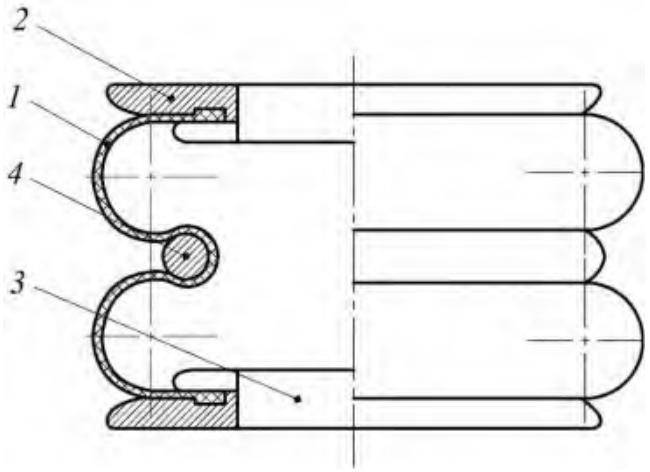


Рис. 2.61. Балонна пневморесора:
1 – пружна оболонка; *2*, *3* – верхня і нижня підставки;
4 – оперізувальне кільце

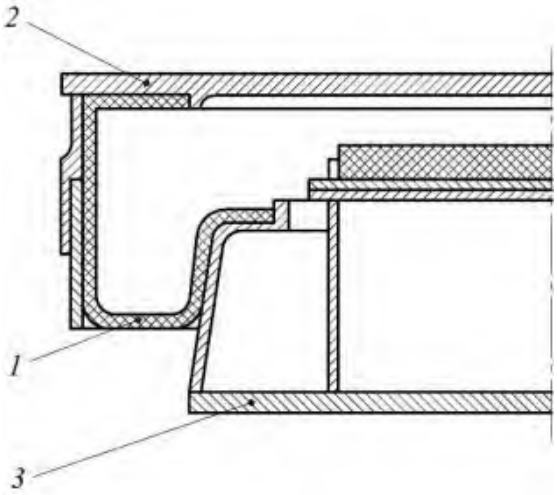


Рис. 2.62. Діафрагмова пневморесора:
1 – пружна оболонка; *2* – ковпак; *3* – основа

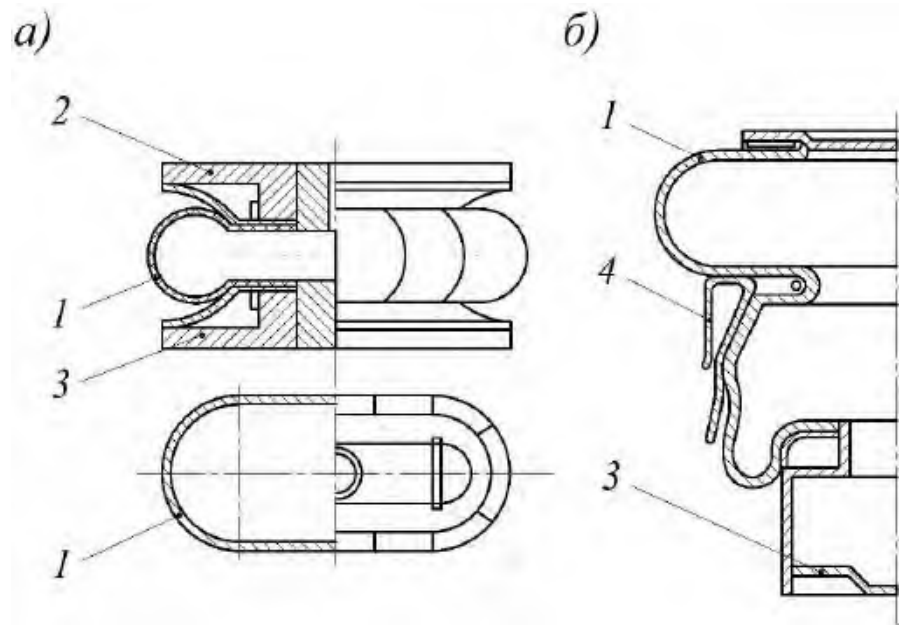


Рис. 2.63. Подушкова (*а*) і комбінована (*б*) пневморесори:
1 – пружна оболонка; *2*, *3* – верхня і нижня основи;
4 – оперізувальне кільце

Пружну оболонку *1* двовиткової пневморесори (рис. 2.61) виготовляють з декількох шарів обгумованого капронового корду, що має внутрішній герметизуючий і захисний зовнішній покривний шар гуми. Для посадки оболонки на елементи арматури (верхню *2* і нижню *3* основи) в бортах оболонки є бортові кільця зі сталевого дроту. Герметичність кріплення оболонки досягається або за допомогою притискних кілець, або натягом оболонки на виступаючі частини арматури.

Під дією стиснутого повітря оболонка притискається до арматури, в результаті чого відбувається самоущільнення. Для збереження форми багатовиткових оболонок застосовують оперізувальні кільця *4*, які монтуються при складанні пневморесори. Двовиткові пневмобалони допускають робочий хід з амплітудою коливання близько 100 мм. Подібні ресори були встановлені і випробувані в центральному підвішуванні дослідних вагонів електропоїздів ЕР22 в 1966-1967 рр. При необхідності мати більший робочий хід застосовують тривиткові балони. Прикладом можуть служити тривиткові пневмобалони, застосовані на вагонах експресу «Асаказа» (Японія).

На швидкісних електропоїздах ЕР200 застосована пневморесора діафрагмового типу (рис. 2.62). Пружна оболонка *1*

виготовлена з двох шарів обгумованого капронового корду із захисним і герметизуючими шарами гуми. Зверху вона закривається звареним ковпаком *2*, а знизу опирається на зварну основу *3*. Виступи ковпака утворюють діафрагму у вигляді циліндра. Опір діафрагмової ресори поперечної деформації виникає внаслідок зміни площі і форми поверхні контакту оболонки з основою і частково за рахунок жорсткості оболонки. Пневморесора має внутрішній об'єм близько 15 л, допустимі вертикальні деформації ±35 мм, поперечні ±45 мм; витримує навантаження до 19,5 т.

Таким чином, пневморесори з оболонкою балонного типу можуть бути використані при наявності повертальних пристроїв у вигляді колиски або інших, а пневморесори з оболонкою діафрагмового типу не вимагають спеціальних повертальних пристроїв, оскільки вони здатні сприймати не тільки вертикальні, але й горизонтальні (поперечні) зусилля.

Комбіновані ресори (рис. 2.63, *б*) застосовуються у випадках необхідності отримання значних статичних прогинів.

Технічною характеристикою пневморесор є ***жорсткість*** – похідна вантажопідйомності за прогином. Вона залежить від об'єму самої пневморесори V_p та об'єму додаткового резервуару, тобто від $V_p + V_Д$.

Вперше пневморесори були застосовані на рухомому складі швидкісної магістралі Нью-Токайдо в 1962 р. За роки експлуатації пневморесор були виявлені певні труднощі, що не дозволяють широко застосовувати даний тип підресорювання.

Справа в тому, що для підтримки необхідного тиску в системі і покриття витоків повітря потрібна досить велика витрата енергії.

Крім того, реальна схема керування живленням ресор містить ряд складних апаратів для регулювання висоти ресори, аварійного скидання тиску в парній ресорі в разі прориву однієї з ресор для того, щоб уникнути поперечного перекосу кузова. До того ж за допомогою більш надійних, дешевих і традиційних способів із застосуванням металевих пружин можуть бути отримані граничні статичні прогини.

2.6.9. Гасителі коливань

Крім пневморесор, пружин та інших пружних елементів на електричному рухомому складі в системі ресорного підвішування знайшли застосування інші різні типи гасителів коливань, для яких прийнята така класифікація:

- за енергетичними ознаками – ***фрикційні*** й ***гідравлічні***;
- за силовими ознаками – ***з постійною і змінною силою тертя***, ***односторонньої*** і ***двосторонньої дії***;
- за схемами розташування – ***вертикальні***, ***горизонтальні***, ***похилі*** та ін.;
- за конструктивними ознаками – ***телескопічні***, ***важільні*** і ***крильчасті*** [57].

2.6.9.1. Гідравлічні гасителі коливань

Цей тип гасителів має також назву гасителі в'язкого тертя і гідродемпфери, оскільки сили опору в них створюються в процесі руху поршня з отворами малого перетину (дросельні отвори) в циліндрі, заповненому в'язкою рідиною. Гасителі можуть бути встановлені між рамами кузова і візків (на електровозах ВЛ10, ВЛ80 всіх індексів, на електропоїздах у другому ступені з крученими пружинами) і між рамою візка і буксами (на електровозах ЧС4, ЕП1 та ін.). Існуючі конструкції гідравлічних гасителів класифікують за такими типами:

- ***телескопічні***, до переваг яких відносять автономність, легкість установлення в ресорному підвішуванні, простоту виготовлення і ремонту. Недоліками цього типу є трудність герметизації, знос ущільнювальних пристроїв;
- ***важільні***, серед переваг яких можна відзначити хорошу герметизацію циліндрів, можливість різного установлення системи важелів. Недоліками, характерними для них, є наявність зношених шарнірів, слабке гасіння коливань з невеликою амплітудою, трудомісткість монтажу, велика маса;
- ***крильчасті***, що володіють хорошою герметизацією камер, високою надійністю, можливістю установлення в різних положеннях. До їх недоліків відносяться обмежений кут зсуву важеля, наявність зношених шарнірів і важільної передачі, велика маса.

Роботу гідрогасителя розглянемо на прикладі телескопічного гасителя коливань (рис. 2.64).

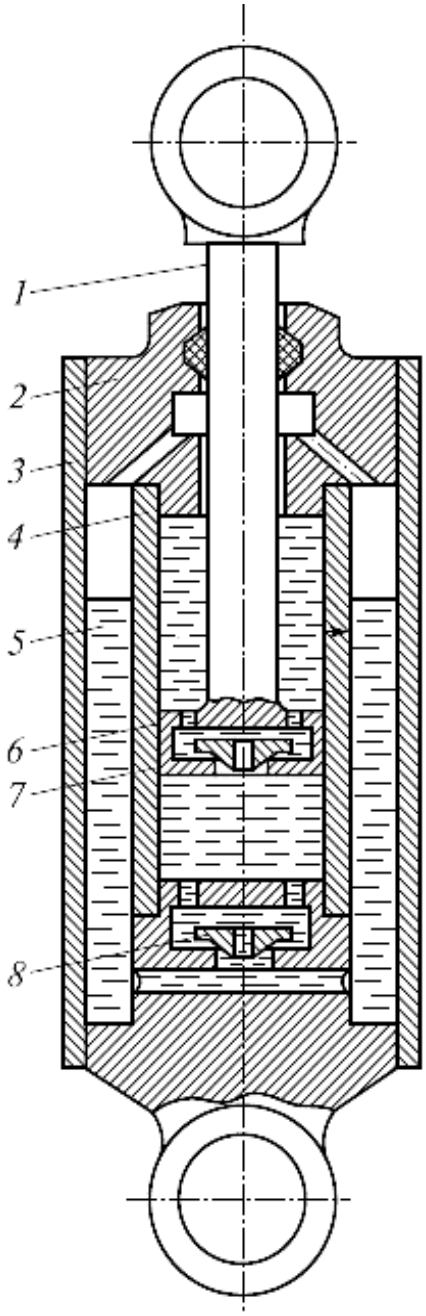


Рис. 2.64. Принципова схема телескопічного пристрою гасителя коливань:
1 – шток; *2* – напрямна втулка; *3* – корпус; *4* – робочий циліндр; *5* – резервуар; *6* – поршень; *7*, *8* – верхній і нижній клапани

При переміщенні поршня вниз (хід стиску) верхній клапан *7* піднімається і частина рідини з порожнини під поршнем перетікає в порожнину над поршнем. Інша частина рідини з

порожнини під поршнем перетікає через дросельний отвір нижнього клапана *8* в резервуар *5*, створюючи опір переміщенню поршня.

При переміщенні поршня вгору (хід розтягування) верхній клапан *7* закривається, рідина з порожнини над поршнем проходить через дросельний отвір в порожнину під поршнем, одночасно в порожнину під поршнем надходить рідина з резервуара *5* через відкритий клапан *8*. При протіканні рідини через отвори малого перетину (дросельні отвори) виникають сили непружного опору, використовувані для гасіння коливань.

При малих відносних швидкостях вважають, що сила опору F пропорційна швидкості V переміщення поршня відносно циліндра $F = \beta \cdot V$. Коефіцієнт пропорційності β називають ***коефіцієнтом в'язкого опору,*** або ***параметром опору демпфера***.

Фізичний сенс залежності такий: якщо $\beta = 0$, то маса здійснює незгасаючі коливання; чим більше β, тим менше число коливань зробила пружно підвішена маса до повернення в початкове положення.

Швидкість поршня за час його ходу від одного крайнього положення до іншого змінюється від нуля (у крайніх положеннях) до найбільшого значення.

Зміна сили за період коливання з амплітудою Δf графічно може бути подана еліпсом, а робота сил опору – площею еліпса. Енергія, що розсіюється гідравлічним демпфером, пропорційна квадрату динамічного прогину підвішування *df*, так як демпфуюча сила пропорційна швидкості коливань (або швидкості переміщення поршня). При цьому, якщо приростання енергії коливальної маси під дією збурюючих сил в який-небудь момент перевищує поглинальну здатність гідравлічного демпфера і амплітуди коливань ростуть, то збільшення амплітуд буде призупинено, як тільки поглинальна здатність демпфера, зростає пропорційно квадрату Δf, перевищить роботу збурюючих сил.

Гідравлічний демпфер повинен мати в робочому діапазоні лінійну залежність між силою і швидкістю поршня. Однак для того, щоб уникнути можливості появи великих демпфуючих сил, які можуть призвести до поломки демпфера або будуть передаватися на підресорені маси, доцільно при великих

швидкостях мати пологу характеристику, тобто обмежити максимальну силу демпфера.

При розташуванні гідрогасителя в буксовому підвішуванні він буде сприймати під час руху колеса різноманітні впливи колії, які можуть мати досить виражені імпульси, що може спричинити за собою гідравлічний удар в гасителях.

Для виключення такого негативного явища гасителі повинні мати пружинні запобіжні клапани з достатнім отвором для перепуску рідини.

Гідрогасителі електропоїздів (рис. 2.65) одним кінцем закріплюють на кронштейні надресорного бруса, а іншим – на кронштейні, привареному до поздовжньої балки рами візка. Кріплення здійснюють двома болтами, що проходять крізь отвори в головках гасителя.

Для компенсації можливих перекосів, а також для гасіння дрібних коливань під час руху в ці отвори вставляють гумові втулки, внутрішні поверхні яких армовані сталевими втулками.

Гідравлічний гаситель має циліндричну форму і складається з двох основних частин, що переміщаються одна відносно одної в осьовому напрямку. У нижню частину входять робочий циліндр *17* і запасний резервуар *10*, вгорі знаходиться сальник *6* і головка робочого циліндра *18*, що служить для направлення штока *9* поршня, а внизу – клапанний пристрій, що служить одночасно дном робочого циліндра та аналогічний конструкції клапанного пристрою поршня.

Верхня частина гідравлічного гасителя складається зі штока з поршнем і захисного кожуха *8*, який закриває гаситель від проникнення пилу і вологи. У штоку над поршнем є два щілинних канали, сполучених з верхнім подвійним клапаном.

У подвійному клапані знаходиться кульковий клапан, розташований в центрі і притиснутий пружиною до отвору діаметром 4 мм, і зовнішній пластинчастий клапан, що складається з кільця, яке притискає пружиною до корпусу клапан, на поверхні якого проточена канавка з шістьма розташованими по колу наскрізними отворами діаметром 2 мм. Подвійний клапан закріплений в гнізді стопорним кільцем *15*.

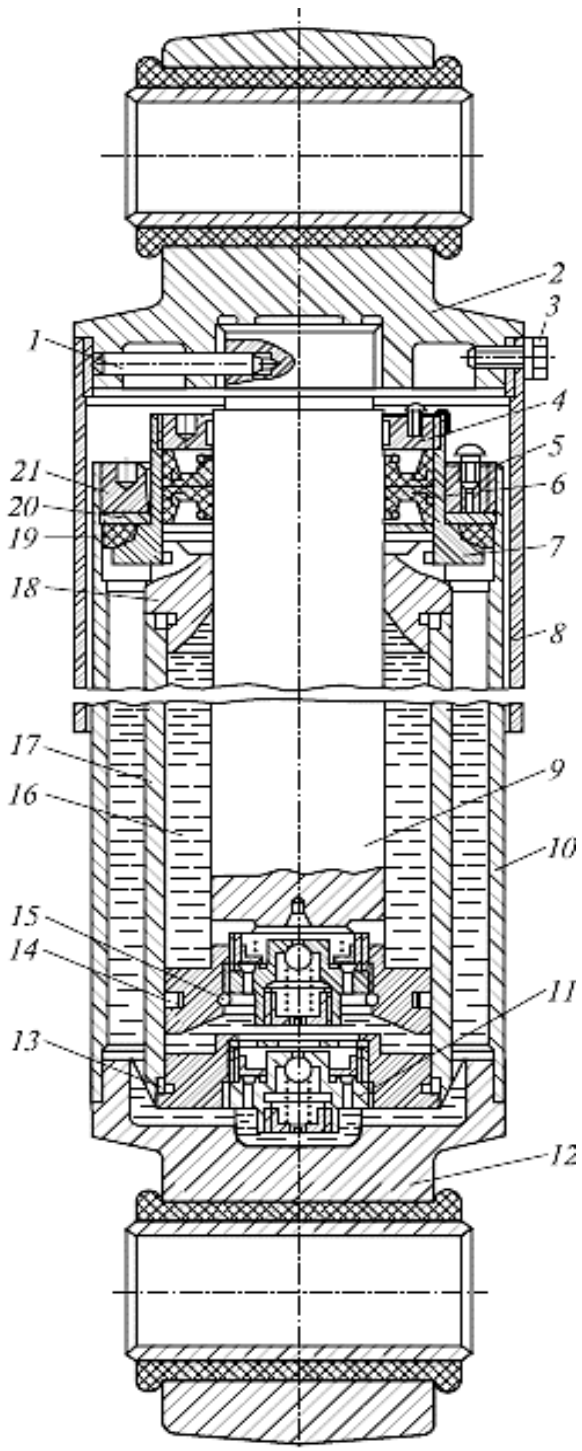


Рис. 2.65. Схема гідравлічного гасителя електропоїзда:
1 – штифт; *2* – верхня головка; *3* – стопорний гвинт; *4* – гайка сальника; *5* – стопорна планка; *6* – сальник; *7* – корпус сальника; *8* – захисний кожух; *9* – шток; *10* – захисний резервуар; *11* – нижній клапан; *12* – нижня головка; *13* – гумове кільце; *14* – поршневе кільце; *15* – стопорне кільце; *16* – приладове мастило; *17* – робочий циліндр; *18* – головка робочого циліндра; *19* – гумове кільце; *20* – металеве кільце; *21* – гайка

Принцип роботи гідравлічного гасителя заснований на перетіканні в'язкої рідини з однієї порожнини в іншу під впливом поршня з каліброваними отворами. Під час руху поршня вгору рідина в надпоршневій порожнині робочого циліндра стискається, відкриваються отвори в корпусі клапана, через які рідина з підпоршневої камери перетікає в порожнину над поршнем і в той же час через два щілинних канали нижнього клапана переміщається в запасний резервуар.

Одночасно туди ж перетікає рідина і з запасного резервуара через ряд отворів в корпусі нижнього клапана. Рідина під високим тиском при відносно плавному ході поршня вгору знаходиться тільки над поршнем. При різкому ході штока вгору (або при загущенні рідини) тиск в порожнині над поршнем різко підвищується, так як рідина не встигає перемістится через щілинні канали клапана. Коли тиск стане рівним (4,5+0,5) МПа, вступає в роботу кульковий перепускний клапан поршня.

Під час руху поршня вниз рідина в порожнині під поршнем стискається, відкриваються отвори в корпусі клапана, через які рідина в порожнині під поршнем стискається. Потім відкриваються отвори в корпусі клапана, через які рідина з підпоршневої камери перетікає в порожнину над поршнем, і в той же час через два щілинних канали нижнього клапана – в запасний резервуар.

При різкому ході поршня вниз тиск в підпоршневій камері різко підвищується, і коли він досягає (4,5+0,5) МПа, починає працювати кульковий перепускний клапан нижнього клапанного пристрою. При проходженні рідини через канали виникає в'язке тертя, в результаті чого відбувається перетворення механічної енергії коливального руху вагона в теплову і подальше її розсіювання в робочій рідини. Таким чином, рідина гасителя не робить великого опору при повільних переміщеннях штока поршня в обох напрямках і чинить великий опір при швидких переміщеннях штока; в результаті цього досягається гасіння вібрацій центрального підвішування. Про працездатність гідравлічного гасителя судять за робочою діаграмою. Зусилля на штоку, заміряне за діаграмою, повинно лежати в певних межах. Робочу діаграму записують на стенді на спеціальному бланку після виготовлення гасителя або при його ревізії.

2.6.9.2. Фрикційні гасителі коливань

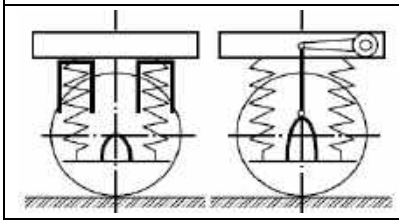
У гасителях такого типу опір руху створюється внаслідок дії сил сухого тертя між їх деталями. Дані гасителі класифікуються за рядом ознак так:

- ***сполучені гасителі з пружним елементом***, що володіють простою конструкцією, легким способом виготовлення та встановлення. Разом з тим вони гасять коливання тільки в одному напрямку, трудомісткі в обслуговуванні при експлуатації;
- ***вбудовані в ресорне підвішування***. Гасителі мають переваги, до яких відносяться здатність одночасно гасити коливання у двох напрямках і пов'язувати елементи візка. Однак вони мають недоліки – неавтономність, схильність до впливу зовнішнього середовища, складність установлення, трудомісткість в ремонті;
- ***телескопічні гасителі***, які є автономними. Для них характерні захищеність від впливів зовнішнього середовища, можливість установлення під різними кутами, доступність для огляду та обслуговування при експлуатації. До недоліків цих гасителів відносяться наявність зношувальних шарнірів, можливість гасіння коливань переважно в одному напрямку;
- ***важільно-дискові гасителі***, які мають ряд переваг: автономність, захищеність від впливів зовнішнього середовища, можливість установлення під різними кутами, доступність для огляду та обслуговування при експлуатації. Однак вони мають і ряд недоліків – наявність зношувальних шарнірів, гасіння коливань переважно в одному напрямку.

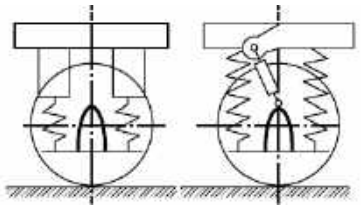
Переваги і недоліки різних типів гасителів коливань наведено в табл. 2.3, 2.4 та 2.5.

Таблиця 2.3

Схема розташування гасителів коливань на рухомому складі

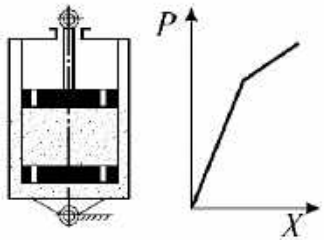
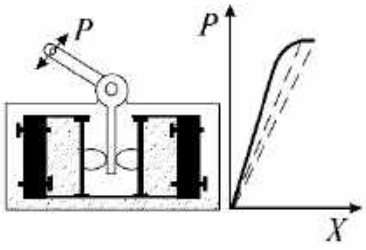
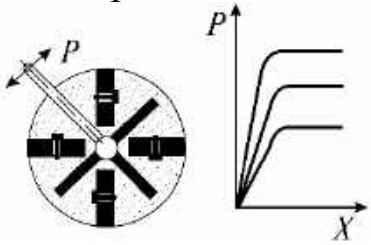
Схема	Розташування	Гасіння коливань
1	2	3
	Вертикально між буксою і рамою візка	При підстрибуванні і галопуванні рами візка

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
	Нахилене між буксою і рамою візка	При підстрибуванні, галопуванні і бічному переміщенні рами візка

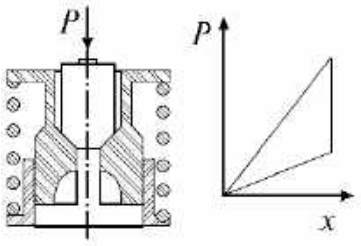
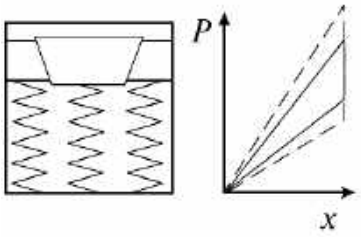
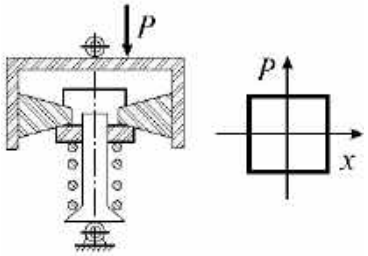
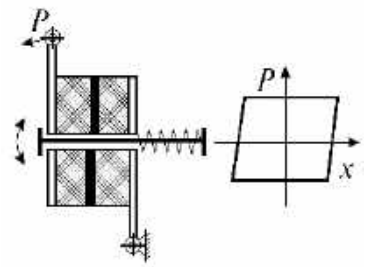
Таблиця 2.4

Класифікація гідравлічних гасителів коливань

Конструкція і силова характеристика гасителя	Переваги	Недоліки
Телескопічний 	Автономність, легкість установлення в ресорному підвішуванні, простота виготовлення та ремонту	Труднощі герметизації від витоків робочої рідини і впливу середовища
Важільний 	Хороша герметизація циліндрів, можливість різного установлення системи важелів	Наявність шарнірів, що зношуються, слабке гасіння коливань з невеликою амплітудою, трудомісткість монтажу, велика маса
Крильчатий 	Хороша герметизація камер, висока надійність, можливість установлення в різних положеннях	Обмежений кут зсуву важеля, наявність шарнірів, що зношуються, і важільної передачі, велика маса

Таблиця 2.5

Класифікація фрикційних гасителів коливань

Конструкція і силова характеристика гасителя		Місце встановлення	Переваги	Недоліки
Поєднаний з пружним елементом		На візках вантажних вагонів	Простота конструкції, виготовлення та встановлення в ресорному підвішуванні	Гасіння коливань в ободному напрямку, трудомісткість обслуговування в експлуатації
Вбудований в ресорне підвішування		На візках ЦНІІ-ХЗ-0 вантажних вагонів, буксові вузли пасажирських візків	Здатність одночасно гасити коливання у двох напрямках і пов’язувати елементи візків	Неавтономність, схильність до впливу зовнішнього середовища, складність установлення, трудомісткість в ремонті
Телескопічний, автономний		На локомотивах, вагонах, електро- та дизель-поїздах, рефрижераторних вагонах	Автономність, захищеність від зовнішнього середовища, можливість установлення під різними кутами, доступність для огляду, обслуговування в експлуатації	Наявність шарнірів що зношуються, гасіння коливань переважно в одному напрямку
Важільно-дисковий		На вагонах електро- та дизель-поїздів і рефрижераторних поїздів		

2.6.10. Спрощений розрахунок листової ресори на міцність

При спрощеному розрахунку листових ресор не враховується ряд таких факторів:

- тертя між листами;
- закладення листів у хомуті;
- неоднакова кривизна листів;
- зміна довжини листів під навантаженням.

Ресора при такому розрахунку розглядається як балка розрахункової довжини, що навантажена по кінцях і спирається посередині (рис. 2.66).

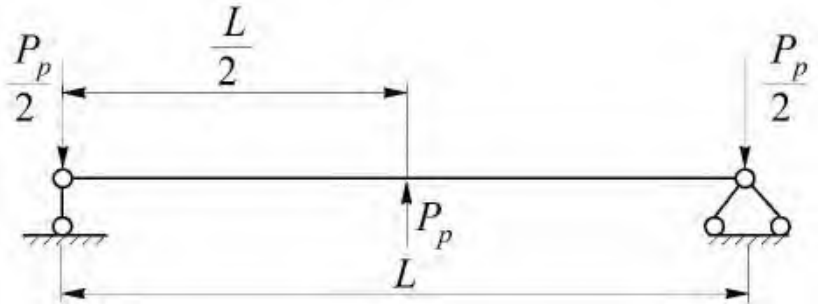


Рис. 2.66. Розрахункова схема листової ресори

Вихідними даними при розрахунку листової ресори служать: кількість кореневих листів m; число набірних листів n; ширина b і товщина h листів; розрахункова довжина ресори L; ширина хомута a.

Величина статичного навантаження на ресору визначається за формулою

$$P_p = 0{,}5 \cdot (2 \cdot \pi - 9{,}8 \cdot M_н), \qquad (2.5)$$

де $2 \cdot \pi$ – навантаження від колісної пари на рейки, кН;

$M_н$ – непідресорена маса, що припадає на одну вісь, т.

При опорно-осьовому підвішуванні тягових двигунів непідресорена маса, що припадає на одну вісь, складається з маси колісної пари, букс, половини маси ТЕД, шестерень, кожухів зубчастих передач та інших деталей, закріплених на двигуні, а також 2/3 маси листової ресори, тобто

$$M_н = M_{кп} + 2 \cdot M_{букс} + 0{,}5 \cdot (M_{тед} + M_{кпд}) +$$

$$+ M_ш + M_{кзп} + \frac{2}{3} \cdot M_{лр}, \qquad (2.6)$$

де $M_{кп}$ – маса колісної пари і двох зубчастих коліс; $M_{букс}$ – маса букси; $M_{тед}$ – маса тягового двигуна; $M_{кпд}$ – маса кронштейна підвіски тягового двигуна; $M_ш$ – маса зубчастої шестірні; $M_{кзп}$ – маса кожуха зубчастої передачі; $M_{лр}$ – маса листової ресори.

При тяговому приводі II класу, тобто з опорно-рамним підвішуванням тягового двигуна і опорно-осьовим підвішуванням редуктора, безпружинна маса, яка припадає на одну вісь, складається з маси колісної пари і букс, маси зубчастого колеса з опорними підшипниками і частини маси корпусу редуктора з шестірнею, 2/3 маси листової ресори. В цьому випадку величина $M_н$ визначається так:

$$M_н = M_{кп} + 2 \cdot M_{букс} + \frac{4}{5} \cdot M_{тр} + \frac{2}{5} \cdot M_{пм} + \frac{2}{3} \cdot M_{лр}, \qquad (2.7)$$

де $M_{тр}$ – маса тягового редуктора;

$M_{пм}$ – маса передавального механізму тягового моменту.

При тяговому приводі III класу, тобто з опорно-рамним підвішуванням тягового двигуна і опорно-рамним підвішуванням тягового редуктора, безпружинна маса, яка припадає на одне колесо, складається з маси колісної пари і букс, 2/3 маси листової ресори, половини маси порожнього вала тягової передачі і маси шарнірно-важільної муфти. З урахуванням цього величина $M_н$ визначається так:

$$M_н = M_{кп} + 2 \cdot M_{букс} + 0{,}5 \cdot M_{пв} + M_{шм} + \frac{2}{3} \cdot M_{лр}, \qquad (2.8)$$

де $M_{пв}$ – маса порожнистого вала;

$M_{шм}$ – маса шарнірно-важільної муфти.

Листова ресора під дією навантаження P_p зазнає деформації вигину і, напруження що виникають при цьому в мегапаскалях розраховуються так, МПа:

$$\sigma_в = \frac{3 \cdot L \cdot P_p}{2 \cdot h \cdot h^2 \cdot (m+n)} \cdot 10^{-3}. \quad (2.9)$$

Коефіцієнт запасу статичної міцності для листової ресори визначається так:

$$K_p = \frac{[\sigma]}{\sigma_в}, \quad (2.10)$$

де $[\sigma]$ – допустиме напруження за умовою міцності при розрахунку листових ресор, $[\sigma] = 1050$ МПа.

Якщо виконується умова $1{,}6 < K_p < 1{,}9$, то робиться висновок про достатню міцність листової ресори, в іншому випадку необхідно коригуванням в допустимих межах вихідних даних для розрахунку листової ресори домогтися виконання зазначеної умови.

Жорсткість листової ресори з урахуванням впливу хомута розраховується так, кН/м:

$$Ж_p = \frac{4 \cdot E \cdot b \cdot h^2 \cdot (3 \cdot m + 2 \cdot n)}{3 \cdot \left(L - \frac{a}{3^3} \right)}, \quad (2.11)$$

де E – модуль пружності ресорної сталі (модуль першого роду), $E = 2{,}06 \cdot 10^8$ кПа.

Порівняння виразу для жорсткості ресори (2.11) і напруги вигину (2.9) показує, що зі збільшенням довжини ресори L прямо пропорційно підвищується напруга вигину $\sigma_в$ і, отже, для отримання тієї самої міцності необхідно збільшити число листів або їх розміри. При цьому пропорційно збільшиться жорсткість ресори $Ж_р$.

Збільшення довжини ресори L дає зменшення жорсткості пропорційно третьому ступеню L, таким чином, завжди є можливість, збільшуючи L, зменшувати жорсткість ресори, не перевищуючи напружень, що допускаються за умовою міцності.

Статичний прогин листової ресори під розрахунковим навантаженням визначається так:

$$f_{ст.р.} = \frac{P_р}{Ж_р}. \qquad (2.12)$$

Величина статичного прогину є однією зі складових сумарного прогину системи ресорного підвішування і суттєво впливає на його динамічні показники. При проектуванні буксового підвішування його статичний прогин повинен бути не менше 40 % від сумарного, при цьому частка статичного прогину листової ресори повинна бути не менше 60 %. Статичний прогин листової ресори при швидкостях руху локомотивів 100÷120 км/год повинен бути не менше 24 мм. Максимальне (граничне) навантаження на ресору за умови допустимих напружень розраховується так, кН:

$$P_p^{\max} = \frac{[\sigma] \cdot b \cdot h^3 \cdot (m+n)}{1{,}5 \cdot L}, \qquad (2.13)$$

а прогин під цим навантаженням визначається так, м:

$$f_p^{\max} = \frac{P_p^{\max}}{Ж_р}, \qquad (2.14)$$

Коефіцієнт відносного тертя між листами, що характеризує ефективність гасіння листовою ресорою коливань і забезпечення достатньої величини статичного прогину, розраховується так:

$$\varphi_{тер} = 2 \cdot \mu_{тер} \cdot (m + n - 1) \cdot \frac{h}{L} \cdot 100\,\%, \qquad (2.15)$$

де $\mu_{тер}$ – коефіцієнт тертя між листами, що залежить від наявності мастила між листами $(\mu_{тер} = 0{,}2 \div 0{,}4)$.

Для того щоб забезпечити гасіння коливань і не зменшити істотно гнучкості ресори, значення $\varphi_{тер}$ повинно знаходитися в діапазоні від 5 до 7 %. Якщо ця вимога не виконується, необхідно провести коригування вихідних даних для розрахунку листової ресори і повторити розрахунок при обов'язковому дотриманні умови міцності (див. (2.10)) і умови за статичним прогином (див. (2.12)).

2.6.11. Розрахунок однорядних пружин на міцність

Вихідними даними для розрахунку циліндричної однорядної пружини служать такі параметри (рис. 2.55): загальне число витків n; число робочих витків n_p; діаметр прутка d; середній діаметр пружини $D_{сер}$; висота пружини у вільному стані (без навантаження) $h_в$; крок витків $A_к$.

Пружини в системі ресорного підвішування працюють паралельно з ресорами або іншими пристроями гасіння коливань. Статичне навантаження на одну пружину визначається за формулою

$$P = \frac{P_p}{2}. \qquad (2.16)$$

Коефіцієнт концентрації напружень для пружини залежить від індексу пружини $c = D/d$. Коефіцієнт концентрації розраховується за формулою

$$K_к^в = 1 + \frac{1{,}25}{c} + \frac{0{,}875}{c^2} + \frac{1}{c^3}. \qquad (2.17)$$

Під дією статичного навантаження P пружина стискається, її витки при цьому зазнають деформації кручення; найбільші дотичні напруження в пружині, що виникають при цьому, визначаються так:

$$\tau_{\max} = K_к^в \cdot \frac{8 \cdot P \cdot D}{\pi \cdot d^3} \cdot 10^{-3}. \qquad (2.18)$$

Дотичними називаються напруги, що лежать в площині різання. При розрахунку пружин на міцність необхідно, щоб максимальні статичні напруження не перевищували допустиме дотичне напруження $[\tau]$ з урахуванням допустимого коефіцієнта запасу статичної міцності для пружини, який розраховується так:

$$K_n = \frac{[\tau]}{\tau_{\max}}, \qquad (2.19)$$

де $[\tau]$ – допустиме напруження для пружин, $[\tau] = 750$ МПа.

Якщо виконується умова $1{,}7 < K_n < 2{,}0$, то робиться висновок про достатню міцність пружини; в іншому випадку необхідно відкоригувати в допустимих межах вихідні дані для розрахунку.

Статичний прогин пружини під завантаженням P розраховується так:

$$f_{ст.п.} = \frac{8 \cdot P \cdot n_p \cdot D}{G \cdot d^4}, \qquad (2.20)$$

де G – модуль пружності при крученні, $G = 8 \cdot 10^7$ кПа.

Величина статичного прогину пружини повинна бути не менше 16 % від сумарного прогину, якщо пружини працюють в комплекті з ресорами (для вантажних локомотивів при швидкостях 100 км/год прогин пружини повинен бути не менше 16 мм), і не менше 40 % від сумарного статичного прогину, якщо пружини використовуються в комплекті з гідравлічними гасителями.

Основною характеристикою пружини є жорсткість, яка чисельно дорівнює навантаженню, що викликає прогин пружини на одиницю довжини. Жорсткість пружини розраховується так, кН/м:

$$Ж_n = \frac{P}{f_{ст.п.}}. \qquad (2.21)$$

Максимальне (граничне) навантаження на пружину визначається за умови допустимих напружень

$$P_n^{\max} = \frac{[\tau] \cdot \pi \cdot d^3}{8 \cdot K_к \cdot D} \cdot 10^3, \qquad (2.22)$$

а прогин пружини під цим навантаженням

$$f_n^{\max} = \frac{P_n^{\max}}{Ж_n}. \qquad (2.23)$$

Для забезпечення нормальної роботи пружини її витки при прогині не повинні стикатися, тобто значення $f_n^{\max}$ повинно бути менше значення прогину пружини до повного зіткнення витків $f_{ст}$. Прогин пружини до повного зіткнення витків визначається як

$$f_{ст} = h_в - (n_п + 1) \cdot d, \qquad (2.24)$$

а його відношення до статичного прогину пружини – ***коефіцієнт запасу прогину*** – визначається за формулою

$$K_f = \frac{f_{cm}}{f_{cm.n.}}. \qquad (2.25)$$

Коефіцієнт K_f повинен бути більше 1,7, тобто $K_f > 1{,}7$ – якщо ця вимога не виконується, то необхідно відкоригувати вихідні дані при обов'язковому дотриманні умови міцності.

Крім вимог до співвідношення прогинів, при проектуванні пружини необхідно забезпечити її стійкість, що досягається дотриманням нерівності

$$\frac{h_в}{D} \le 3{,}5. \qquad (2.26)$$

При недостатній міцності однієї пружини, а також для зменшення її габаритних розмірів у буксовому підвішуванні локомотивів застосовують багаторядні пружини.

2.6.12. Розрахунок гумових та гумометалевих елементів ресорного підвішування

У ресорному підвішуванні локомотивів застосовують гумові елементи, що працюють на зсув або стиснення, а також на стиснення і зсув одночасно. Найчастіше гумові елементи використовують в комбінації зі сталевими пружинами і листовими ресорами. Для підвищення надійності гумові елементи виготовляють з металевими армованими пластинами, які вулканізують з гумою. Для виготовлення гумових деталей застосовують морозостійкі (до мінус 50 °С) і малостійкі гуми. Гумові елементи буксових поводків електровозів ВЛ10, ВЛ60 і ВЛ80 виготовлені з гуми марки 1847 з твердістю 35÷50 одиниць.

Деформація стиснення амортизатора залежить не тільки від значень пружних сталих (модуля пружності *E* при розтягуванні - стисненні і модуля зсуву *G*), але і від форми і умов закріплення торців гумової деталі на опорних поверхнях.

Модуль пружності гуми визначається твердістю гуми. Залежність модуля пружності *E* гуми при розтягуванні - стисненні і модуля зсуву *G* від твердості *H* наведена на рис. 2.67. Твердість гуми вимірюється в умовних одиницях.

Відмінною особливістю гуми є її здатність тривало і надійно працювати при великих відносних деформаціях, що становлять 10÷12 % і досягають іноді 30 %.

Статичне навантаження, що діє на гумовий амортизатор, визначається за формулою

$$P_{г.а.(ст)} = \frac{2 \cdot П - q}{4}, \qquad (2.27)$$

де $2 \cdot П$ – навантаження на вісь, кН;

q – непідресорена вага, що припадає на одну колісну пару, кН: $q = 45$ кН – при опорно-осьовому підвішуванні ТЕД, $q = 25$ кН – при опорно-рамному.

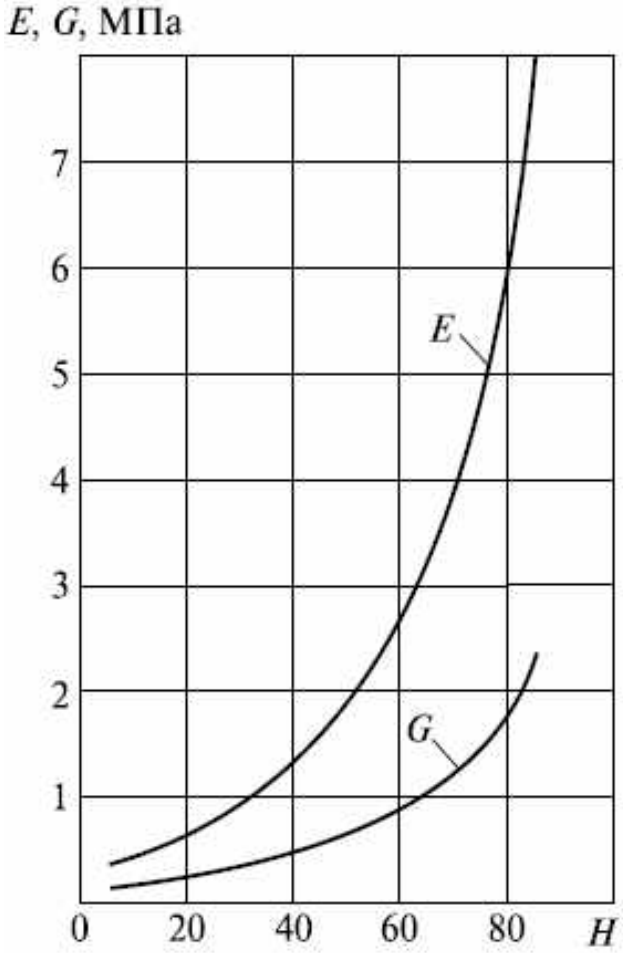


Рис. 2.67. Залежність модуля пружності E і модуля зсуву G від твердості гуми H

Динамічне навантаження визначається з виразу

$$P_{г.а.(дин)} = (1 + k_д) \cdot P_{г.а.(ст)}, \quad (2.28)$$

де $P_{г.а.(дин)}$ – динамічне навантаження, кН;

$k_д$ – коефіцієнт вертикальної динаміки, що визначається за формулою

$$k_д = 0{,}1 + 0{,}2 \cdot \frac{V_к}{f_{н(ст)}}, \quad (2.29)$$

де $V_к$ – конструкційна швидкість ЕРС, км/год;

$f_{н(ст)}$ – номінальний статичний прогин ресорного підвішування, мм.

Площа перетину амортизатора (прямокутного перетину) визначається з виразу

$$S = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}, \quad (2.30)$$

де D – зовнішній діаметр амортизатора, м;

d– внутрішній діаметр амортизатора, м.

Розрахунковий модуль пружності знаходимо за формулою

$$E_р = \frac{H \cdot P_{г.а.(дин)}}{f_{с.п.} \cdot S}, \quad (2.31)$$

де H – висота амортизатора, м;

$f_{с.п.}$ – номінальний статичний прогин, м.

Коефіцієнт форми, що являє відношення площі опорної поверхні (одного) амортизатора до його повної бічної поверхні (поверхня випучування),

$$\theta = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4 \cdot \pi \cdot H \cdot (D + d)} = \frac{D - d}{4 \cdot H}. \qquad (2.32)$$

Дійсний модуль пружності гуми визначається за формулою

$$E = \frac{E_p}{1 + 2 \cdot \theta}. \qquad (2.33)$$

Модуль зсуву гуми можна визначити так:

$$G_г = \frac{E}{3}. \qquad (2.34)$$

Число твердості, за Шором, визначається так:

$$h = 19{,}5 \cdot \sqrt{G_г}\,. \qquad (2.35)$$

Напруження стиснення

$$\sigma_{ст} = \frac{P_{г.а.(ст)}}{\frac{\pi}{4} \cdot (D^2 + d^2)}. \qquad (2.36)$$

За отриманою величиною числа твердості гуми і величиною напруження стиснення підбирають марку гуми з описом її характеристик.

При виборі марок гум для пружних деталей ресорного підвішування слід віддавати перевагу гумам з меншим ступенем гасіння коливань. Цим буде забезпечено менше теплоутворення в гумі, що важливо, тому що гума є поганим провідником тепла, а її міцність сильно знижується при нагріванні. Гума навіть з найменшим ступенем гасіння коливань буде добре виконувати функції гасителя.

Питання для самоконтролю

1. Які конструктивні особливості перших локомотивів викликали розлад колії і вихід з ладу елементів механічної частини?
2. Перерахуйте, які геометричні параметри пружини Вам відомі?
3. Що є недоліком листових ресор?
4. Що таке довжина ресори?
5. Що таке стріла прогину ресори?
6. Які листи ресор називаються кореневими, підкореневими, набірними?
7. Що входить до складу мастила, яке закладається між листами листової ресори?
8. Які листи листової ресори у вільному стані мають велику кривизну? З якою метою це робиться?
9. Які елементи включають в себе перший і другий ступені ресорного підвішування локомотивів?
10. Яку конструктивну особливість мають листи ресори, щоб виключити їх поперечний зсув?
11. У якому конструктивному виконанні виконуються гумові елементи механічної частини локомотивів?
12. У чому полягають позитивні властивості гуми як матеріалу, що використовується на рухомому складі?
13. У яких вузлах механічної частини гума набула застосування? Перерахуйте їх, вкажіть конструктивні особливості.
14. З яких елементів складається пневморесора?
15. Які переваги та недоліки пневморесор?
16. Що є додатковим резервуаром для пневморесор?
17. Від чого залежить жорсткість пневморесори?
18. Які типи пневморесор набули застосування на рухомому складі?
19. Як класифікуються гідравлічні й фрикційні гасителі коливань?
20. Які принципи роботи телескопічного гідравлічного гасителя коливань на стиск і розтяг?
21. Від яких параметрів залежить сила дисипації?
22. У чому переваги і недоліки гумових елементів?

23. Від чого залежить деформація стиснення гумового амортизатора?

24. Від чого залежить модуль пружності гуми?

25. Що таке відносна деформація гумового амортизатора?

26. Від чого залежить довговічність гумових елементів?

27. Як визначаються напруження стиску гумової пластини?

28. Що відображає коефіцієнт форми гуми?

29. Як залежить жорсткість гумової пластини від виду з’єднання гуми з металом?

30. Як визначаються напруження зсуву гумової пластини?

31. Яких видів навантажень може зазнавати гумова пластина?

32. Як можна зменшити теплоутворення в гумі?

2.7. ТЯГОВА ПЕРЕДАЧА

2.7.1. Загальні положення

Для передачі обертального моменту від вала тягового електродвигуна (ТЕД) до колісної пари служить ***тягова передача***. Положення колісної пари в компонувальній схемі екіпажа однозначно визначене її опорними і напрямними функціями. Для вала ж тягового двигуна існує декілька варіантів розташування, які можуть відрізнятися двома основними ознаками:

- підресорений або непідресорений двигун відносно колісної пари;
- взаємна орієнтація геометричних осей вала ТЕД і колісної пари (вони можуть бути співвісними, паралельними, непаралельними перетинаючими і непаралельними неперетинаючими).

Двигун, розміщений на підресорених частинах візка або кузові, може переміщуватися відносно колісної пари. Для передачі обертання в умовах взаємних переміщень окремих елементів передачі необхідні рухомі сполучні муфти. У разі опори двигуна безпосередньо на вісь колісної пари необхідність в муфті відпадає.

При неспіввісності геометричних осей вала двигуна і колісної пари необхідний редуктор, який, як правило, виконується на базі зубчастих передач (циліндрових або конічних).

Таким чином, окрім вала ТЕД і колісної пари, передача може включати в себе тягові муфти і редуктори. Всі названі елементи можуть бути сполучені між собою безпосередньо або – при значному віддаленні один від одного – валопроводами [39, 43].

2.7.2. Вимоги, що ставляться до тягових передач

Елементи тягової передачі при роботі схильні до різних навантажень, які непостійні за абсолютним значенням і часом. Залежно від режиму ведення поїзда потужність, що реалізовується приводом, тяговий момент і частота обертання

можуть змінюватися в широких межах. Так, у момент зрушення поїзда зубчаста передача працює в режимі «тихохідної передачі» з низькими частотами обертання і великим обертальним моментом. При русі на максимальних швидкостях режим роботи передачі наближається до типового для «швидкохідних передач».

Температури, при яких працюють поїзди на вітчизняних залізницях, змінюються від плюс 50 до мінус 55 °С. Безпосередня близькість до тягових передач таких джерел тепла, як тяговий двигун і гальмівні пристрої, а також власне виділення тепла може істотно збільшувати верхній рівень робочих температур передачі.

Вода, сніг, пил, що містять значну кількість абразивних і хімічно активних речовин, постійно наявні в атмосфері, що оточує елементи передачі. Значні перепади тиску, викликані аеродинамічними явищами при руху на великих швидкостях, також сприяють їх проникненню у внутрішні порожнини. Крім того, тягова передача є одним з небагатьох вузлів локомотива, що погано піддаються візуальному контролю не тільки під час руху, але і на стоянці. У зв’язку з перерахованими причинами до передач ставлять ряд вимог, що визначаються експлуатаційними умовами роботи локомотива. Найбільш важливі з них такі:

- забезпечення пружного зв’язку якоря ТЕД з колісною парою;
- забезпечення мінімальної ваги необресорених частин і мінімальної дії на колію;
- забезпечення найбільш вигідної швидкості ТЕД і його високого ККД;
- забезпечення такого розташування ТЕД, при якому вони легко доступні для огляду і ремонту і захищені від снігу, вогкості і пилу;
- забезпечення високої безвідмовності в роботі, оскільки тягова передача не резервується і відмова її практично приводить до повної або часткової відмови локомотива.

Для підвищення ККД необхідно зменшувати втрати в зубчастій передачі (передача повинна бути одноступінчатою і мати надійні ущільнення); для зменшення втрат на тертя слід використовувати підшипники кочення.

Дуже важливо, щоб привод мав хорошу ремонтопридатність, заміни дороговартісних вузлів не були б частими і щоб об'єм робіт з демонтажу і монтажу при ремонті був невеликим.

Тягові передачі рухомого складу можна класифікувати за ***трьома класами***:

- привод I класу – опорно-осьове підвішування ТЕД і редуктора;
- привод II класу – опорно-рамне підвішування ТЕД і опорно-осьове редуктора;
- привод III класу – опорно-рамне підвішування і ТЕД, і редуктора. Для високошвидкісного рухомого складу намітився напрям, пов'язаний з перенесенням великих мас тягового приводу на раму кузова.

2.7.3. Конструкції тягових передач в приводах I класу

Конструктивні особливості тягової передачі в приводі I класу переважно визначені тим, що тяговий двигун одним боком спирається на візок, а іншим – безпосередньо на вісь колісної пари. Зв'язок двигуна з колісною парою, що з'являється при цьому, дозволяє технічно просто (за допомогою моторно-осьових підшипників) забезпечити паралельність вала якоря двигуна і осі колісної пари і постійності відстані між ними. Це, у свою чергу, дає можливість застосувати найбільш просту тягову передачу, що складається з шестірні і зубчастого колеса, жорстко посаджених відповідно на вал двигуна і вісь колісної пари. При опорно-осьовому підвішуванні двигуна кріплення його до рами візка виконують пружним, при цьому розрізняють ***траверсне***, ***маятникове*** і ***люлькове*** підвішування.

На вітчизняних тепловозах і електровозі ВЛ60^{ПК} застосовано **траверсне підвішування** (рис. 2.68).

Привод включає електродвигун *1*, що спирається з одного боку через моторно-осьові підшипники ковзання на вісь колісної пари *3*, а з іншого за допомогою верхнього і нижнього приливків – на пружинний комплект *2* (вигляд А). Пружинний комплект складається з чотирьох пружин, розташованих між двома балками *7*, стягуваними болтами *8,* і встановлюється між

лапами кронштейна, привареного до поперечної балки рами візка, з попереднім натягом, що виключає деформацію пружин від реакції тягового моменту. Його положення в кронштейні фіксується двома стрижнями *9*, що проходять через отвори в лапах і балках (стрижні утримуються поперечними валиками *10*).

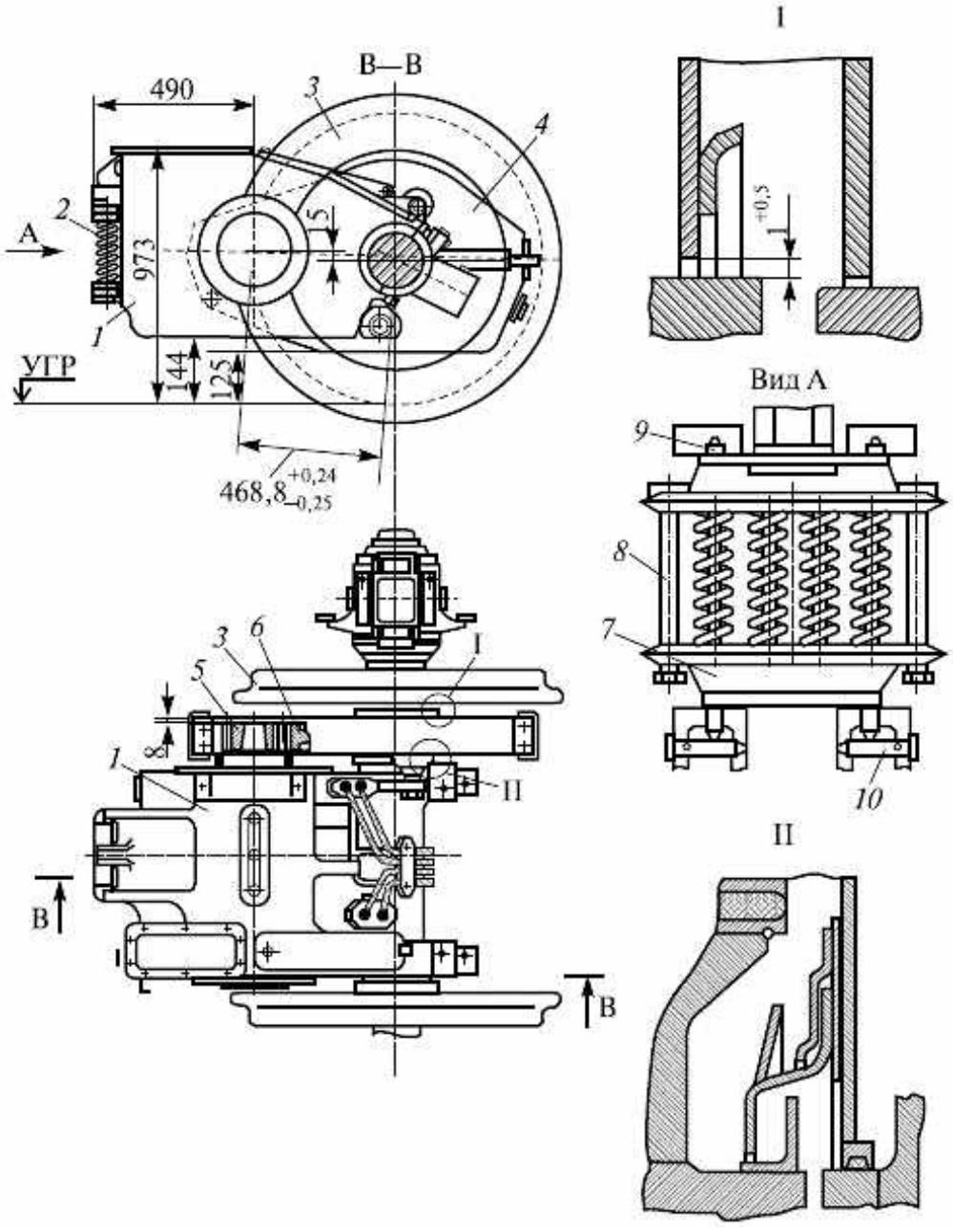


Рис. 2.68. Траверсне підвішування ТЕД:
1 – ТЕД; *2* – пружинний комплект; *3* – колесо; *4* – кожух; *5* – провідна шестірня; *6* – зубчасте колесо; *7* – балки-опори пружинного комплекту; *8* – стягуючі болти; *9* – фіксуючі стрижні; *10* – поперечні валики

Передача обертального моменту здійснюється одностороннім редуктором, що складається з провідної шестірні *5*, веденого зубчастого колеса *6* і кожуха *4*. У кожух зубчастої передачі заливається 4,5÷5,5 л осіркованого мастила або мастила СТП (влітку марки Л, взимку З). Для запобігання його витоку кожух забезпечений по горизонтальному рознімачу ущільнювальними пазами, а на осі колісної пари з боку зубчастої передачі – однокамерним лабіринтом (перетин II).

Крім того, на рухомому складі використовується ще більш технологічне і конструктивно простіше кріплення ТЕД на ***маятниковій підвісці*** з пружними гумовими шайбами (рис. 2.69), що складають блок амортизаторів. Така конструкція застосована на електровозах ВЛ80 і ВЛ10. Кронштейн *6* коробчастого типу прикріплений болтами *7* до ТЕД *11* і розташований між гумовими шайбами *1*, які затиснуті з попереднім натягом між сталевими шайбами *2* і *5*, надітими на підвіску *4* гайкою *3*. Головка підвіски із запресованою втулкою *8* валиком *9* кріпиться до кронштейнів *10* рами візка.

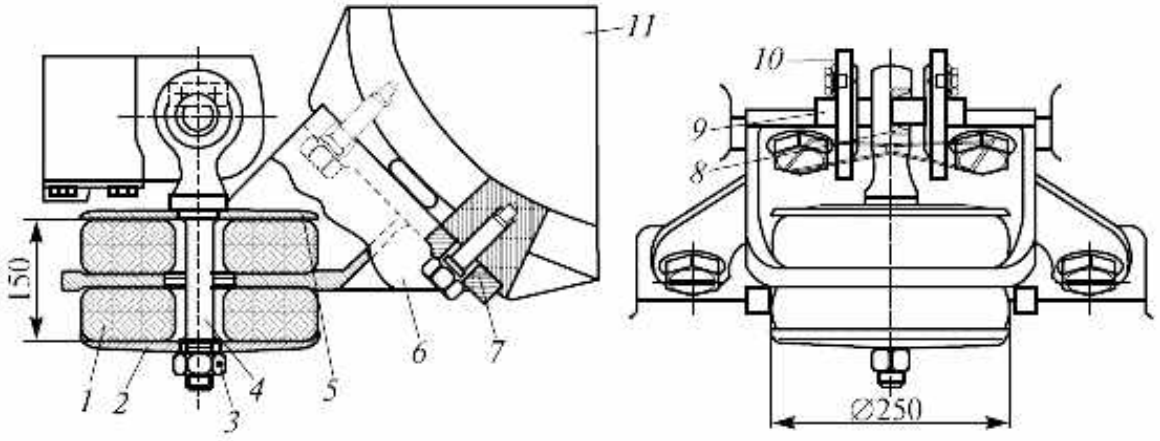


Рис. 2.69. Маятникове підвішування ТЕД:
1 – гумові шайби; *2*, *5* – сталеві шайби; *3* – гайка; *4* – підвіска; *6* – кронштейн тягового двигуна; *7* – болти кріплення кронштейна; *8* – втулка; *9* – валик; *10* – кронштейн рами візка; *11* – тяговий двигун

При **люльковому підвішуванні** (рис. 2.70) тягового двигуна електровозів серії К (*вантажні шестивісні електровози змінного струму з кремнієвими випрямлячами, замовлені в Західній*

Німеччині для ознайомлення з європейським досвідом; рік постачання 1961; побудовано 20 (ФРН); списання: до 1978; виготівники – Сіменс-Шукерт, Крупп; розшифровка позначення: з кремнієвими випрямлячами; вага 138 т; навантаження на вісь 23 т; швидкість 100 км/год; потужність 5760 л.с.) застосовується конструкція, що складається з балансира *8*, підвісок *16*, піддонів *6* і *12* з привареними до них напрямними втулками, кульових шарнірів і верхніх *7* і нижніх *15* пружин.

До корпусу тягового двигуна болтами кріпиться цапфа *10*, на яку напресовується втулка *11*. На цапфу заводиться балансир *8* і кріпиться до неї трьома болтами.

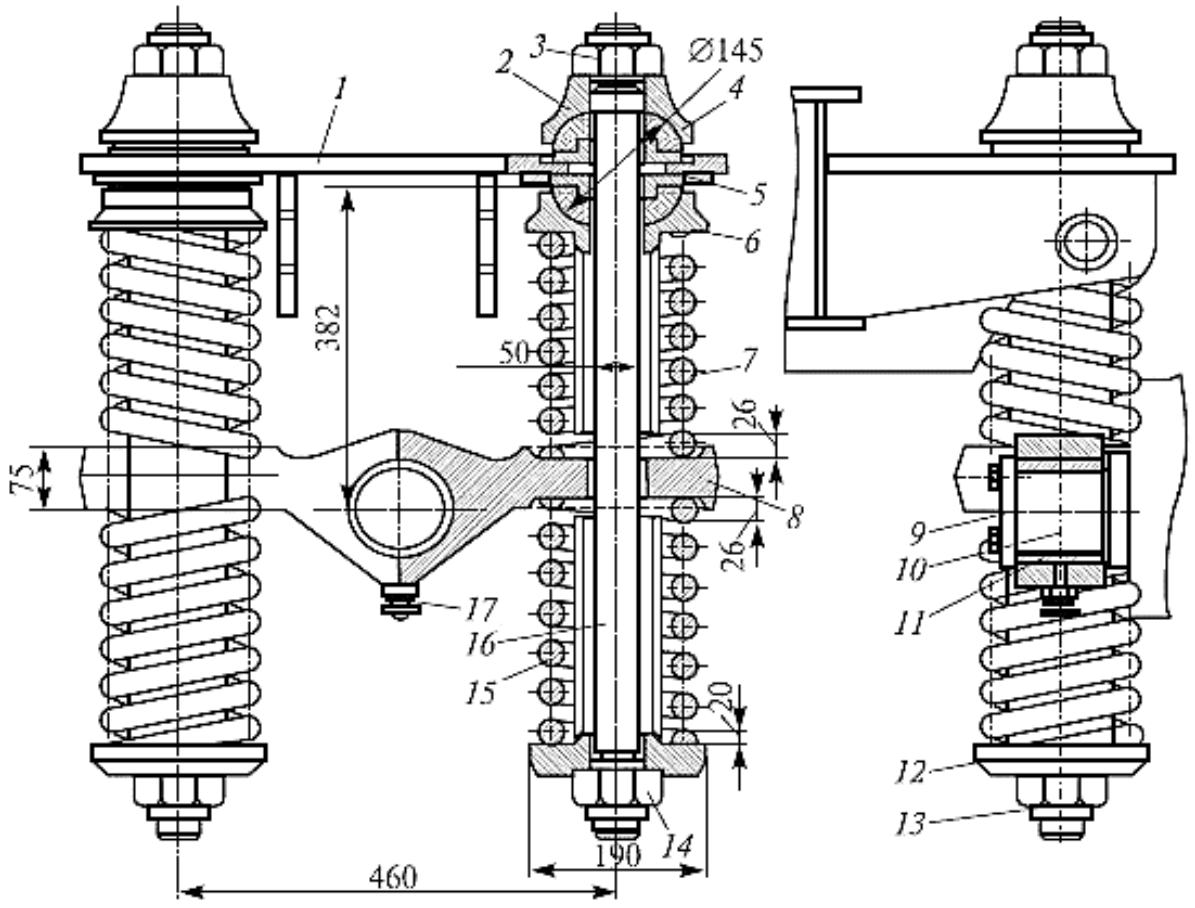


Рис. 2.70. Люлькове підвішування ТЕД:
1 – кронштейн поперечної балки рами візка; *2* – ковпак;
3 – корончаті гайки; *4*, *5* – верхня і нижня півсфери;
6, *12* – піддони; *7*, *15* – верхні і нижні пружини;
8 – балансир; *9* – шайба; *10* – цапфа; *11* – втулка; *13* – шплінт;
14 – корончаті гайки; *16* – підвіски; *17* – маслянка

Змащення поверхонь балансира і втулки, що труться, здійснюється маслянкою (*рос.* маслёнкой) *17*. Вага тягового двигуна через балансир передається на нижні пружини, піддони, корончаті гайки *14*, підвіски *16* і корончаті гайки *3* на ковпаки 2.

Кульове з'єднання підвісок з кронштейном *1* поперечної балки рами візка складається з двох півсфер: верхньої *4* і нижньої *5*, піддону *6* і ковпака *2*. Підвіска *16* має діаметр 50 мм і виконана зі сталі 25СгМо4. Кульова поверхня ковпака, виготовленого зі сталі СК45, шліфується. Півсфери *4* і *5* виконані із сталевого графітизованого матеріалу, що не вимагає змащення, і приклеєні до сталевих фланців, розміщених в гніздах кронштейна. Корончаті гайки М48Х3 стопоряться шплінтами *13*.

2.7.4. Моторно-осьові підшипники

Застосування моторно-осьових підшипників ковзання пояснюється тим, що в умовах дуже великих динамічних навантажень, що є наслідком поєднання великих вертикальних прискорень колісної пари і великої маси двигуна, пропоновані промисловістю підшипники кочення не забезпечують необхідної довговічності, а зміна їх украй трудомістка, оскільки вимагає розпресування колеса. Основна умова довговічності моторно-осьових підшипників – забезпечення хороших умов змащення.

Для розміщення моторно-осьових підшипників на остові тягового двигуна відлиті два кронштейни, до них чотирма болтами кріпляться шапки моторно-осьових підшипників, відлиті зі сталі, після чого внутрішня поверхня кронштейнів і шапок розточується під установлення вкладишів моторно-осьових підшипників.

Вкладиші моторно-осьових підшипників відлиті з латуні з двох половин у вигляді напівциліндрів з буртами з одного боку. Внутрішня поверхня вкладишів залита бабітом. Зовнішній вкладиш має вікно для змащення. Для запобігання прокручуванню вкладишів у кронштейні тягових двигунів встановлена шпонка на стику між половинами вкладишів.

Потім бабіт усередині вкладишів розточується за діаметром шийки осі колісної пари під моторно-осьові підшипники із зазором 0,25÷0,5 мм, після чого пришабрюється по шийці осі пари.

При встановленні моторно-осьових підшипників враховують їх бракувальні розміри:

- радіальний зазор між бабітом вкладишів і віссю колісної пари – не більше 2,5 мм (заміряється щупом з канави через прорізи в кожусі, що закриває середню частину осі колісної пари). Після поточного ремонту ПР-3 цей зазор повинен складати 0,25÷0,5 мм;

- розгін ТЕД уздовж осі колісної пари – не більше 6 мм (після ПР-3 – 0,5÷2 мм). Розгін заміряється на ПР-2 при знятих кожухах зубчастої передачі як сума зазорів з двох сторін між буртом вкладиша моторно-осьового підшипника і торцем маточини колісного центру.

При ***гнотовій*** (*рос.* фитильной) системі змащування осі і вкладишів шапка моторно-осьових підшипників розділена усередині на три камери: камеру для гноту (*рос.* фитилей), камеру постійного рівня мастила, камеру-резервуар для мастила (рис. 2.71, *а*). У камеру для гноту зверху через отвір з кришкою закладають три гноти (*рос.* фитиля), сплетені з шерстяних ниток (завдовжки 800 мм), просочені в мастилі протягом доби, складені удвічі на дерев'яній лопатці. Ці гноти через вікно в зовнішньому вкладиші стикаються з віссю колісної пари. Потім камеру-резервуар заповнюють мастилом під тиском 3 атм, після чого через верх ніпеля (трубочки) заповнюється нижня камера постійного рівня мастила – до початку виходу мастила назовні.

На рухомому складі застосовують також моторно-осьові підшипники з ***польстерною*** системою змащення, з ***циркуляційною*** системою змащення і системи з ***постійним рівнем мастила***.

Польстерний механізм (рис. 2.71, *б*) складається з остова *13*, пригвинченого до днища шапки і забезпеченого *U*-подібними напрямними пластинками. Усередині напрямних розташована коробка *14* із закріпленим в ній гнотом *6*, складеним з трьох пластин каркасної повсті (*рос.* войлок) або її замінника. На верхній і нижній поверхнях коробки встановлені пластинчасті

пружини, які ковзають по *U*-подібних напрямних. Гніт притискається до шийки осі двома пружинами і важелем *15*, що спирається на бурти польстерної коробки. Шапка моторно-осьового підшипника має збільшений резервуар для мастила місткістю 4 л, що забезпечує пробіг локомотива між черговими дозаправками не менше 1000 км. Передбачені також зливна пробка і щуп для контролю рівня мастила.

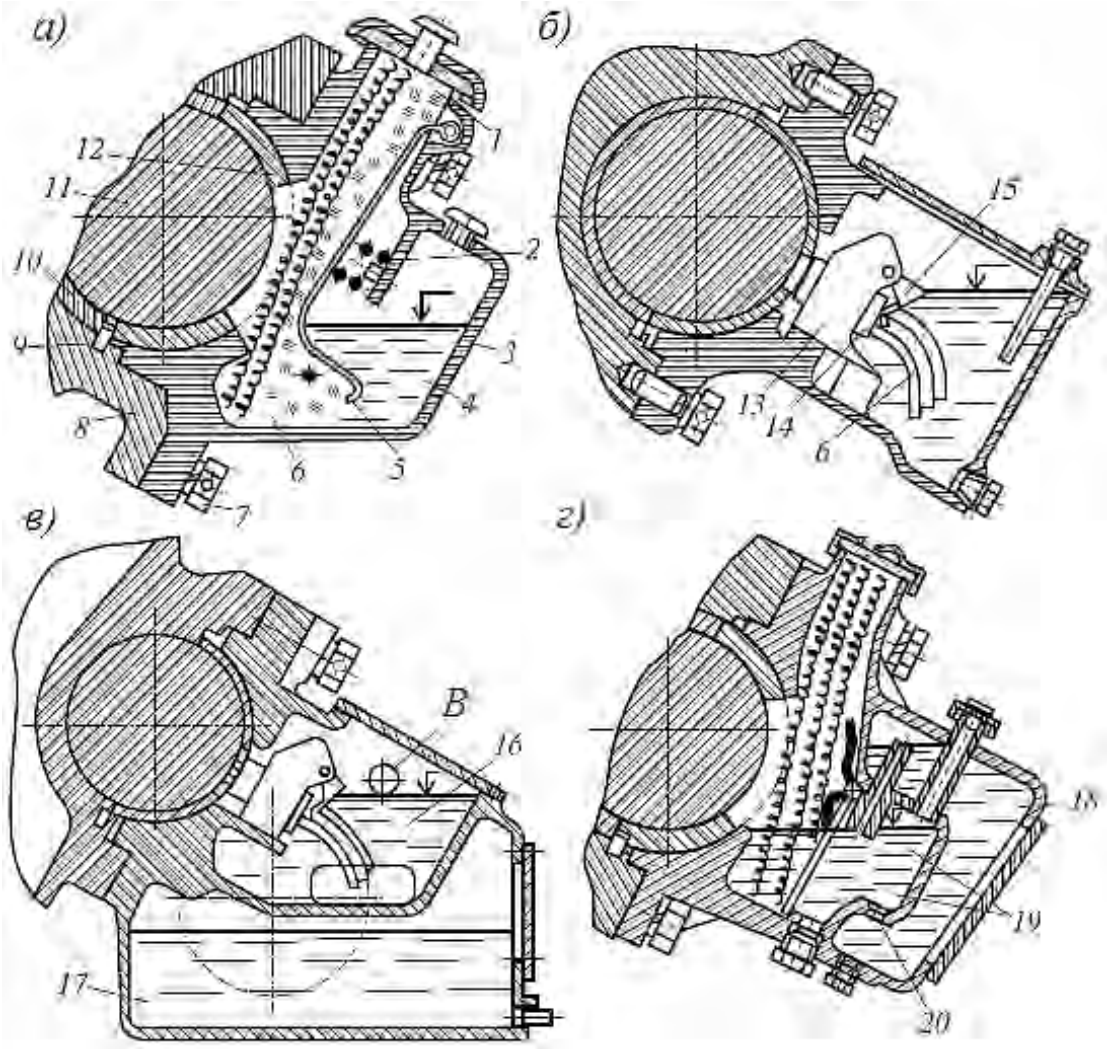


Рис. 2.71. Моторно-осьові підшипники ковзання ТЕД в приводах I класу з гнотовою (*а*), польстерною (*б*), циркуляційною (*в*) системами змащування і з системою постійного рівня мастила (*г*):
1 – запобіжна набивка; *2* – пружина; *3* – корпус шапки; *4* – мастило; *5* – притискна пластина; *6* – гніт; *7* – болт; *8* – остов двигуна; *9* – шпонка; *10*, *12* – бабітові вкладиші; *11* – вісь колісної пари; *13* – остов; *14* – коробка; *15* – важіль; *16* – верхні камери; *17* – мастилозбірник; *18*, *19* – камери; *20* – отвір

Циркуляційна система змащення (рис. 2.71, *в*) має таку конструкцію: у одній загальній шапці розміщені, окрім вкладишів, два польстери, мастилозбірник *17* місткістю 35 л і шестеренна помпа, що приводиться в дію від рознімного зубчастого колеса, встановленого на осі колісної пари. Мастило з колеса по спеціальних каналах подається в праву і ліву верхні камери *16*, де постійно забезпечується його необхідний рівень. У камерах встановлені польстери, за допомогою яких мастило через вікна у вкладишах надходить безпосередньо в зону тертя. Відпрацьоване в підшипниках мастило, а також його надлишки в камерах *16* по спеціальних каналах і через вікно *В* зливаються назад в мастилозбірник *17*. Польстери забезпечують змащення моторно-осьових підшипників при зрушенні з місця і на малих швидкостях руху, а також відіграють роль дублюючої системи змащення у разі виходу з ладу шестеренної помпи.

Для запобігання витоку мастила передбачені двокамерні лабіринтові ущільнення, які на перших зразках моторно-осьових підшипників виконувалися як єдине ціле з вкладишами. В результаті моторно-осьові підшипники з циркуляційною системою мастила забезпечують пробіг локомотива між черговими дозаправками не менше ніж 10 тис. км.

На електровозах питомі навантаження на вкладиші моторно-осьових підшипників унаслідок симетрії двосторонньої зубчастої передачі значно нижче, ніж у тепловозів, тому на них з успіхом застосовують моторно-осьові підшипники з **постійним рівнем мастила** (рис. 2.71, *г*), які мають дві камери. В одній з камер – *19*, рівень мастила в якій залежить від висоти ніпеля, що сполучає його з камерою *18*, знаходиться шерстяна набивка. Система працює таким чином: як тільки рівень мастила в камері *19* знизиться настільки, що мастило не буде торкатися ніпеля, повітря, що знаходиться в ній, почне надходити в камеру *18*, розрідження в якій зменшиться. Внаслідок цього мастило надходитиме через отвір *20* в камеру *19* до тих пір, поки не закриє ніпель. Поповнення мастила і підтримка його постійного рівня продовжуватимуться, поки не витратиться мастило із запасної камери.

Ревізія моторно-осьових підшипників здійснюється через три ПР-1. При цьому виконуються такі роботи:

- зливається мастило з шапок моторно-осьових підшипників (через два нижні отвори з пробками);

- з шапок виймаються шерстяні гноти, промиваються гасом (*рос*. керосином), просушуються, замінюються порвані шерстяні нитки, після чого вони просочуються мастилом протягом доби (лежать у відрі з машинним маслом);

- заміряється знос бабіту вкладишів, тобто радіальний зазор моторно-осьових підшипників, який повинен бути не більше 2,5 мм;

- у шапки заправляються гноти і заливається мастило під тиском.

Заправка мастила в моторно-осьові підшипники з постійним рівнем здійснюється під тиском 0,35 МПа через спеціальний шланг з наконечником, що вставляється в конічний отвір *20*. Після однієї заправки забезпечується пробіг локомотива не менше 1000 км.

Для зменшення шкідливої дії на колію необресореної частини ваги тягового двигуна при опорно-осьовому підвішуванні часто намагалися помістити в моторно-осьові підшипники пружини, проте забезпечити незмінну централь (відстань між центром осі колісної пари і віссю ТЕД) не вдавалося.

Незважаючи на відмічені переваги, конструкції моторно-осьових підшипників залишаються трудомісткими в обслуговуванні і ремонті, вимагають великої витрати мастила і кольорових металів; неможливість надійної герметизації вузлів веде до забруднення навколишнього середовища. У результаті наявність моторно-осьових підшипників можна розглядати як довід на користь відмови від застосування приводів І класу. Ще одним доводом може служити і те, що в даному типі приводу практично неможливо забезпечити герметичність кожуха редуктора.

Разом з тим промислове освоєння потужних тиристорних перетворювачів трифазного струму регульованої частоти відкрило ряд напрямів вдосконалення приводу за умови застосування асинхронних тягових двигунів, що володіють значно більшою питомою потужністю, ніж двигуни постійного струму. Практично двократне зниження маси двигуна і менша

сприйнятливість до вібрацій, а також поява вібростійких підшипників кочення у ряді випадків (в першу чергу для швидкостей до 120 км/год) роблять виправданим повернення до приводу I класу зі спиранням на вісь через підшипники кочення. Так виконані приводи тепловоза DE6400 для голландських залізниць, який розглядається як прототип загальноєвропейського тепловоза 2000 р. і електровоза для КНР, що поставляється рядом європейських фірм.

2.7.5. Зубчаста передача в приводах I класу

Зубчаста передача в приводах I класу виконується залежно від передаваної потужності ***одно-*** або ***двосторонньою***. На вітчизняних вантажних електровозах привод має двосторонню косозубу передачу з кутом нахилу зубів 24° (рис. 2.72), на пасажирських електровозах і електропоїздах (окрім ЕМ4) – односторонню прямозубу.

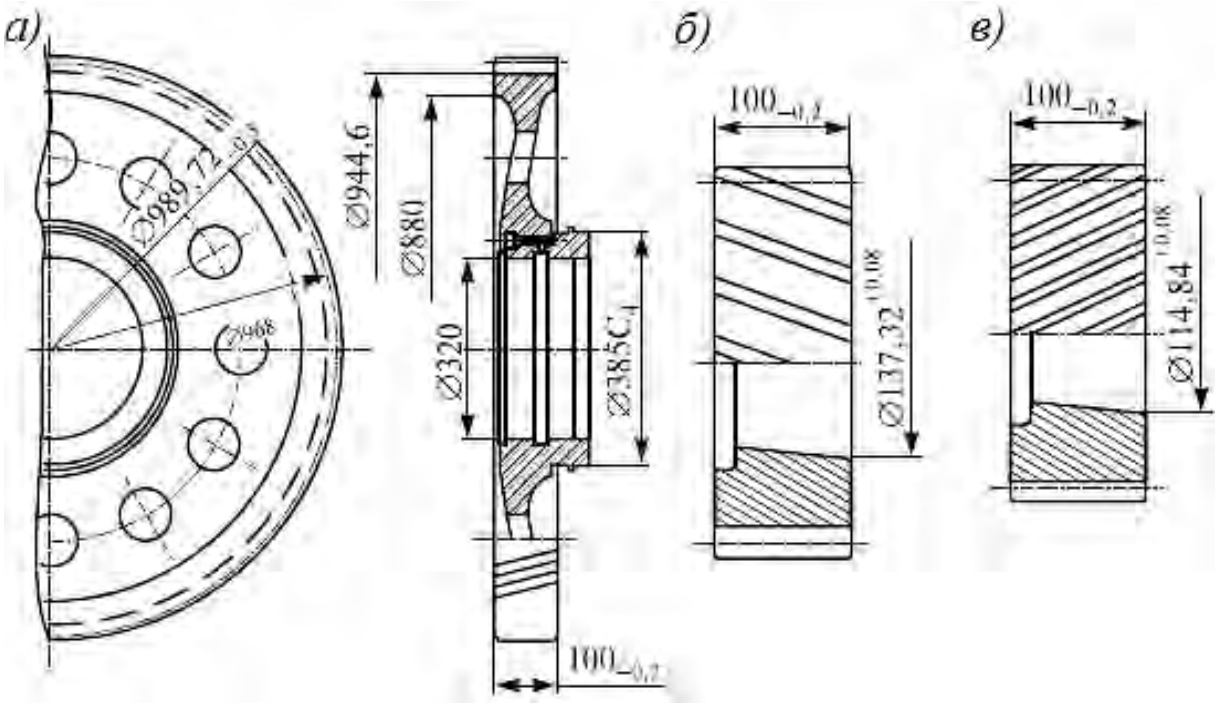


Рис. 2.72. Велике зубчасте колесо вітчизняних вантажів електровозів:
а – ведене зубчасте колесо; *б* – шестірні електровоза ВЛ80; *в* – шестірня електровоза ВЛ80^{К}, ВЛ10

Рівність статичних навантажень з правого і лівого боку двосторонньої зубчастої передачі забезпечується застосуванням протилежного нахилу зубів на різних сторонах.

На електровозах ВЛ80 застосовуються шестерні, виковані з хромонікелевої сталі, потім обточені з усіх боків. Усередині шестірня має конічний отвір з ухилом 1:10 – для напресовування на вал якоря тягового двигуна. Збоку отвору виконана виточка шириною 15 мм – для гайки. Зовні на шестірні нарізається 21 косий зуб. Модуль зубів – 11 мм. Зуби піддаються термообробці – цементуються і гартуються.

Готові шестерні конічним отвором притираються пастами до конічних кінців вала якоря тягового двигуна (не менше 85 %). Потім шестерні нагріваються (до 150÷180 °С) і напресовуються на кінці вала якоря тягового двигуна (з натягом уздовж вала 2,5÷3,0 мм). Одна шестірня напресовується на кінець вала якоря ТЕД довільно, а інша шестірня на протилежний кінець вала якоря ТЕД – після розмітки по зубах зубчастого колеса колісної пари.

Для нормальної роботи зубчастого зачеплення необхідно, щоб відстань між центром осі колісної пари і віссю ТЕД (централь) зубчастого колеса і шестірні не мінялася. Робота зубчастої передачі не порушується тоді, коли зв’язок тягового двигуна з колісною парою незмінний, при цьому мінімізується знос моторно-осьових підшипників.

Розпірні сили, що з’являються при роботі односторонньої передачі, викликають нерівномірне навантаження і знос моторно-осьових підшипників і зубчастої передачі тягового двигуна, що порушує нормальну роботу зубчастого зачеплення (з’являються перенапруження і клиноподібний знос зубчастих коліс).

При двосторонній зубчастій передачі також спостерігається односторонній знос зубчастих коліс. Для виключення цього необхідно забезпечити однакове навантаження обох шестерень, що і досягається застосуванням косозубого зачеплення, коли на обох сторонах встановлюють шестерні з нахилом зубів у протилежних напрямах.

При цьому у разі неточностей монтажу при зачепленні шестірні тільки з одного боку передачі, аксіальна складова, що з’являється, від косого зуба коліс на шестірню примушує якір переміщатися до тих пір, поки не увійде до зачеплення шестірня з іншого боку.

Одним з основних недоліків передачі при опорно-осьовому підвішуванні тягового двигуна є збільшення непідресореної ваги, що при проходженні колісною парою нерівностей колії викликає значні напруження в шестернях, які зростають зі збільшенням інерції якорі. Для зменшення дії колії на зубчасту передачу застосовують зубчасті колеса з пружними вінцями. Пружні вінці забезпечують при двосторонній передачі більш рівномірний розподіл зусиль між обома передачами, причому розподіл залежить від жорсткості пружного механізму вінців і початкового їх зусилля. У пружних зубчастих передачах застосовуються листові і циліндричні пружини.

Конструкція ***пружної передачі з листовими пружинами*** подана на рис. 2.73. При передачі обертального моменту від двигуна вінець *1* повертається відносно центру зубчастого колеса *2* і викликає додатковий вигин пружних пластин *3*. Щоб не допустити випадання пакетів, з обох боків центру зубчастого колеса встановлюють шайби *4* з листової сталі і стягують їх заклепками з потайними головками. Центр *5* має по зовнішньому боку залежно від передавального числа від 22 до 25 пазів, в які закладаються пакети листових пружин. Кожен пакет складається з восьми пластин і прокладки *6*. Пластини поміщені в два ряди по чотири з кожного боку прокладки, яка створює попередній натяг. За станом пакетів спостерігають через отвори в шайбах *4*.

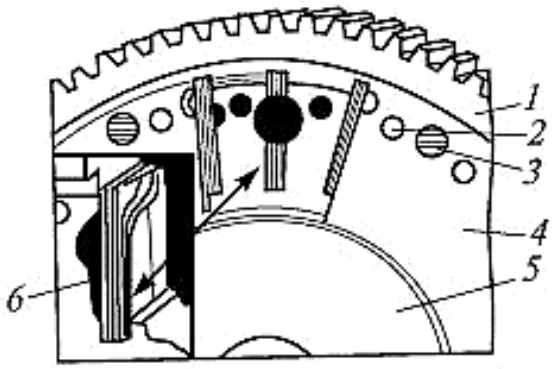


Рис. 2.73. Ведене зубчасте колесо вантажних електровозів з листовими пружинами:
1 – зубчастий вінець; *2* – зубчасте колесо; *3* – пружні пластини; *4* – шайба; *5* – центр колеса; *6* – прокладка

Пружні вінці з ресорними пакетами мають велику жорсткість, тому навіть при незначній невідповідності в розташуванні зубів шестерень і зубчастих коліс на обох боках колісної пари при русі в одному напрямі передача часто працює одним боком, а при русі у зворотному – іншим.

Вінець з циліндричними пружинами виходить менш жорстким. Вінець *1* зубчастого колеса електровоза Ф (*електровоз змінного струму, що будувався у Франції на замовлення СРСР в 1957 р. для набуття досвіду експлуатації і конструювання електровозів змінного струму напругою 25 кВ, – 50 електровозів змінного струму типу* 3_0-3_0 *з ігнітронами – ртутними випрямлячами; на сьогодні зберігся лише 1 електровоз* $Ф^К$*-07 – експонат залізничного музею у Варшавському вокзалі Санкт-Петербургу*) (рис. 2.74) нерозрізний, забезпечений виступами *6*, що проходять між парними виступами *5* в тілі центру зубчастого колеса *2*. Щоб вінець можна було надіти на центр, вирізи між виступами повинні дещо перевищувати виступи.

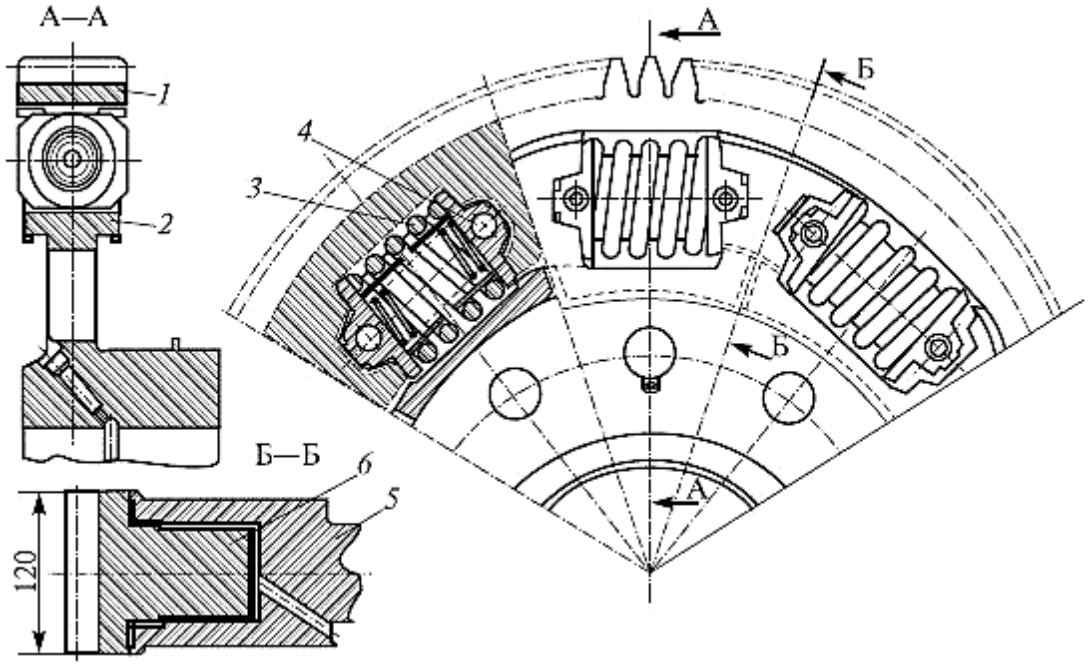


Рис. 2.74. Зубчасте колесо з циліндричними пружинами:
1 – вінець; *2* – центр зубчастого колеса; *3* – пружини; *4* – упори;
5 – виступи в центрі зубчастого колеса; *6* – виступи вінця

Після установлення вінця виступами проти пазів у зубчастому колесі і повороту його таким чином, щоб виступи вінця опинилися усередині парних виступів центру зубчастого колеса, у вільні простори, що утворилися, між виступами ставлять пружини *3* з упорами *4*.

Шестерні виготовляють зі сталі 20ХН3А або 37ХН3А; після нарізки їх цементують, гартують і шліфують. Ведені зубчасті колеса електровозів виготовляють зі сталі 55, заготовки піддаються загартуванню і високому відпуску (*рос.* отпуску). На їх довговічність впливають не лише технологія, але і точність виготовлення. При відхиленні основного кроку і профілю зачеплення від норми не відбувається плавного пересполучення зубів, виникають удари, сила яких через великі частоти пересполучень і значні взаємодіючі маси може вимірюватися десятками тонн. Внаслідок цього в процесі роботи передачі відбувається знос зубів, викришування (*рос.* выкрашивание) металу, поява втомних тріщин в основі зуба і порушення евольвентного профілю. Одночасно з цим йде припрацювання (*рос.* приработка) зубів, у процесі якого знижуються негативні наслідки спотворення профілю і віброактивність зубчастої колісної пари може залишатися помірною.

Однією з причин утомних руйнувань зубчастих коліс є їх недостатнє поверхневе зміцнення, тому після механічної обробки зубів проводять поверхневе загартування струмами високої частоти. При цьому час нагрівання одного зуба становить 12÷15 с, охолодження 6÷8 с при температурі 50 °С в розчині соди і мила. Після загартовування проводиться відпуск при нагріванні до 200 °С з повільним повітряним охолодженням, потім шліфуфіння зубів. З обох боків робочої поверхні зубів залишають незагартований шар на 2±1 мм до краю. Западину і головку також залишають незагартованими. Товщина загартованого шару складає 1,5÷4 мм.

Загартування тільки робочої поверхні має той недолік, що в загартованому шарі виникають стискальні напруження, а в місці переходу від загартованого до незагартованого шару – розтягальні, які разом з робочими розтягальними напруженнями є причиною утворення тріщин і утомних руйнувань. Щоб уникнути цього, рекомендується механічне зміцнення западин між зубами,

яке виконують роликом на спеціальному накатному верстаті. Хороші результати дає загартовування струмами високої частоти по всьому контуру колеса, включаючи западини, що виключає утворення перехідних зон.

Якщо з якої-небудь причини редуктор «розпарений», тобто одне з припрацьованих зубчастих коліс замінено, то відбувається різке зростання зносу зубів обох коліс, навіть якщо у знову поставленого колеса робочі поверхні зубів не зношені.

Пружне самоустановлюване колесо (рис. 2.75) складається з зубчастого вінця *1*, маточини *8*, двох фланців *6*, з'єднаних з маточиною болтами *9.* У співвісних отворах вінця і фланців у почерговому порядку встановлені вісім еластичних *2* і вісім упорних *4* гумометалевих блоків. Блок в осьовому напрямку фіксується стопорними кільцями *5* і упорними дисками *3*, прикріпленими зовні до бічних фланців колеса. Вінець спирається на маточину через насипний роликовий підшипник.

Еластичний гумометалевий блок складається з трьох гумових елементів. При зрушенні локомотива з місця і розгоні до зубчастого колеса прикладений великий крутний момент. Під його дією вінець повертається щодо маточини, деформуючи спочатку еластичні, а потім і упорні гумометалеві блоки.

Зі збільшенням швидкості руху крутний момент зменшується і упорні гумометалеві блоки виводяться з роботи.

Застосування даного типу передачі позитивно вплинуло на надійність роботи тягових електродвигунів та інших вузлів приводу. Так, більш ніж дворазове зниження динамічних навантажень в пружній тяговій передачі зменшило її віброактивність, в результаті чого скоротилися пошкодження болтових кріплень кожуха редуктора до остова тягових електродвигунів. Зменшилася також схильність локомотива до буксування, на 15 % знизилася інтенсивність зносу бандажів.

Незважаючи на постійне вдосконалення конструкції, тягові приводи класу I мають ряд непереборних недоліків, які знижують надійність і ускладнюють експлуатацію та ремонт. До них відносяться:

- слабкий віброзахист тягових електродвигунів і, як наслідок, пошкодження ТЕД через високе вібронавантаження;

- високий рівень вібрації в контакті коліс з рейками, обумовлений значною величиною непідресореної маси і високими динамічними навантаженнями в передачі, що приводить до збільшення зносу бандажа колісної пари і поверхні кочення рейки;

- наявність моторно-осьових підшипників ковзання і неможливість забезпечення герметичності кожуха редуктора (так як двигуни колекторні, то при великих вібраціях щітка може відірватися від колектора, що вкрай небажано).

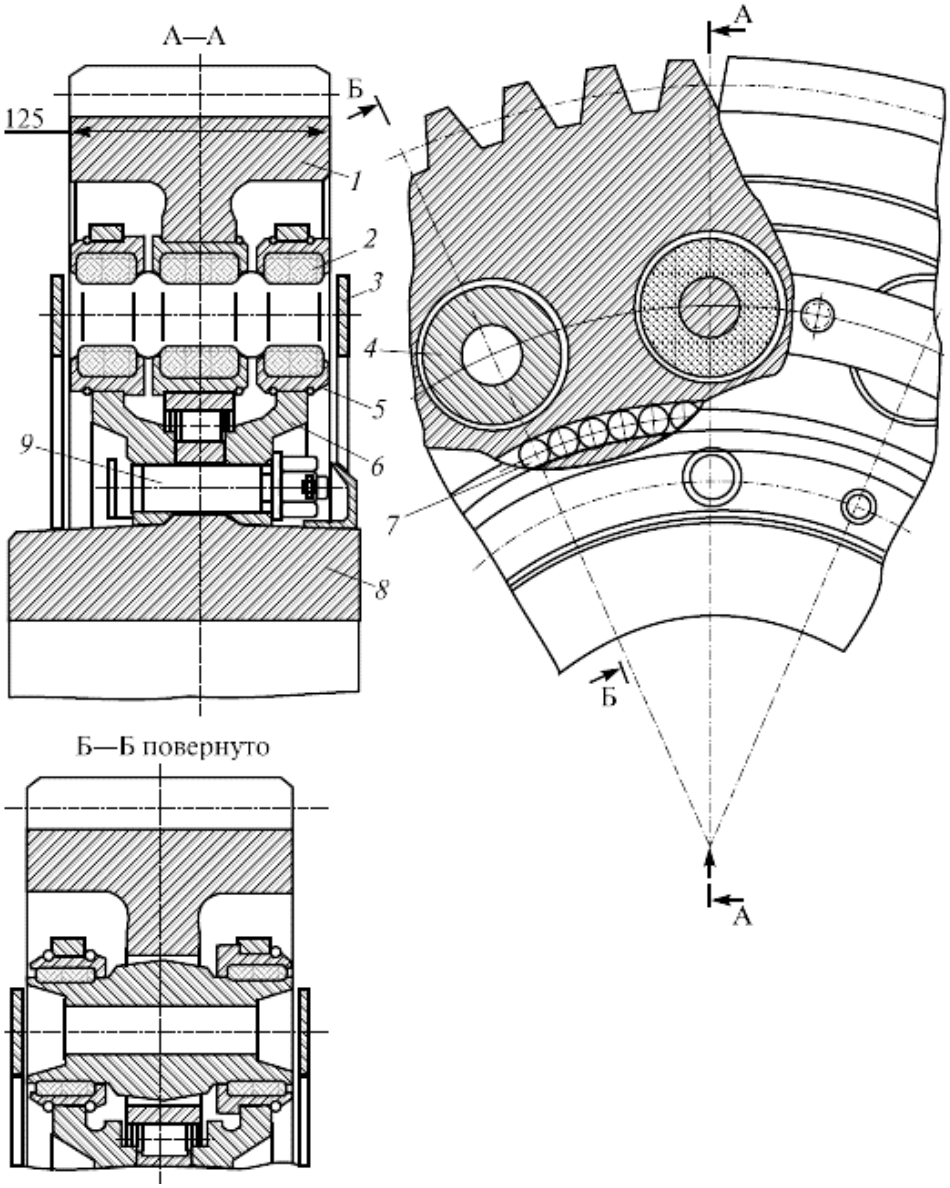


Рис. 2.75. Пружне самоустановлюване зубчасте колесо:
1 – зубчастий вінець; *2*, *4* – еластичні і упорні гумометалеві блоки; *3* – упорні диски; *5* – стопорні кільця; *6* – фланці; *7* – насипний роликовий підшипник; *8* – маточина; *9* – болти

На електровозах ВЛ10 і ВЛ80 кожух зубчастої передачі – зварний, зі сталі, у вигляді коробки з двох (верхньої і нижньої) частин. По лінії рознімання і по горловині кожуха виконані канавки, в які закладається повсть для ущільнення, що виступає назовні на 6 мм (в депо цю повсть просочують парафіном). Верхня і нижня частини кожуха скріплюються між собою болтами і шпильками.

Складений кожух зубчастої передачі одним боком кріпиться до двох кронштейнів остова тягового двигуна і до підшипникового щита ТЕД трьома болтами М42.

У верхній частині кожуха зубчастої передачі виконаний люк з кришкою на болтах – для огляду зубів шестірні і зубчастого колеса при ремонті без зняття кожухів зубчастої передачі; на кришці люка приварена трубка-сапун для вирівнювання тиску всередині кожуха зубчастої передачі з атмосферою.

У нижній частині кожуха збоку приварена маслянка з кришкою – для заливання мастила і трубка зі щупом – для заміру рівня мастила.

Для змащення зубчастої передачі застосовується осірковане мастило по 3,5÷4 кг в кожен кожух. При виконанні ТО-2 замірюється рівень мастила щупом в кожному кожусі, за необхідності мастило додається.

На електровозі ВЛ80 кожухи зубчастої передачі виконані клеєними з просоченої смолою склотканини.

Перевірка зубчастої передачі проводиться при ТР-2 і через три ТР-1 таким чином:

- знімаються кожухи зубчастої передачі, зливається мастило, кожухи промиваються, оглядаються, за необхідності заміняються повстяні ущільнення в канавках кожухів;
- перевіряються всі бракувальні розміри зубчастої передачі – при піддомкрачених колісних парах;
- всі зуби шестірні і зубчасті колеса очищаються від мастила і оглядаються за допомогою лупи;
- пальцевим ключем підтягуються гайки в торцях валів тягових двигунів;
- кріпляться кожухи зубчастої передачі, в кожен кожух заливається 3,5÷4 кг осіркованого мастила.

2.7.6. Особливості конструкції приводу ІІ класу

До основних особливостей приводу ІІ класу (рис. 2.76) відносяться:

- установлення ТЕД на підресорені частини локомотива (рамне підвішування);
- наявність опорно-осьового редуктора, що спирається на вісь колісної пари;
- передача реакцій від дії моментів у тяговому приводі на раму візка не через двигун, як в приводі І класу, а через корпус редуктора і підвіску;
- з'єднання вала якоря ТЕД (підресорена частина приводу) з валом шестірні редуктора (безпружинна частина) через тягову муфту.

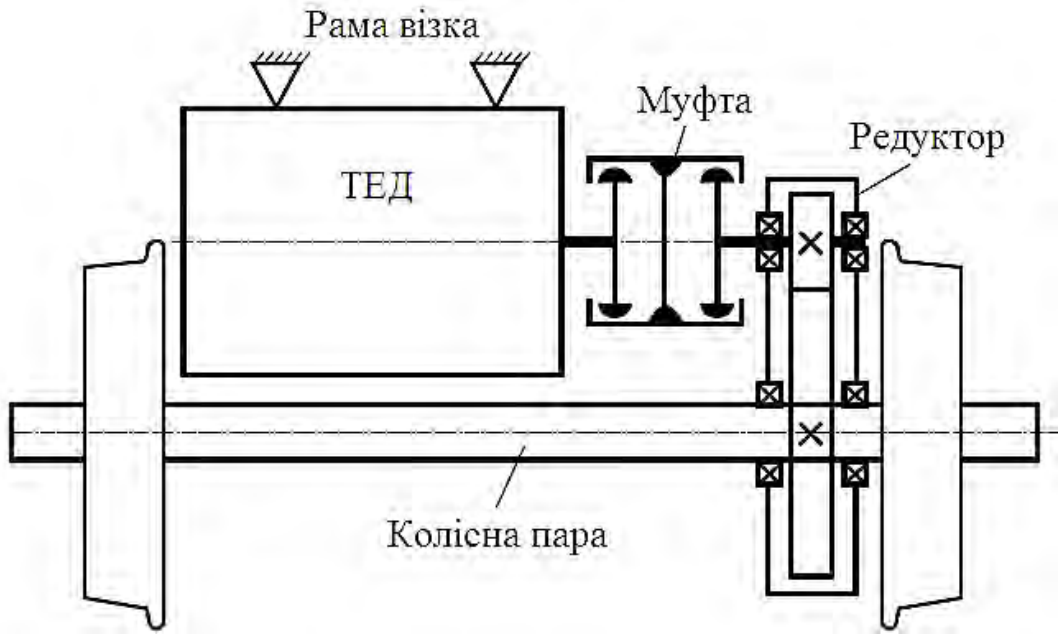


Рис. 2.76. Кінематична схема приводу ІІ класу

Тягова муфта призначена для передачі тягового моменту за умови взаємних переміщень двох валів. Для зниження динамічних моментів, що передаються на вал якоря, вона повинна мати низьку торсіонну жорсткість.

Так як редуктор віддалений від двигуна, то для забезпечення паралельності осей шестірні і зубчастого колеса і постійної відстані між ними несучий корпус редуктора повинен мати

підшипникові вузли для валів ведучої шестірні і веденого зубчастого колеса, закріпленого на осі колісної пари. Редуктор повинен спиратися не тільки на вісь колісної пари, а й ще на одну опору, віддалену від першої на деяку відстань, яка називається ***базою обпирання редуктора***. Ця опора повинна бути шарнірною і допускати відносні переміщення редуктора і рами візка в точці кріплення. Вузол рухомої опори зазвичай називають ***підвіскою,*** або ***реактивною тягою редуктора***.

Тяговий електродвигун кріпиться на рамі візка. Найбільшою конструктивною простотою відрізняється консольна схема, застосована для тягових двигунів невеликої маси. У ній передбачене одностороннє кріплення тягового двигуна до середньої поперечної балки рами візка. Таке підвішування двигуна застосоване на електропоїздах.

Двигуни великої маси спирають на дві поперечні балки. Для цього необхідно встановлювати або додаткову балку, або опорний кронштейн великої довжини на корпусі тягового двигуна, щоб «дотягнутися» до сусідньої поперечної балки (електровози ЕП1, ЧС4^{Т}).

У приводах II класу в порівнянні з приводом I класу можливе значне зниження непідресореної маси. Так, сумарна безпружинна маса (у розрахунку на одну колісну пару) електровоза ВЛ80 з приводом I класу становить 5490 кг, а електровоза ЧС4 з приводом II класу – 3700 кг. Разом з тим ТЕД приводу II класу має дещо жорсткіші габаритні обмеження, ніж в приводі I класу, з таких причин: великі розміри корпуса редуктора; між тяговим двигуном і редуктором встановлена тягова муфта. У більш складних умовах працює також рама візка, що несе повну масу ТЕД.

2.7.7. Загальні відомості про тягові муфти

Конструкція тягових муфт досить різноманітна, проте їх можна розділити на дві групи. До першої групи належать ***муфти поздовжньої компенсації*** (рис. 2.77), в яких шарнірне з'єднання (точка 1) ведучого і проміжного валів розташоване в одній площині (площина *а*), а шарнірне з'єднання (точка 2) проміжного і віденого валів – в іншій (площина *б*). У цих муфтах при

паралельній розцентровці ведучого і віденого валів проміжний вал повертається в поздовжній площині (площина *в*), що проходить через осі двох валів. У цю групу входять шарнірні механізми різних типів з проміжним валом, як такі використовуються модифікації шарнірів Гука (передача Жакмен), кулачкові елементи (передачі вагонів метро типу Д і Е), гнучкі діафрагми і пластини (передачі фірми «Сешерон»), зубчасті муфти (передачі тепловозів ТЕ136, 2ТЕ121, електровоза ЕП1 (ЕП1^{М})). Муфти поздовжньої компенсації використовуються в тягових приводах II і III класів.

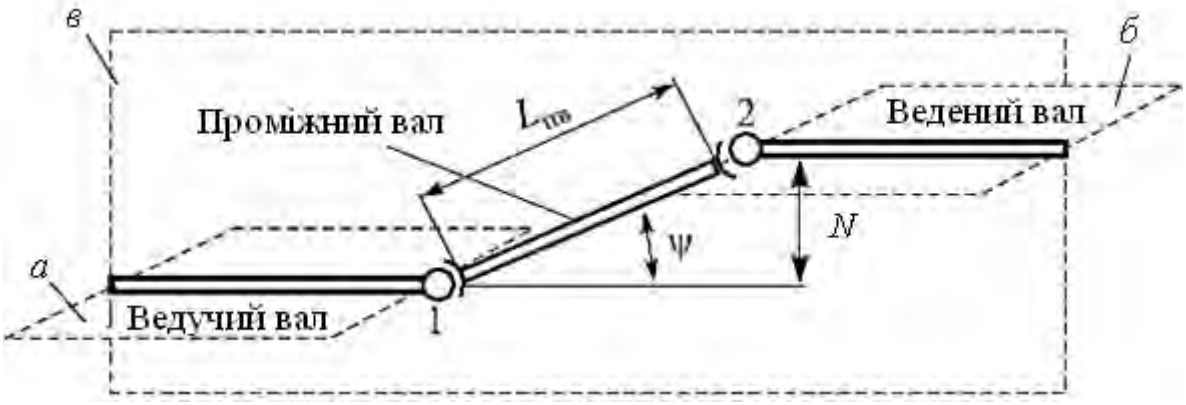


Рис. 2.77. Схема муфти поздовжньої компенсації

До другої групи належать ***муфти поперечної компенсації*** (рис. 2.78), в яких елементи шарнірного з'єднання ведучого вала з проміжним і проміжного вала з веденим розташовані в одній площині. В таких муфтах паралельне зміщення двох валів здійснюється в результаті повороту повідків, що пов'язують вали з проміжним валом (плаваючою шайбою) в поперечній площині (площина *г*), перпендикулярній осі обертання. У цю групу входять важільно-шарнірні (повідкові) муфти різних типів (Альстом, Ерлікон, ОРП4), що використовуються в приводах класу III. Муфтами поперечної компенсації оснащені тепловози ТЕП60, ТЕП70, дослідний електровоз ВЛ84 і електропоїзд ЕД6, електровоз ЕП2К.

Тягова муфта повинна забезпечувати передачу обертання при відносних переміщеннях з'єднувальних валів, які впливають на роботу шарнірних вузлів. Домінуючими тут є розцентровка – паралельне зміщення осей ведучого і веденого валів, викликане

вертикальними коливаннями екіпажа, і кутовий зсув у поперечній до осі площині, що виникає при бічному нахилі надресорної будови локомотива.

Слабким місцем муфти є проміжний вал, умови роботи якого залежать від величини кута закручування шарнірів муфти.

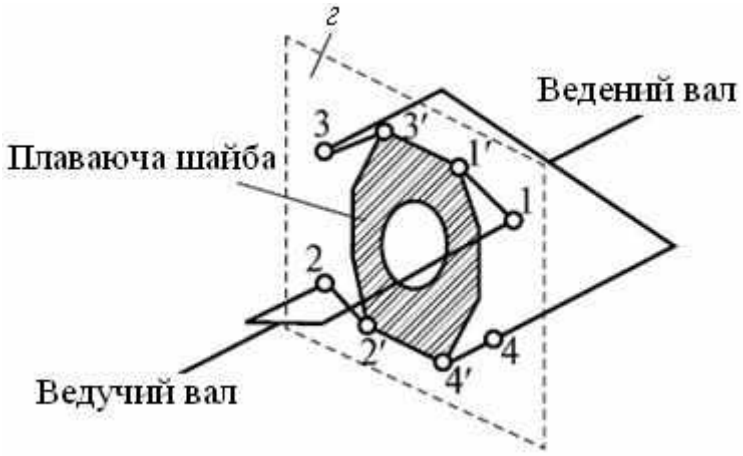


Рис. 2.78. Схема муфти поперечної компенсації

2.7.8. Корпус редуктора

У приводах II класу корпус редуктора є важко навантаженою конструкцією. Він об’єднує велике і мале зубчасті колеса редуктора, забезпечує паралельність їх осей і сталість централі в умовах дії опорних реакцій в підшипникових вузлах і зовнішніх сил, що передаються через муфту і підвіску редуктора. Водночас, як і в приводі I класу, він служить резервуаром для мастила, захищає передачу від вологи і пилу.

На електрорухомому складі і тепловозах з електричною передачею для осьових редукторів застосовують, як правило, сталеві литі (електропоїзди ЕР), зварні (електровози ЧС) і зварно-литі (тепловози 2ТЕ121) несучі корпуси. Для підвищення жорсткості їх забезпечують ребрами, розташованими зовні. Корпус редуктора є непідресореною масою і по можливості повинен бути полегшений. Найбільший ефект у зниженні маси досягається при застосуванні литих корпусів з алюмінієвих сплавів. Корпуси редукторів можуть бути рознімними і нерознімними, з асиметричним і симетричним розташуванням опорних підшипників відносно площини зубчастого колеса.

Специфічним для приводу класу II є вузол підвіски редуктора. Підвіска редуктора повинна володіти необхідною несучою здатністю, а також допускати переміщення колісно-редукторного блоку щодо рами візка, що потрібно для роботи пружних зв'язків буксового вузла.

У більшості випадків підвіска редуктора виконується регульованою, щоб можна було встановлювати початкову розцентровку муфти. Необхідність у регулюванні виникає, наприклад, в тягових приводах електропоїздів та складів метрополітену, де встановлюються муфти, що допускають невеликі розцентровки.

На електровозах серії ЧС4 і ЧС4^{Т} використовується нерегульована підвіска, так як застосована шарнірна (карданна) муфта з голковими підшипниками допускає великі розцентровки.

Передача крутного моменту від вала двигуна до колісної пари з допомогою карданного вала з шарнірними муфтами забезпечує компенсацію неспіввісності валів якоря і зубчастого колеса, що виникає при кутових і лінійних переміщеннях рами візка щодо колісних пар (рис. 2.79).

Конструктивне виконання шарнірного приводу наступне. Вал якоря ТЕД *7* порожнистий. У середині вала є зачеплення *6*, що передає обертальний момент на поршень *5* шарнірної муфти, за рахунок чого знімаються осьові навантаження на підшипники, що несприятливо впливають на їх працездатність. Зачеплення між внутрішньою порожниною якоря і поршнем шарнірної муфти здійснюється на великому діаметрі, що забезпечує незначний рівень напружень, які виникають при передачі крутного моменту. З поршня обертальний момент передається на шарнірні муфти. Конструкції шарнірних муфт, встановлених з боку якірного підшипника (внутрішня муфта) і з боку шестірні (зовнішня муфта), аналогічні: через хрестовину і шарнірні цапфи *2* з голковими підшипниками *4* обертальний момент з повідка, зачепленого на одній деталі, яка обертається, передається на поводок, закріплений на спряженій деталі. Повідки розташовані у взаємно перпендикулярних площинах і з'єднуються з шарнірними цапфами за допомогою болтів.

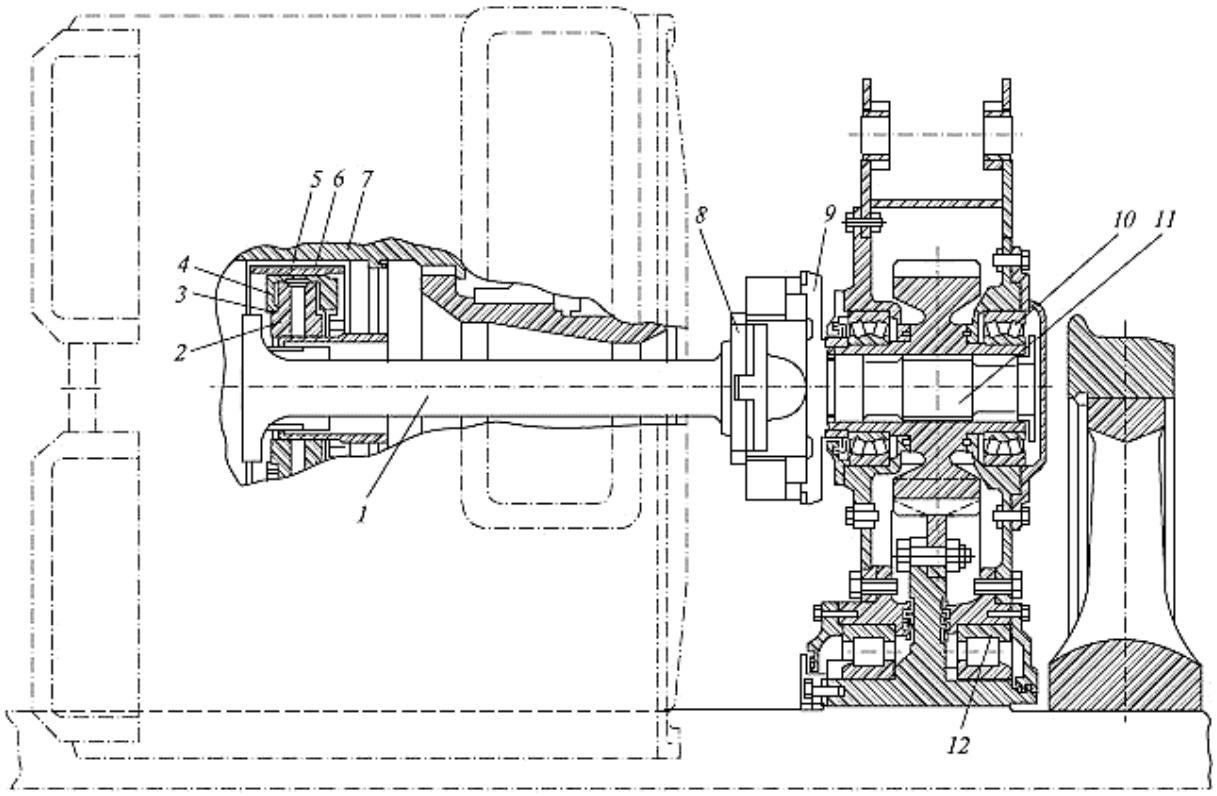


Рис. 2.79. Редуктор і карданний привод електровоза ЧС4^{Т}:
1 – вал якоря; *2* – шарнірна цапфа; *3* – запобіжне кільце;
4 – голчаті підшипники; *5* – поршень шарнірної муфти;
6 – зачеплення; *7* – порожнистий вал ТЕД; *8* – поводок
карданного вала; *9* – поводок редуктора; *10* – підшипник;
11 – вал редуктора; *12* – підшипник кочення

Шарнірна муфта забезпечена голковим підшипником, який забезпечує кочення при взаємному кутовому зсуві площин хрестовини і поводка. Голки в підшипнику утримуються в радіальному напрямку упорними кільцями, які у свою чергу фіксуються запобіжними кільцями.

Підшипникові цапфи внутрішньої (з боку якірного підшипника) і зовнішньої (з боку шестірні) муфт відрізняються тільки пазами під ущільнення, запобігають витіканню масла з порожнини підшипника і попаданню в неї пилу. У підшипникових цапфах зовнішньої муфти ущільнення виконано гумовими манжетами з пружинними фіксаторами.

На електропоїздах тягова передача складається з редуктора і пружної муфти (рис. 2.80). Зубчаста передача включає в себе два циліндричних прямозубих колеса редуктора, укладених у

відлитий сталевий корпус. Передавальне число зубчастої передачі 3,17 (електропоїзда ЕР2) і 3,41 (ЕР2^{Т}). Ці числа показують, у скільки разів зменшується частота обертання при передачі його від двигуна до колісної пари.

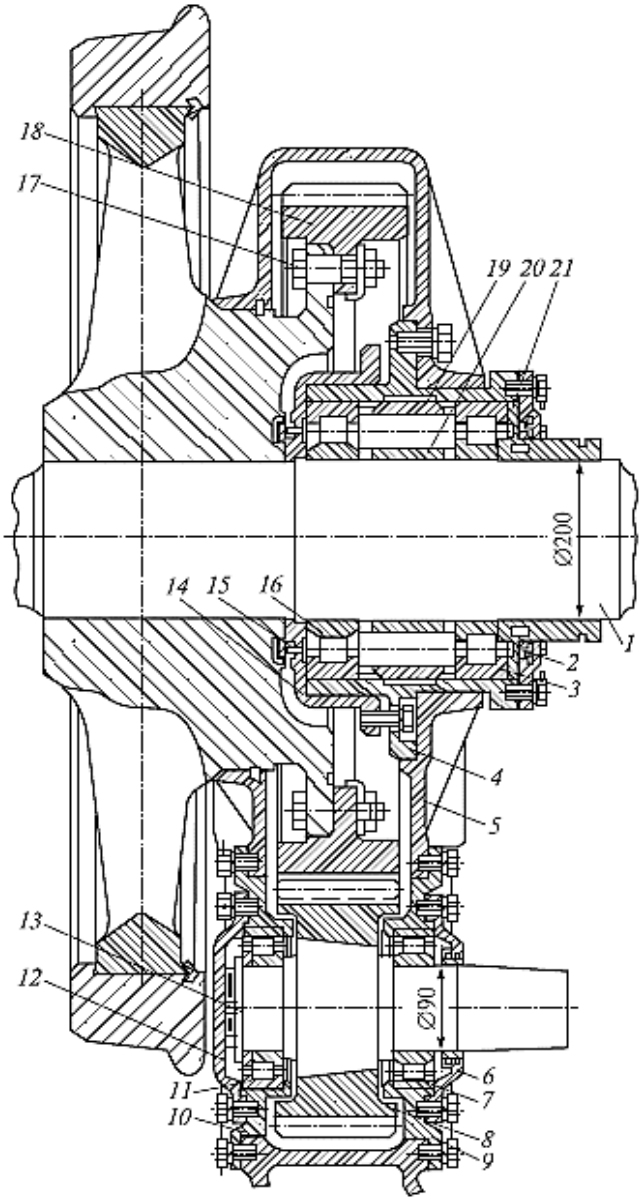


Рис. 2.80. Редуктор електропоїзда ЕР2:
1 – вісь колісної пари; *2* – лабіринтова кришка; *3* – передній підшипник; *4* – стакан; *5* – корпус редуктора; *6*, *12* – передня і задня малі кришки; *7* – передній підшипник; *8* – шестірня; *9, 10* – передня і задня великі кришки; *11* – задній підшипник шестерень; *13* – шайба; *14* – кришка; *15*, *21* – лабіринтові кільця; *16* – задній підшипник; *17* – призонний болт; *18* – велике зубчасте колесо; *19*, *20* – зовнішнє і внутрішнє розпірні кільця

Мале зубчасте колесо (шестірня) *8* являє собою вінець, виготовлений із хромонікелевої сталі. Напресовують його в нагрітому стані при температурі 110÷120 °С на конічну поверхню вала. Вал шестірні обертається у двох роликових підшипниках *3*, *16*, внутрішні кільця яких мають тугу посадку, а зовнішні – ковзну (для полегшення складання і розбирання). Підшипники встановлюють у великі кришки *9* і *10*, які кріплять до корпусу редуктора болтами і зв'язують попарно дротом. Підшипники зовні закріплені малими кришками *6*, *12*, передня має отвір для хвостовика вала, а задня глуха. Малі кришки кріплять болтами до великих кришок *9* і *10*. Для подачі мастила до підшипників шестірні в малі кришки вкручені штуцери, які закриваються різними пробками.

Шестірня має 23 зуби (у електропоїзда ЕР2^{Т} – 22), що пройшли цементацію і загартування. Глибина цементованого шару складає 1,5÷2 мм. Зуби мають шліфовані робочі поверхні.

Велике зубчасте колесо *18* являє собою вінець з 73 зубами (у електропоїзда ЕР2^{Т} – 75), прикріплений до фланця маточини правого колісного центру призонними болтами *17*, що входять в отвір з натягом. Гайки болтів закріплені від самовідкручування пластинчастими шайбами. Зубчасте колесо виготовляють з хромонікелевої сталі куванням і прокаткою.

Зуби мають шліфовані робочі поверхні і загартовані по всьому контуру на глибину 2÷5 мм, що збільшує термін їх служби.

Редуктор електропоїзда ЕР2^{Т} (рис. 2.81) має деякі конструктивні відмінності в порівнянні з редуктором електропоїзда ЕР2: у вузлі малої шестірні встановлені три підшипники (замість двох), два з яких (роликові) *9*, *14* є опорними і сприймають тільки радіальні навантаження, а третій (кульковий) *6* – осьові; корпус редуктора *25* спирається на вісь *1* з двох боків через опорні підшипники *18*, *22*, встановлені симетрично щодо осі зубчастого колеса.

Внаслідок цього виключається перевантаження підшипників, що виникає при односторонньому обпиранні корпусу редуктора на підшипники, усувається перекіс пари зубчастих коліс; велике зубчасте колесо *4* кріплять до фланця маточини зубчастого колеса *20* призонними болтами. Завдяки цим конструктивним

особливостям покращені умови роботи підшипників, корпусу редуктора та зубчастого зачеплення.

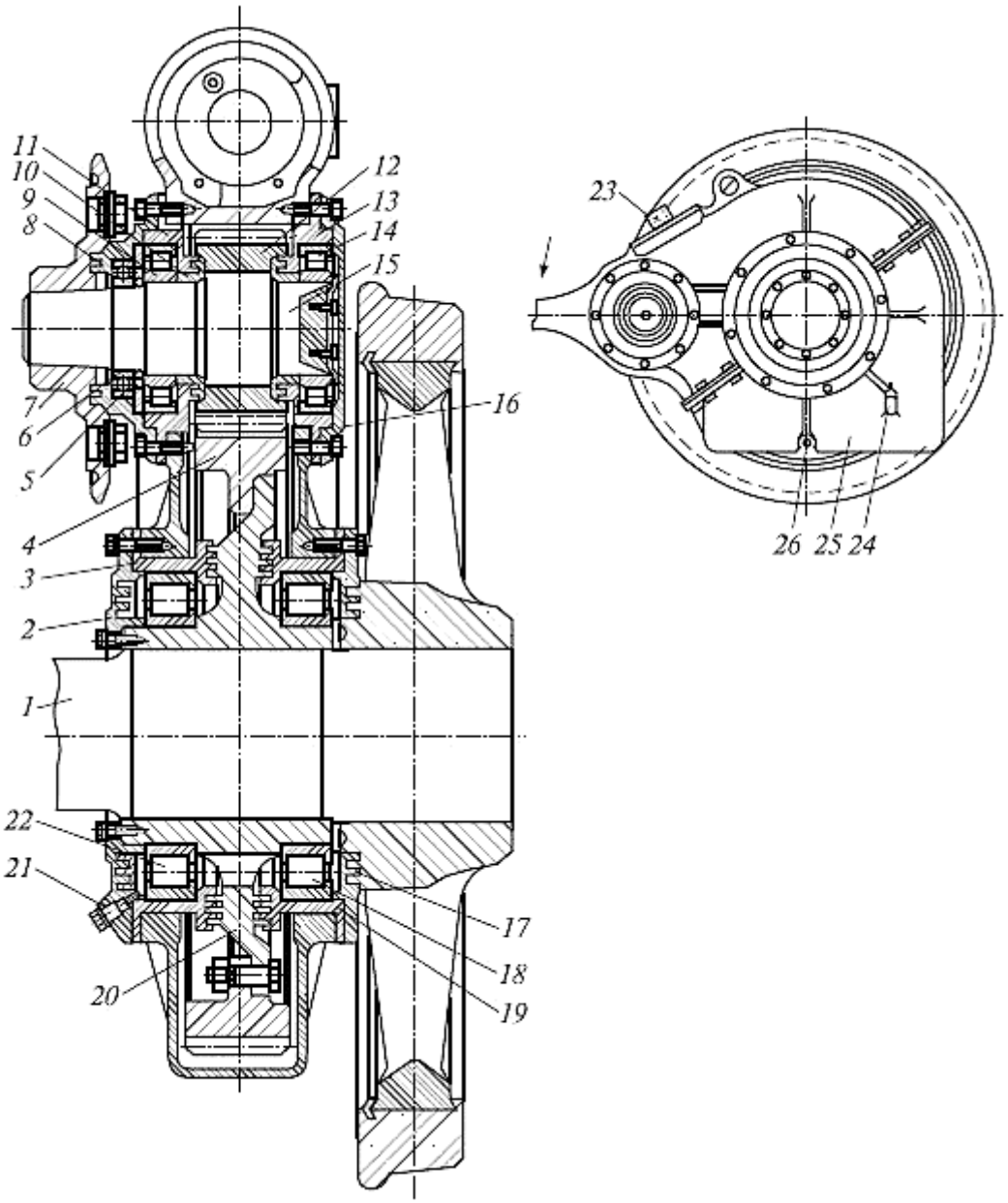


Рис. 2.81. Редуктор електропоїзда ЕР2^{Т}:
1 – вісь колісної пари; *2*, *17* – кришки; *3*, *19* – обойми підшипника; *4* – велике зубчасте колесо; *5*, *10* – дистанційні кільця; *6* – кульковий підшипник; *7* – фланець муфти; *8* – передня кришка; *9*, *14* – роликові підшипники; *11*, *13* – передня і задня великі кришки; *12* – вінець шестірні; *15* – вал малої шестірні; *16*– задня кришка; *18*, *22* – підшипники; *20* – маточина зубчастого колеса; *23* – люк з сапуном; *24* – щуп-вимірювач: *25* – корпус редуктора; *21*, *26* – пробки

Корпус редуктора *5* (рис. 2.80) є несучою конструкцією (товщина бічних стінок 12 мм) і складається з двох половин – верхньої і нижньої, які скріплені болтами і зафіксовані двома штифтами. Ці половини з одного боку спираються на опорний стакан, усередині якого на осі колісної пари напресовані два роликових підшипники, а з іншого обхоплюють своєю горловиною з зазором 0,5÷0,7 мм циліндричну частину подовженої маточини колісного центру. Для утримання мастила в горловині є лабіринтні канавки. Верхню і нижню половини редуктора кріплять бічною стінкою до фланця опорного стакана *4* вісьмома болтами.

Передній підшипник *3* корпусу редуктора має бортик на внутрішньому кільці і упорне кільце, задній *16* виконаний без бортика. Між ними на осі встановлені зовнішнє *19* і внутрішнє *20* розпірні кільця. Опорний стакан з обох боків закритий лабіринтовими кришками *2* і *14*, що запобігають витіканню мастила з підшипників редуктора.

У нижній половині корпусу редуктора передбачені два отвори для заливки свіжого і випуску відпрацьованого мастила. Один отвір закритий пробкою, а в інший – вставлений вимірювач рівня масла. У верхній частині редуктора для змащування підшипників є нарізні отвори в корпусі і в стакані, які також закриті пробками. Вгорі розташований люк, закритий кришкою з трубкою-сапуном. Люк служить для огляду зубчастої передачі, а трубка-сапун – для вирівнювання тиску всередині редуктора з атмосферним. Трубка закрита фільтром з розпушеної повсті. Бічні стінки корпусу редуктора посилені ребрами для збільшення жорсткості. Крім того, у верхній частині корпусу редуктора є спеціальний приливок, призначений для підвіски редуктора, і два циліндричних отвори для підшипників малої шестірні.

Підвіска редуктора складається зі стрижня *5* (рис. 2.82), що має нарізку на обох кінцях. Нижній кінець кріплять до приливка редуктора за допомогою двох гумових гасителів *2*, армованих сталевими шайбами і стягнутих гайками *3*, а верхній кінець – до кронштейну *7* поперечної балки рами візка такими ж гасителями і гайками. Гумові гасителі служать для зменшення вертикальних і бічних навантажень, що діють на систему підвіски редуктора при проходженні стиків і кривих колії. Вони знижують напругу в

металі приблизно на 30 %. Для захисту гайок від самовідкручування служать стопорні шайби *8* з шестикутними отворами, які кріплять болтами до бобишок, приварених до верхнього армування гасителя.

Гасителі зафіксовані штифтами *6*, запресованими в кронштейн і в приливок корпусу редуктора. Для рівномірної затяжки гасителів на стрижень між верхньою і нижньою гайками надіта розпірна втулка *1*, яка обмежує затяжку незалежно від пружних властивостей гуми.

Стрижень *5* має по довжині запас нарізки, достатній для регулювання редуктора і пружної муфти. Для утримування стрижня від обертання встановлена стопорна скоба *9*, а для запобігання падінню редуктора на колію в разі обриву стрижня служить запобіжна скоба *10*, на яку спирається в цьому випадку хвостова частина редуктора.

На електропоїзді ЕМ4 у зв'язку із застосуванням колісної пари С201 конструкція редуктора і його корпуса дещо відрізняється. У редукторі застосований модульний вузол малої шестірні (рис. 2.83, 2.84). Вузол малої шестірні забезпечує високоточне регулювання осьових зазорів в підшипниках, виконане в заводських умовах, а також надійний ступінь захищеності підшипникових порожнин від впливу зовнішнього середовища; значно скорочується час простою поїзда при заміні вузла малої шестірні на редукторі в умовах депо.

На цьому електропоїзді також застосовують модернізований корпус редуктора (рис. 2.85), який має ряд переваг в порівнянні з використовуваними раніше, а саме:

- забезпечує надійність роботи зубчастих коліс без перекосів в зоні контакту зубів;
- забезпечує підвищену точність монтажу редуктора відносно бандажів коліс;
- дозволяє використовувати рідинні масла з антизадирними присадками для зниження зносу зубчастого зачеплення;
- забезпечує надійну експлуатацію в зимових умовах, так як обладнаний незамерзаючим «лабіринтовим» сапуном (без набивання).

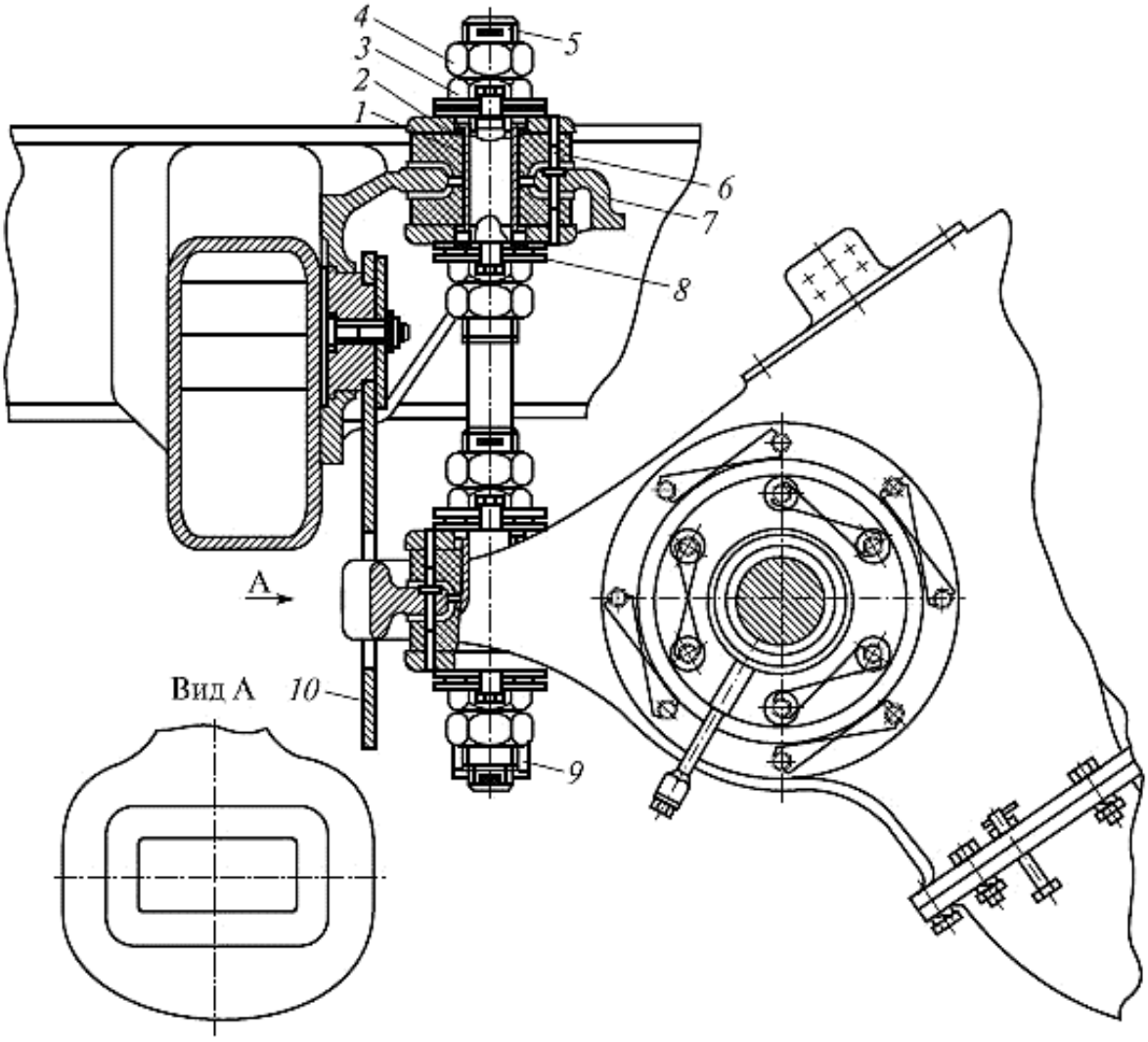


Рис. 2.82. Підвіска редуктора:
1 – розпірна втулка; *2* – гумовий гаситель; *3* – гайка;
4 – контргайка; *5* – стрижень; *6* – штифт; *7* – кронштейн;
8 – стопорна шайба; *9* – стопорна скоба; *10* – запобіжна скоба

Рис. 2.83. Загальний вигляд модульного вузла малої шестірні електропоїзда ЕМ4

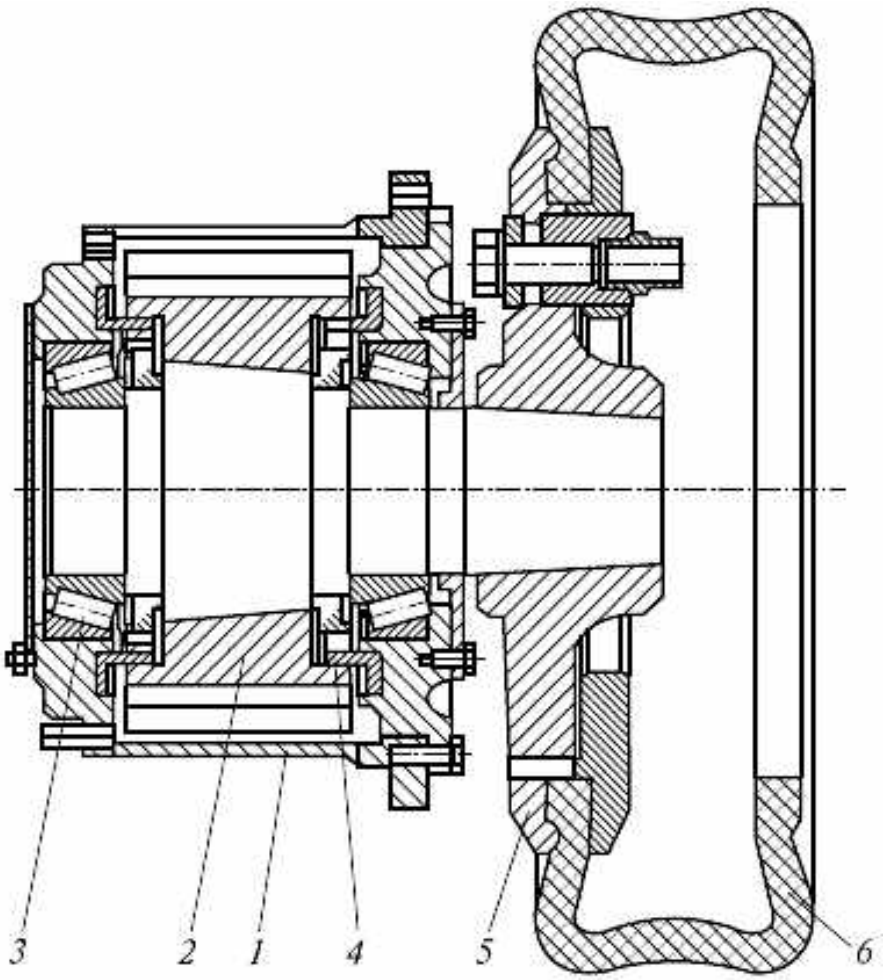


Рис. 2.84. Конструкція модульного вузла малої шестірні електропоїзда ЕМ4:
1 – корпус; *2* – мала шестірня; *3* – конічний підшипник; *4* – підшипник; *5* – фланець; *6* – гумокордова муфта

Рис 2.85. Загальний вигляд корпусу тягового редуктора з модульним вузлом малої шестірні

Тяговий двигун, що встановлюється на візок моторного вагона, жорстко кріплять до поперечної балки рами візка (рис. 2.86). Тяговий двигун *7* має у верхній частині остова два приливка з виступами *5*, а в нижній частині – дві опорні поверхні з просвердленими в них отворами з нарізкою. Опорними поверхнями тяговий двигун спирається на кронштейни поперечної балки *1* рами візка. Через отвори в них і в поперечній балці проходять болти *3*, якими двигун кріплять до рами. Під головки болтів встановлені шайби. Верхні приливки двигуна кріплять до приварених виступів поперечної балки двома клинами *6*, які розпирають болтом *10* з лівою і правою нарізкою, завдяки чому клини переміщаються, притягаючи двигун до рами. Клини повинні бути щільно притиснуті розпірним болтом *10* з контргайками *9* для уникнення прокручування. Таке кріплення знизу болтами, а зверху клинами забезпечує щільне прилягання остова двигуна до поперечної балки рами візка.

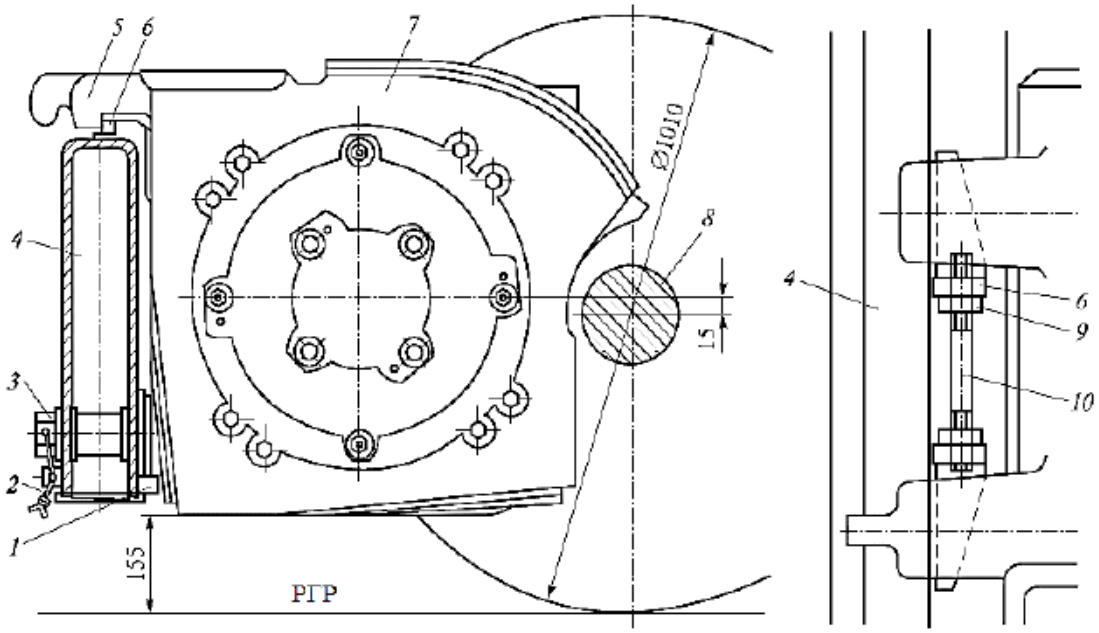


Рис. 2.86. Схема рамної підвіски тягового двигуна:
1 – кронштейн поперечної балки; *2* – дріт; *3* – болт; *4* – поперечна балка рами візка; *5* – уступ; *6* – клин; *7* – тяговий двигун; *8* – вісь колісної пари; *9* – контргайка; *10* – розпірний болт; РГР – рівень головки рейок

Регулювання редуктора і пружної муфти здійснюють підвісним болтом. Конструкція підвіски редуктора допускає

необхідний поворот при проходженні по кривих ділянках колії, крім того, пружна муфта компенсує неспіввісність вала двигуна і вала шестірні, що виникає в результаті переміщення колісної пари відносно візка під час руху вагона.

Пружна муфта складається з двох сталевих фланців *1* і *7* (рис. 2.87), гумокордової пружної оболонки *5* і деталей кріплення оболонки до фланців.

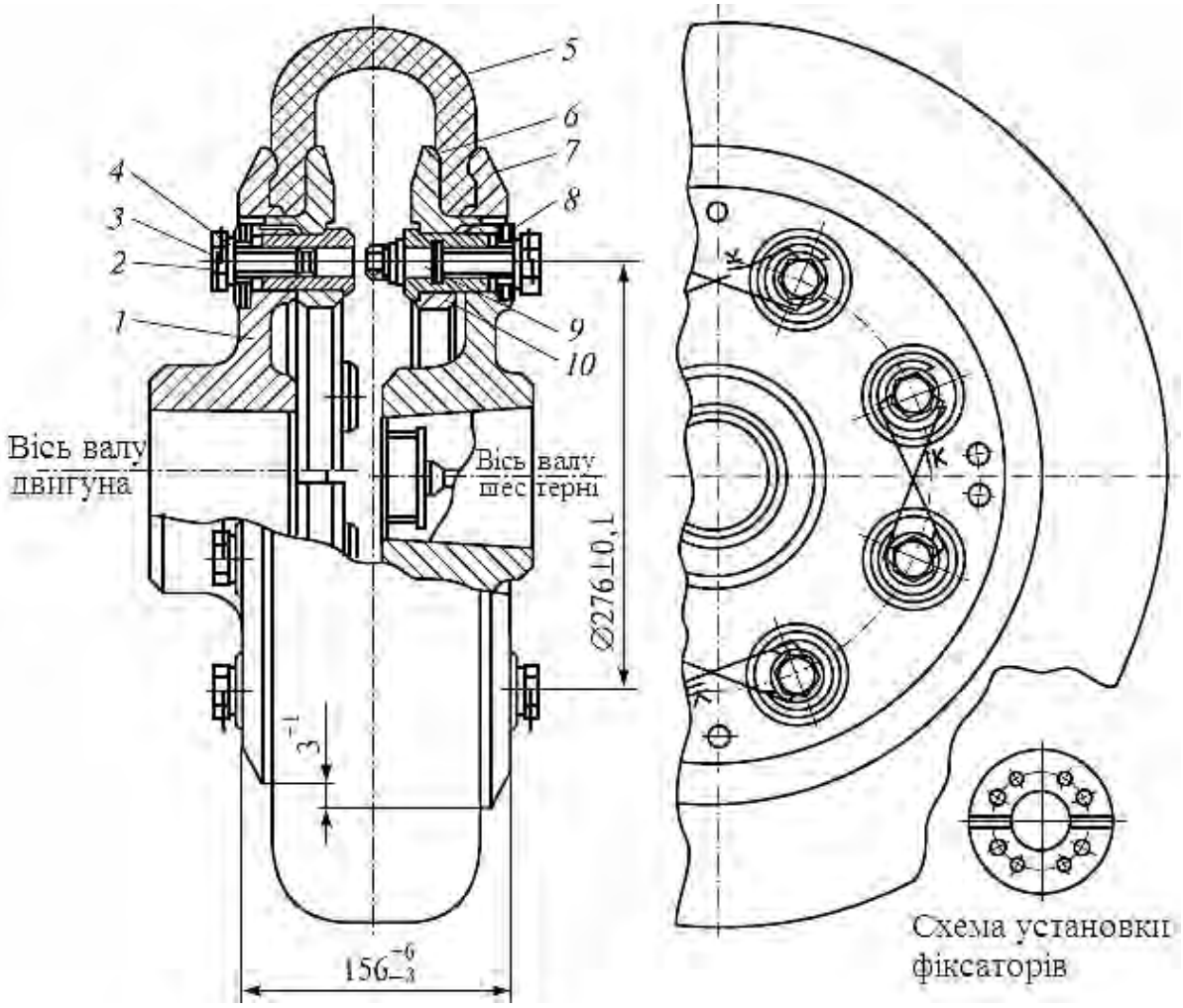


Рис. 2.87. Пружна муфта електропоїздів:
1, *7* – сталеві фланці; *2* – дріт; *3* – болт; *4* – шайба;
5 – пружна оболонка; *6* – півкільце; *8* – шайба
з прорізом; *9* – фіксатор; *10* – втулка

Оболонка виготовлена з гуми з прошарком з кордної тканини, краї її посилені армуванням зі сталевого дроту. Фланці насаджують на конічні поверхні хвостовиків валів двигуна і шестірні в гарячому стані. Пружну оболонку кріплять до фланців

за допомогою півкілець *6* вісьмома болтами *3*, укрученими в запресовані втулки *10* цих півкілець. Втулки в той же час призначені для розвантаження болтів від дії поперечних зрізуючих зусиль.

Під втулки півкілець з боку редуктора запресовані чотири фіксатори *9*, які служать для монтажу муфти. Для зручності складання і розбирання півкілець і фланців на болти надіті шайби *8* з прорізом, що входять в поглиблення на фланці. Для запобігання самовідкрученню головки болтів *3* попарно з'єднані дротом *2*.

У пружній муфті відсутні деталі, які труться і змащуються, для їх виготовлення не потрібно дорогих матеріалів. Внаслідок гнучкості пружної оболонки муфти знижуються динамічні навантаження в приводі.

Регулювання муфти полягає в установленні правильної ширини її по фланцях і зміщенні вниз осі вала шестірні відносно осі вала тягового двигуна на 1 мм. Пружна муфта допускає паралельне зміщення осей валів двигуна і шестірні до 15 мм, поздовжнє зміщення – до 20 мм, кутове – до 4°.

2.7.9. Особливості конструкції приводу III класу

Тяговий привод III класу (рис. 2.88) володіє такими основними конструктивними особливостями:

- необхідність установлення як тягового двигуна, так і редуктора на підресорених частинах (зазвичай на візку) локомотива;
- з'єднання вала великого зубчастого колеса з колісною парою через тягову муфту, яка, на відміну від муфт приводу II класу, повинна бути розрахована на великі моменти;
- необхідність в пристрої порожнистого вала веденого зубчастого колеса, в якому проходить вісь колісної пари з зазором, який забезпечує можливість розрахункових вертикальних переміщень.

Таким чином, всі основні елементи приводу виявляються підресореними, що зменшує вплив на них динамічних навантажень, знижує непідресорені маси локомотива і тим самим його вплив на колію.

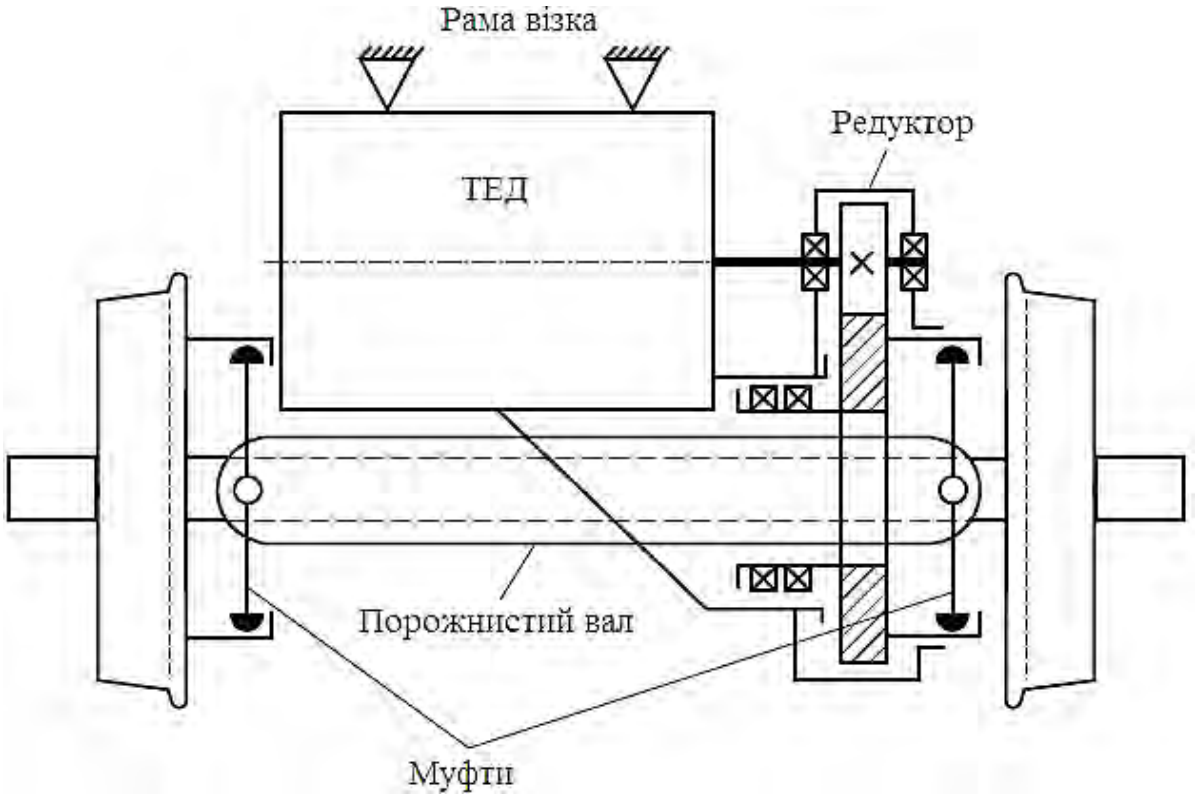


Рис. 2.88. Кінематична схема приводу III класу

Підресорювання тягового редуктора створює додаткові габаритні обмеження:

- внаслідок збільшення кліренсу (висоти положення нижньої точки редуктора над головкою рейки) до 180 мм необхідно зменшити граничний діаметр великого зубчастого колеса в порівнянні з його діаметром в приводах I і II класів;

- поява зазора між порожнистим валом великого зубчастого колеса і віссю колісної пари обумовлює збільшення централі.

Все це призводить до зменшення максимального, реалізованого в одному ступені, передавального відношення редуктора, що не відіграє великої ролі для пасажирських локомотивів, але дуже суттєво для вантажних.

Корпус редуктора зазвичай складає єдиний блок з двигуном, а в ряді конструкцій – і з візком, приймаючи в тому числі на себе функцію її несучого елемента.

Відмінною особливістю більшості редукторів III класу є наявність підшипникового вузла порожнистого вала веденого зубчастого колеса з великим внутрішнім діаметром, що дозволяє пропустити через нього вісь колісної пари (з зазором) і

порожнистий вал зубчастого колеса. У конструкції тягового приводу III класу електропоїзда ЕД6 використані дві тягові муфти типу ОРП4, що являють собою чотириповідковий механізм. Кожен поводок муфти одним кінцем шарнірно кріпиться до порожнистого вала, іншим кінцем також шарнірно - до фланців зубчастого колеса. Корпус редуктора спирається на раму візка у двох точках і одночасно прикріплений до остова ТЕД болтами. Тягові двигуни також спираються на середню балку рами візка.

2.7.10. Тягові муфти приводу III класу

У перший період розробок тягових приводів III класу була створена велика кількість різноманітних конструкцій муфт поперечної компенсації на основі пружинних і шарнірно-важільних механізмів. По мірі накопичення досвіду їх експлуатації визначилися чіткі тенденції до переважного використання конструктивно простих шарнірно-повідкових муфт. Основна відмінність муфт приводу II класу від муфт III класу в тому, що перші знаходяться в кінематичному ланцюзі вала якоря ТЕД і їм властиві високі частоти обертання, тому муфти повинні бути добре врівноважені. У приводі III класу муфта знаходиться в кінематичному ланцюзі колісної пари і їй властива низька частота обертання, внаслідок чого вона повинна бути розрахована на великі обертові (тягові) моменти.

Найбільшого поширення в локомотивобудуванні набула шарнірно-повідкова муфта французької фірми «Альстом», якими обладнані всі локомотиви цієї фірми післявоєнного випуску, а також локомотиви деяких серій англійських, іспанських та інших європейських залізниць. Подібні муфти застосовуються на тепловозах ТЕП70 і ТЕП70БС (ТЕП80), а також на пасажирському електровозі ЕП2К. Привод колісної пари від тягового редуктора здійснюється через порожнистий карданний вал з шарнірно-повідковими муфтами. Конструктивно муфта являє собою шарнірно-повідковий механізм (рис. 2.89), що складається з двох ведучих, двох ведених повідків і так званої плаваючої шайби, складеної за схемою антипаралелограма.

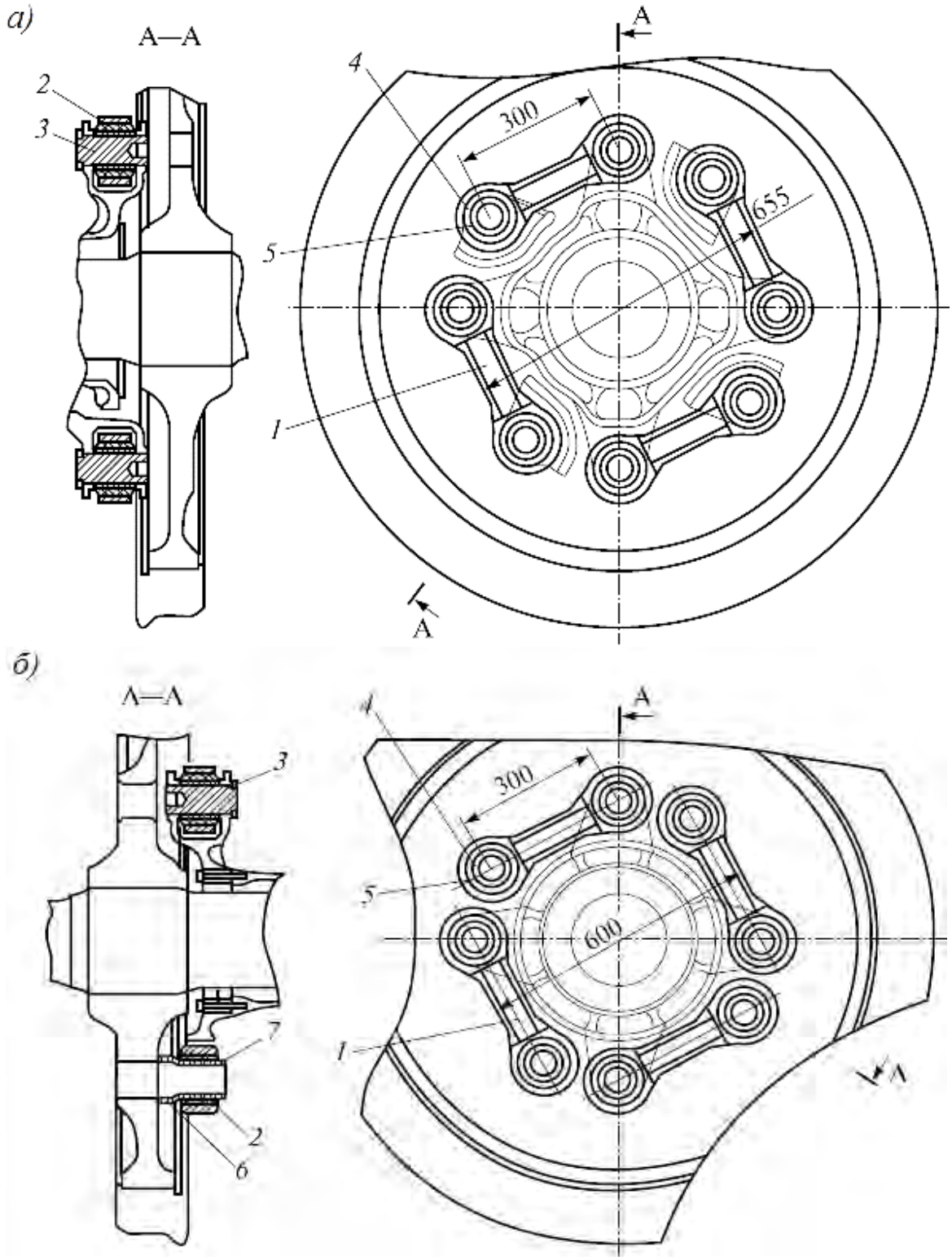


Рис. 2.89. Шарнірно-повідкова муфта
поперечної компенсації «Альстом»:
а – установка тяг еластичної муфти порожнистого вала;
б – установка тяг еластичної муфти вала колеса;
1 – тяга; *2* – амортизатор; *3* – валик; *4* – гайка;
5 – стопорна шайба; *6* – втулка; *7* – шайба

Тяги *1* еластичної муфти приводу порожнистого вала встановлені у вушка маточини опори підшипників і зварного приводу порожнистого вала за допомогою валиків *3*, які у свою чергу закріплені гайками *4* зі стопорними шайбами *5*. Тяги еластичної муфти приводу колеса встановлені у вушка відокремленого приводу порожнистого вала за допомогою валиків *3*, які у свою чергу закріплені гайками *4* зі стопорними шайбами *5*; пальці муфти запресовані в колесо, на якому також закріплені гайками зі стопорними шайбами. Як шарніри використовуються циліндричні сайлент-блоки. Симетрична схема забезпечує практично ідентичні умови роботи всіх повідків і шарнірів, що дозволяє робити їх уніфікованими. У процесі обертання при наявності розцентрування виникає кінематична похибка, центр плаваючої шайби описує коло діаметром, рівним величині розцентрування; плаваюча шайба здійснює кутові коливання. При цьому кінематична похибка призводить до виникнення динамічних моментів у передачі, а круговий рух шайби – до додаткових відцентрових сил.

У приводі III класу також застосовуються муфти поздовжньої компенсації. Застосування цих муфт дозволяє збільшити довжину проміжного вала, отримати більш сприятливі, ніж в муфтах поперечної компенсації, умови роботи шарнірних вузлів. Це обумовило тенденцію до поширення муфт поздовжньої компенсації, незважаючи на істотний їхній недолік – можливість застосування тільки в односторонніх передачах.

Однією з найбільш широко застосовуваних таких муфт є карданна муфта передачі Жакмен, використовувана в тяговому приводі французьких локомотивів. У нашій країні ця передача була застосована на дослідному електровозі ВЛ40. Особливість передачі Жакмен полягає в тому, що муфта не тільки передає тяговий момент, а й здійснює поперечний зв’язок колісної пари з рамою візка. Однак муфти поздовжньої компенсації не витіснили повністю муфти поперечної компенсації, що пояснюється рядом особливостей останніх. Так, при муфтах поперечної компенсації можливе застосування двосторонньої передачі, що вдвічі знижує статичне навантаження на муфту; муфти можуть бути розміщені з зовнішнього боку колісного центру, що дозволяє збільшити довжину проміжного вала.

2.7.11. Груповий тяговий привод

Груповий привод є різновидом приводу III класу, який передбачає здійснення зв'язку всіх колісних пар одного візка через зубчасту передачу з одним ТЕД. Число шестерень в кінематичному ланцюзі зв'язку двох суміжних колісних пар для забезпечення їх обертання в одному напрямі має бути непарним. Електровоз з груповим приводом (рис. 2.90) має наступні конструктивні особливості. Тяговий двигун закріплений на рамі візка, що складається з двох боковин і трьох або чотирьох поперечних балок. По поздовжній осі візка двигун розташовують у її центрі, а в поперечному напрямку – зміщують від центру, щоб розмістити головний редуктор. В цьому випадку застосовують односторонню передачу. Пружні елементи поміщають між валом тягового двигуна і ведучим валом редуктора, а також між колісною парою і веденим зубчастим колесом.

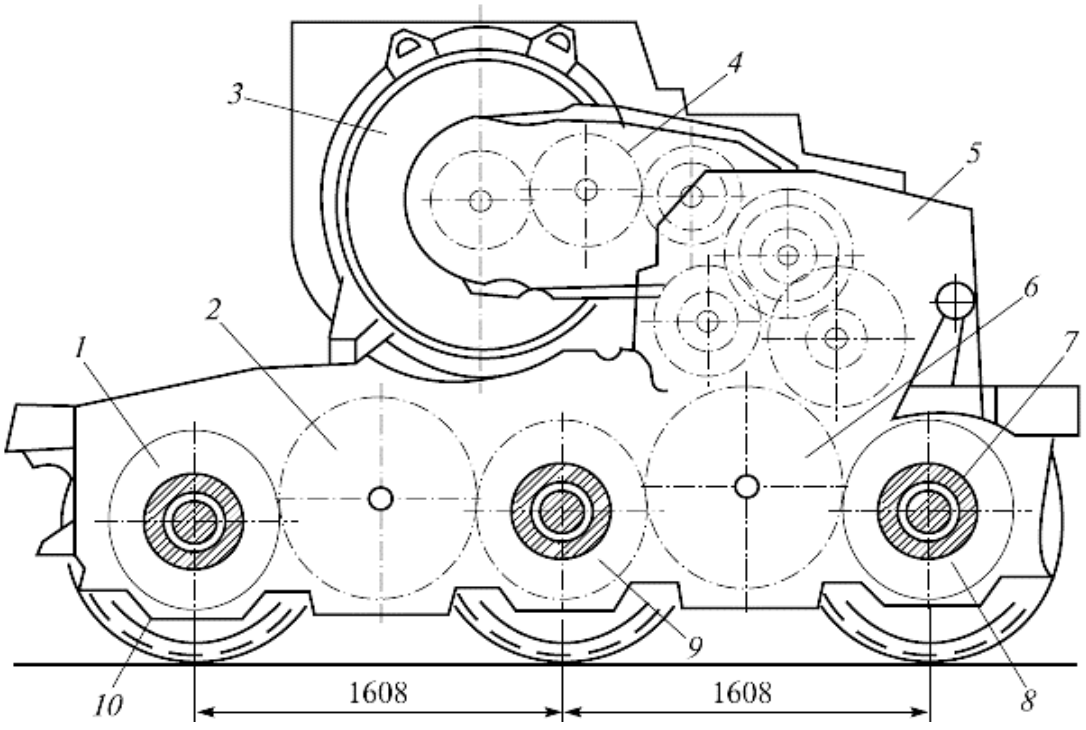


Рис. 2.90. Груповий тяговий привод:
1, *8*, *9* – ведені зубчасті колеса; *2*, *6* – проміжні зубчасті колеса; *3* – тяговий двигун; *4* – допоміжний редуктор; *5* – редуктор для зміни передавального числа; *7* – порожнистий вал муфти; *10* – корпус роздавального редуктора

Редуктори передачі мають одне або два передавальних числа. В останньому випадку електровоз є універсальним і використовується для водіння як вантажних, так і пасажирських поїздів. Можливість змінювати передавальне число є однією з переваг групової передачі. Груповий привод застосовується як з двовісними, так і з тривісними візками.

Застосування групового приводу дозволяє зменшити момент інерції мономоторного візка щодо вертикальної осі, знизити поперечний вплив на колію, використовувати асинхронні двигуни. Однак груповий привод має і недоліки, такі як значне збільшення числа зубчастих коліс, низький ККД передачі і велика вартість.

Питання для самоконтролю

1. Що таке тяговий привод?
2. З яких елементів складаються електрична і механічна частини приводу?
3. Які вимоги ставляться до тягових передач?
4. За якими класами класифікуються приводи ТЕД?
5. За допомогою яких підвісок кріпиться двигун до рами візка в приводі І класу?
6. Що таке моторно-осьові підшипники? Яке їх призначення?
7. Які типи моторно-осьових підшипників знайшли застосування на рухомому складі?
8. Перерахуйте недоліки моторно-осьових підшипників.
9. Які зубчасті передачі застосовуються в приводах І класу?
10. Перерахуйте недоліки передач опорно-осьового підвішування ТЕД.
11. Які технологічні заходи попереджають появу втомних руйнувань зубчастих коліс?
12. Які основні недоліки має привод І класу?
13. Які основні особливості має привод ІІ класу?
14. Для чого призначена тягова муфта?
15. Що таке база спирання редуктора?
16. Які є способи кріплення ТЕД до рами візка?
17. Які габаритні обмеження має привод ІІ класу?

18. Як влаштована муфта поздовжньої компенсації?

19. Як влаштована муфта поперечної компенсації?

20. Які основні чинники істотно впливають на умови роботи муфти і її довговічність?

21. Що таке кут закручування муфти і як його можна зменшити?

22. Що повинен забезпечувати корпус редуктора?

23. Які типи корпусів редуктора застосовуються на тяговому рухомому складі?

24. Що повинна забезпечувати підвіска редуктора?

25. Які конструктивні особливості має привод III класу?

26. У чому перевага приводу III класу перед приводами I і II класів?

27. Які габаритні обмеження має привод III класу?

28. Для чого призначений порожнистий вал?

29. Як кріпиться корпус редуктора до рами візка?

30. Яка основна відмінна особливість редукторів III класу?

31. Які основні відмінності муфт приводу III класу від муфт приводу II класу?

32. Які конструктивні особливості має муфта фірми «Альстом»?

33. Що дозволяє отримати застосування муфт поздовжньої компенсації в приводі III класу?

34. У чому полягає особливість передачі Жакмен?

35. Які основні особливості, переваги і недоліки має груповий привод?

36. Чому число шестерень між суміжними колісними парами в груповому приводі повинне бути непарним?

2.8. АВТОЗЧЕПНІ ПРИСТРОЇ

2.8.1. Загальні відомості про автозчепні пристрої

Автозчепне обладнання призначене для з'єднання одиниць рухомого складу між собою, а також передачі тягових, гальмівних і поздовжньо-динамічних зусиль, що виникають під час руху поїзда.

З часу переходу рухомого складу з гвинтовою упряжжю на автозчепний пристрій (1935-1957 рр.) і до теперішнього часу практично єдиним пристроєм, що використовується на вітчизняних залізницях для з'єднання вагонів у поїзді, був автозчепний пристрій СА-3. Таким чином, з початку переходу на автозчеплення весь вітчизняний рухомий склад (крім паровозів, конструкція рами яких не дозволяла встановлювати типовий автозчепний пристрій) обладнувався повністю ідентичними автозчепними пристроями.

Лише починаючи з 1947 р. з метою зниження поздовжніх прискорень, що виникають під час руху пасажирського поїзда, його вагони стали оснащувати спеціальними поглинальними апаратами, розробленими відповідно до вимог, що відрізняються від вимог, які ставляться до вантажних поглинальних апаратів. Конструкція, розміри і основні параметри інших елементів автозчепних пристроїв пасажирського та вантажного рухомого складу, а також вимоги до них (крім розрахункових значень розтягальних і стискальних сил) до теперішнього часу залишилися практично ідентичними. Це забезпечує певні зручності при виготовленні, ремонті та експлуатації (у тому числі при військових перевезеннях, транспортуванні пасажирських вагонів у складі вантажних поїздів і включенні в них вагонів супроводження та ін.).

Автозчепні пристрої (рис. 2.91) складаються з автозчеплення, тягового хомута, поглинального апарату, упорних косинців, упорної плити, розетки з центрувальним механізмом та інших деталей. Центрувальний механізм розетки має маятниковий пристрій, що складається з балочки і двох підвісок і служить для повернення автозчеплення в центральне положення при його поперечних зсувах [3].

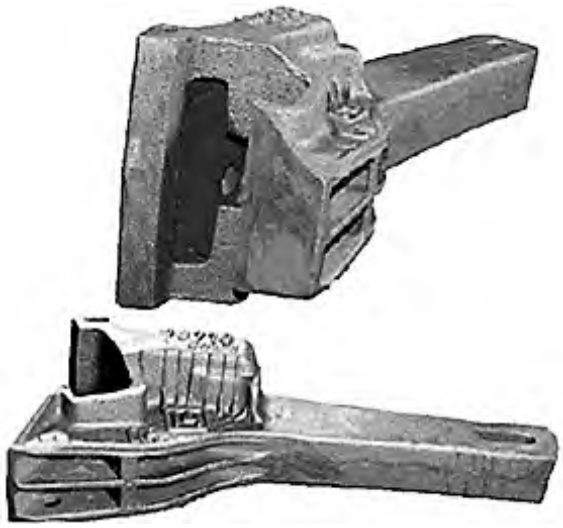


Рис. 2.91. Загальний вигляд автозчепного пристрою СА-3

2.8.2. Автозчепний пристрій СА-3

Автозчепний пристрій служить для автоматичного з'єднання вагонів і передачі тягового зусилля. Всі деталі автозчеплення сталеві литі без механічної обробки (вага СА-3 – 197,5 кг).

Корпус *1* автозчепного пристрою з поглинальним апаратом (рис. 2.92) складається з головки, в якій міститься весь механізм зчеплення, і пустотілого прямокутного хвостовика.

Хвостовик має вертикальний отвір для установлення клина *9*, який з'єднує автозчепний пристрій з тяговим хомутом *5* поглинального апарату *11*. Головка автозчепного пристрою має великий *16* і малий *17* зуби, простір між ними утворює зів автозчепного пристрою. Механізм зчеплення (рис. 2.93) складається з замка *4*, замкотримача *1*, запобіжника *3*, підйомника *9* замка, валика підйомника і стяжного болта.

Замок встановлений в головці автозчепного пристрою таким чином, щоб він під впливом власної ваги завжди прагнув зайняти замкнуте положення, тобто замикав малий зуб автозчепного пристрою в пазу великого зуба. Замок має сигнальний відросток *8*, пофарбований у червоний колір, у вигляді циліндричного приливка, на який насаджений запобіжник.

Запобіжник має пряме *6* і фігурне *7* плечі і служить для запобігання саморозчепленню автозчеплення на шляху прямування.

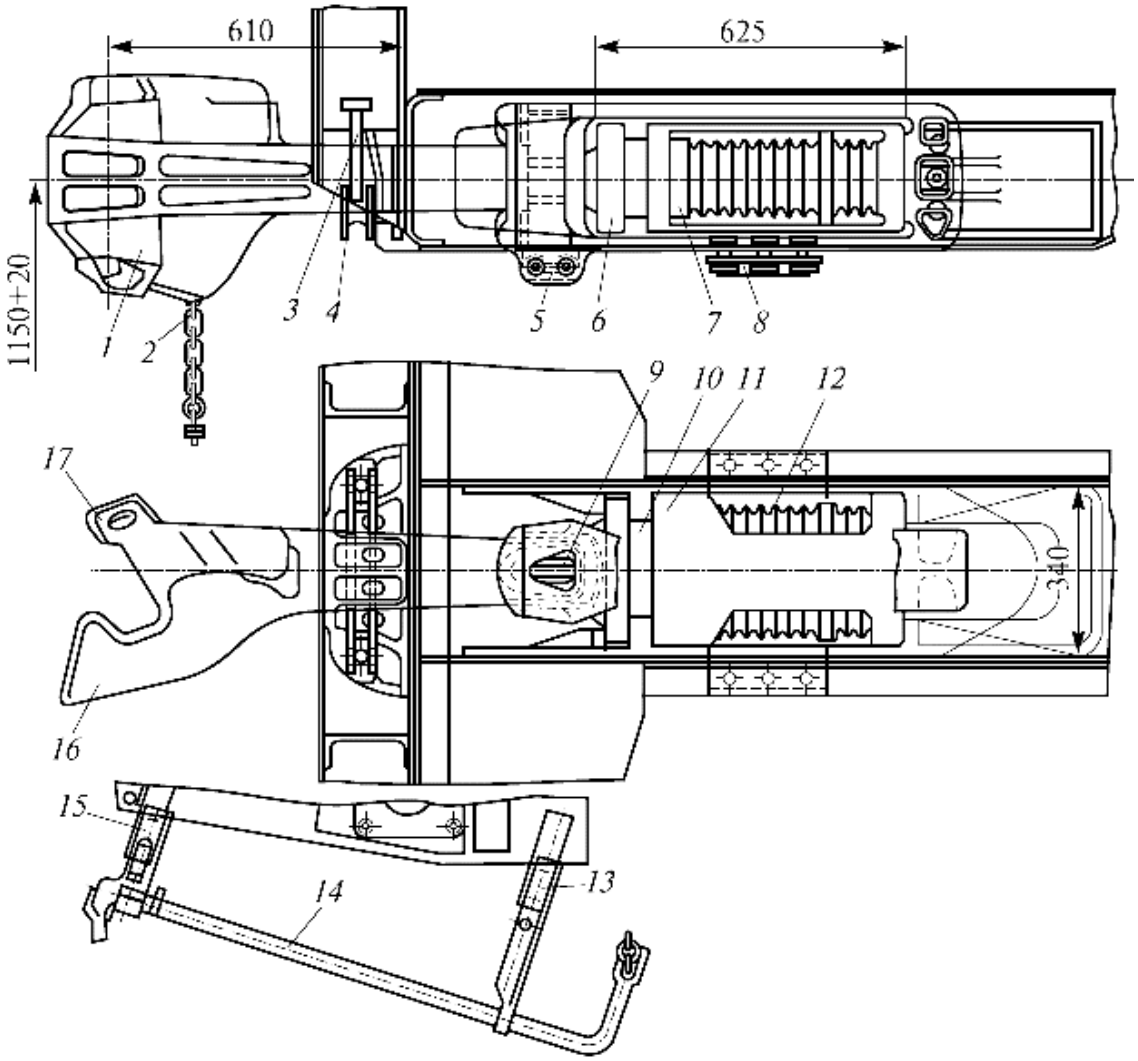


Рис. 2.92. Автозчеплення з поглинальним апаратом:
1 – корпус автозчеплення; *2* – коло розчіпного важеля;
3 – маятниковий пристрій; *4* – балочка; *5* – тяговий хомут;
6 – упорна плита; *7* – корпус поглинального апарату;
8 – підтримувальна планка; *9* – клин; *10* – натискна плита поглинального апарату; *11* – поглинальний апарат;
12 – гумометалеві елементи; *13*, *15* – кронштейни;
14 – розчіпний важіль; *16*, *17* – великий і малий зуби

Замкотримач призначений для запобігання саморозчепленню, а також для утримання в розчепленому стані автозчепних пристроїв до розчеплення вагонів. Він має овальний отвір, за допомогою якого його навішують на шип з боку великого зуба, лапу і противагу *2*.

Підйомник замка призначений для розчеплення автозчепних пристроїв – він відводить замок всередину і за допомогою

замкотримача не дає опуститися йому вниз і тим самим відновити зчеплення вагонів раніше, ніж вони будуть повністю роз'єднані. У конструкцію підйомника входять прямий *10* і фігурний *5* пальці, а також квадратний отвір, в який вставляється валик підйомника.

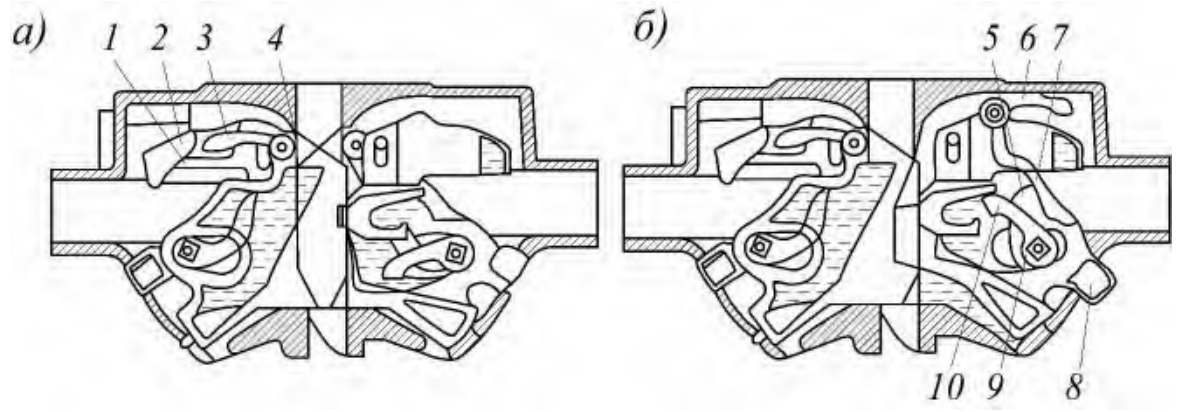


Рис. 2.93. Механізм зчеплення:
а – положення при зчепленні; *б* – положення при розчепленні;
1 – замкотримач; *2* – противага; *3* – запобіжник; *4* – замок;
5, *10* – фігурний і прямий пальці підйомника; *6*, *7* – плечі засувки; *8* – сигнальний відросток; *9* – підйомник

Валик служить для з'єднання всіх частин механізму зчеплення, для розчеплення автозчеплення, має противагу і вісь (квадрат), який входить в отвір підйомника.

Для утримання валика підйомника від випадіння він стопориться болтом.

Складання механізму. Підйомник *9* замка вводять всередину головки автозчепного пристрою фігурним пальцем *5* догори і кладуть на опору, розташовану внизу з боку великого зуба. Замкотримач *1* також вводять в порожнину головки автозчепного пристрою і овальним отвором навішують на шип великого зуба. Потім засувку (запобіжник) *3* встановлюють на шип замка *4*, після чого замок разом із засувкою вводять в кишеню головки автозчепного пристрою і встановлюють на опору. При встановленні замка необхідно натискати тонким стрижнем на нижнє (фігурне) плече засувки, щоб її верхнє (пряме) плече проходило вище противаги *2* замкотримача. Після установлення замка валик підйомника пропускають через отвір в головці

автозчепного пристрою з боку малого зуба; після перевірки справності механізму його замикають болтом, який пропускають головкою догори через приливок корпусу автозчепного пристрою. Болт входить у виїмку валика підйомника, зберігаючи можливість його повороту, але не дозволяє вийняти валик з автозчепного пристрою. Розбирання механізму автозчеплення виконують у зворотному порядку.

Процес зчеплення. У автозчепного механізму, готового до зчеплення (рис. 2.93, *а*), замок і лапа замкотримача виходять з корпусу в зів. Верхнє плече засувки спирається на поличку малого зуба і розташоване вище противаги замкотримача. При зчепленні вагонів малий зуб одного автозчепного пристрою ковзає по скошеній поверхні великого або малого зуба іншого автозчеплення і входить в зів, натискаючи на замок і втопляючи його всередину корпусу. При подальшому русі всередину зіва малий зуб натискає на лапу замкотримача і звільняє замок. Замки виходять з корпусів у зів і, розклинюючи один одного, перешкоджають зворотному вислизанню малих зубів. Оскільки малі зуби натискають на лапи замкотримачів, їх противаги знаходяться в піднятому стані навпроти торців верхніх плечей засувок. Таке розташування деталей механізму виключає можливість саморозчеплення замків, так як у випадку поштовху замка всередину корпусу він буде утримуватися від переміщення упором торця засувки в противагу замкотримача. При зчепленому положенні автозчепних пристроїв (рис. 2.93, *б*) сигнальні відростки *8* замків не повинні бути видні.

Розчеплення автозчепних пристроїв здійснюється поворотом розчеплювального важеля, для цього необхідно один із замків втопити всередину головки корпусу. При повороті важеля натягом ланцюжка змушують обертатися валик підйомника і підйомник *9*. При повороті останнього його фігурний палець *5* натискає на нижнє плече засувки *3*, яка, повертаючись, піднімає своє верхнє плече вище противаги замкотримача.

Потім підйомник тим же пальцем веде замок в порожнину головки автозчеплення. Одночасно прямий палець підйомника піднімає замкотримач. Завдяки цьому прямий палець підйомника заскакує за ріг замкотримача; останній під дією власної ваги опускається вниз.

Механізм автозчеплення буде знаходитися в розчепленому положенні і залишиться в ньому, поки головки автозчепних пристроїв не будуть розведені. Замок утримується всередині головки корпусу завдяки натисканню фігурного пальця підйомника, а останній спирається на кут замкотримача. Сигнальний відросток *8* при цьому видно зовні, що вказує на розчеплення механізму. Після розведення автозчепних пристроїв замкотримач звільниться і повернеться, його лапа вийде в зів, а кут замкотримача, який відійшов, звільнить підйомник. В результаті цього підйомник опуститься і замок вийде з корпусу в зів автозчеплення. Відновлення зчеплення можна виконувати і без розведення вагонів. Для цього потрібно підняти замкотримач догори через отвір внизу головки автозчеплення.

Натиснення може бути зроблено рукояткою ручного молотка. При натисканні на спеціальний приливок замкотримача прямий палець підйомника позбавляється опори, внаслідок чого замок опускається в нижнє положення, відновлюючи зчеплення.

Справний стан автозчепного пристрою забезпечується його оглядами: ***повним оглядом*** зі зняттям з локомотива або вагона знімних вузлів і деталей і ***зовнішнім оглядом*** – без зняття.

Зняті знімні вузли та деталі відправляють в контрольний пункт або відділення для перевірки і ремонту. Місця основних несправностей автозчеплення наведено на рис. 2.94.

Рис. 2.94. Основні місця несправностей автозчеплення

Зовнішній огляд здійснюють при поточному ремонті. При цьому користуються комбінованим шаблоном 940Р, за допомогою якого виконують: перевірку зносів малого зуба, великого зуба, зіва, а також перевірку товщини замка.

Крім того, при зовнішньому огляді виконують й інші перевірки.

Перевірка на відсутність саморозчеплення:

- натискають на лапу замкотримача шаблоном з приклепаною поличкою (це розмір гранично зношеного малого зуба сусіднього автозчеплення);

- штовхають рукою замок всередину корпусу.

Автозчеплення вважається придатним, якщо замок не втоплюється всередину корпусу і забезпечується зазор 7÷18 мм від замка до кромки малого зуба корпусу у верхній частині замка.

Перевірка утримання замка в утопленому положенні при розчепленні:

- натискають на лапу замкотримача шаблоном з поличкою (як при попередній перевірці);

- поворотом валика з підйомником втоплюють замок і відпускають валик.

Автозчеплення вважається придатним, якщо замок залишається втопленим (цими діями перевіряється знос кінця вузького пальця підйомника і знос середнього виступу замкотримача).

Перевірка відсутності передчасного включення в роботу запобіжника в момент початку зчеплення:

- натискають на лапу замкотримача відкидною скобою шаблону так, щоб лапа виходила назовні на виріз скоби на 35 мм;

- натискають рукою на замок.

Автозчеплення вважається придатним, якщо при цьому замок вільно встановлюється всередину корпусу. Якщо автозчеплення не задовольняє цю перевірку, тобто замок не встановлюється, то зчеплення автозчеплень може не статися, а при сильному ударі в момент зчеплення можливий злам шипа замка або злам запобіжника.

Перевірка довжини ланцюжка розчепного важеля:

- ланцюжок повинен завжди провисати – значить, ланцюжок не короткий (натягнутий короткий ланцюжок викликає поворот валика з підйомником, що може призвести до саморозчеплення автозчеплення під час руху);

- для перевірки, чи не довгий ланцюжок, потрібно поворотом важеля втопити замок і покласти важіль на поличку горизонтально – замок повинен залишатися втопленим (це потрібно при маневрах поштовхами). Якщо при цьому замок випадає з корпусу автозчеплення, то ланцюг довгий.

Висота автозчеплення від головки рейки повинна бути 980÷1080 мм. Замір висоти виконують від головки рейки до ливарного шва хвостовика корпусу ударної розетки. Задирання головки корпусу СА-3 вгору допускається не більше 3 мм, провисання головки корпусу СА-3 вниз – не більше 10 мм.

Горизонтальний зазор між торцем ударної розетки і виступом на головці корпусу автозчеплення повинен бути 70÷80 мм. Вертикальний зазор між верхньою частиною хвостовика корпусу автозчеплення і нижньою частиною ударної розетки повинен бути 25÷40 мм.

Можливі такі **причини саморозчеплення**:

- короткий або довгий ланцюжок розчіпного важеля;
- зношений торець прямого плеча засувки, упор противаги або лапа замкотримача, відламалась противага замкотримача;
- збільшився зів головки автозчеплення;
- зменшилася в результаті зносу товщина замка;
- зносився малий зуб або паз великого зуба головки автозчеплення, при цьому розбіжність центрів автозчеплення більше норми.

Поглинальні апарати служать для пом'якшення ударів, що виникають при зчепленні вагонів, а також ривків при різкій зміні сили тяги.

На електропоїздах перших випусків встановлений ***пружинно-фрикційний апарат ЦНІІ-Н6*** системи І. Н. Новікова, що складається з двох самостійних частин: пружинно-фрикційної і пружинної, стягнутих болтом, а також тягового хомута і упорної плити. Він розміщений між задніми і передніми упорними косинцями, розташованими всередині хребтової балки. На електропоїздах ЕР2 і ЕР2^{Т} встановлений ***поглинальний апарат Р-2П*** (рис. 2.95), що складається з корпусу *1* натискної плити *2*, дев'яти гумометалевих елементів *3*, проміжної плити *4* і тягового хомута *5*. Повний хід апарату 70 мм. Гумометалевий елемент *3* апарату складається з двох сталевих листів товщиною 2 мм, між

якими розташована спеціальна морозостійка гума товщиною 41,5 мм, жорстко пов’язана з листами. Гума має параболічний перетин, завдяки чому запобігається вихід стислої гуми за межі металевих листів. Для виключення зсуву гумових елементів і зіткнення їх з краями корпусу при стисненні апарату на днищі корпусу, натискної і проміжної плит, а також на листах гумометалевих елементів є фіксуючі виступи і відповідні їм поглиблення.

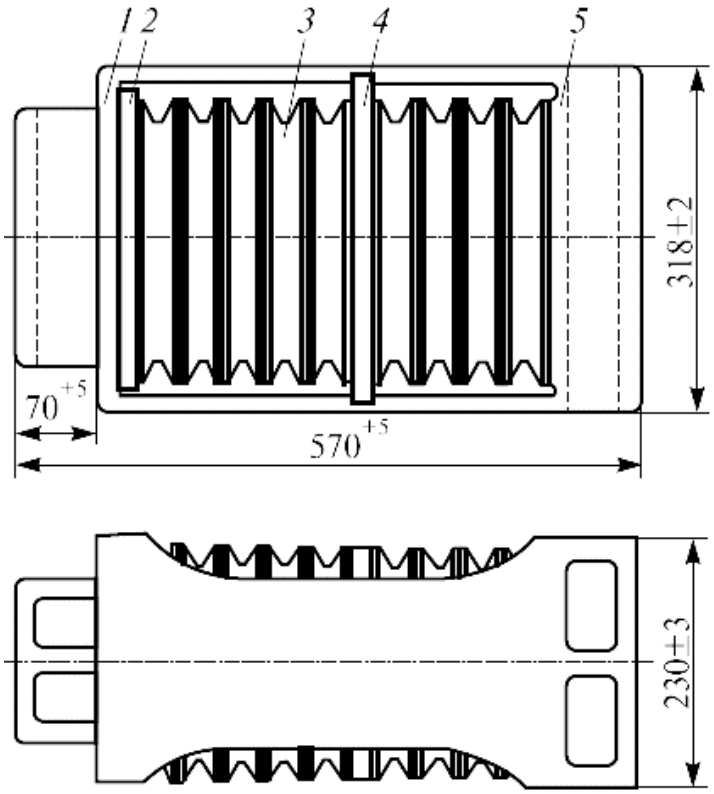


Рис. 2.95. Поглинальний апарат Р-2П

При складанні апарату спочатку в корпус збоку заводять натискну плиту *2* і встановлюють її так, щоб упорна частина плити повністю виходила з вікна корпусу *1*. Потім ставлять проміжну плиту *4* таким чином, щоб її бічні заплечики охоплювали поздовжні стінки корпусу. Після цього чотири гумометалевих елементи *3* розміщують між проміжною плитою і днищем корпусу. Фіксуючі виступи на елементах повинні збігтися з відповідними заглибленнями. Пресом або спеціальною струбциною ці елементи через проміжну плиту стискають в корпусі апарату, щоб між натискною і проміжною плитами

поставити інші п’ять гумометалевих елементів. Потім стиснуті елементи звільняють від навантаження. Вони розправляються і замикають введені в корпус п’ять гумометалевих елементів. На цьому складання закінчується.

Розбирають апарат у зворотному порядку, тобто попередньо стискають через проміжну плиту чотири гумометалевих елементи, виймають елементи, що знаходяться між натискною і проміжною плитами. Після зняття навантаження з проміжної плити всі інші елементи апарату і плита легко виймаються з корпусу. При стисненні вагонів електропоїзда зусилля, яке сприймає автозчеплення, передається через хвостовик і натискну плиту на гумометалеві елементи, які, стискаючись, поглинають енергію, сприйняту автозчепленням удару, і послаблюють його. Апарат і тяговий хомут підтримуються знизу плитою, укріпленою болтами.

Поглинальний апарат типу Ш1-ТМ (шестигранний модернізований) встановлюється на вантажних локомотивах і вагонах і служить для поглинання енергії удару при зчепленні і при тязі. Корпус поглинального апарату (вага 72 кг) відлито зі сталі у вигляді стакана, має ззаду квадратний перетин, а спереду – шестигранну форму конічну всередині.

При складанні поглинального апарату всередину корпусу заводиться знизу стяжний болт, на болт всередині корпусу встановлюються внутрішня і зовнішня пружини, натискна шайба, три розрізних фрикційних клини з конічною поверхнею зовні і всередині, натискний конус. Потім на пресі через три клини обидві пружини стискаються робочим зусиллям 4,6 т, після чого на кінець стяжного болта накручується гайка, а для її стопоріння кінець болта розклепують. Для вільної постановки в гніздо буферного бруса складений поглинальний апарат додатково стискається на пресі і під гайку стяжного болта ставиться сталева пластина. Складений поглинальний апарат (вагою 134 кг) заводиться збоку всередину тягового сталевого хомута, потім туди ж спереду укладається упорна плита (вагою 30 кг). Після цього тяговий хомут з поглинальним апаратом і упорною плитою вводять знизу в гніздо буферного бруса рами кузова, а внизу під хомутом до буферного бруса болтами кріплять підтримувальну планку (вагою 27 кг).

Спереду в гніздо буферного бруса рами кузова і всередину хомута розташовують хвостовик корпусу автозчеплення, потім знизу через овальний отвір в хомуті і у хвостовику корпусу автозчеплення заводять клин у вигляді планки з нижніми буртами. Збоку в горизонтальних отворах в нижніх приливках хомута під клином кріплять два болти з гайками, які попарно стопорять дротом і пластиною.

Середня частина хвостовика корпусу автозчеплення лежить на центрувальній балці, яка за допомогою двох маятникових болтів з двома головками підвішена до ударної розетки, закріпленої болтами спереду до буферного бруса рами кузова.

При зчепленні сила удару з хвостовика корпусу автозчеплення передається на такі частини: упорну плиту, натискний конус, три розрізних клини, шайби, дві пружини, корпус поглинального апарату і на задні упори буферного бруса рами кузова. При цьому три розрізних клини всуваються в конічну частину корпусу, при цьому за рахунок тертя гаситься сила удару (до стиснення на 7 мм при зусиллі 250 т).

Під час руху вся сила тяги передається від хвостовика корпусу автозчеплення через клин на тяговий хомут і від нього на корпус поглинального апарату, далі через дві пружини, три клина, конус, упорну плиту – на передні упори буферного бруса. При цьому корпус насувається на три клини і за рахунок тертя гасяться всі поштовхи, що виникають при тязі.

На рухомому складі також застосовують ***поглинальні апарати еластомірного типу***, принцип дії яких заснований на об’ємному стисненні і перетіканні (дроселюванні) з однієї камери апарату в іншу спеціального матеріалу – еластоміру, що нагадує пружний пластилін. Еластомір володіє такими якостями, як гнучкість, тобто виконує роль пружини, і демпфірування, тобто гасить енергію удару, перетворюючи її на теплову та розсіюючи в навколишнє середовище. Особливістю еластомірних поглинальних апаратів є їх автоматично регульована характеристика, тобто при збільшенні сили удару в апарат його сили пружності і гасіння також зростають.

Тяговий хомут (рис. 2.96) являє собою сталеву виливку, що складається з двох горизонтальних смуг, з’єднаних по кінцях вертикальними зв’язками. Передня частина хомута має вікно для

проходу хвостовика автозчеплення і отвори для проходу клина. У нижній частині хомута під отвором для клина є два вушки з отворами для болтів, які служать опорою для клина.

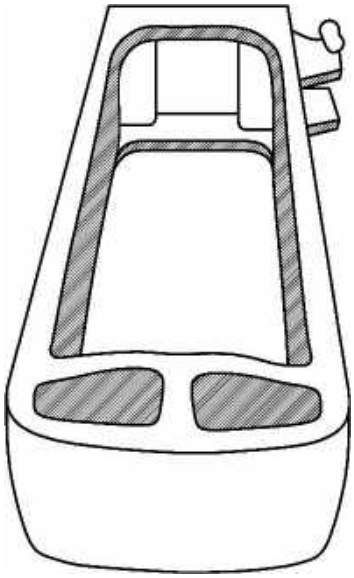


Рис. 2.96. Тяговий хомут

Тяговий клин (рис. 2.97) сталевий, штампований, служить для з'єднання хвостовика головки автозчеплення з тяговим хомутом. Встановлений знизу, він утримується від підйому вгору своїми заплечиками.

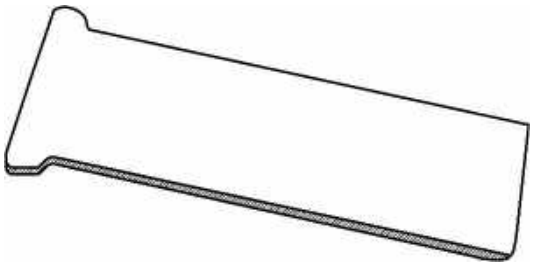


Рис. 2.97. Тяговий клин

Упорна плита і ударна розетка призначені для сприйняття сил, що виникають при зіткненні вагонів при зчепленні, і передачі їх на поглинальний апарат.

Типові автозчепні пристрої СА-3 при використанні на пасажирських вагонах мають значні недоліки через відмінності в умовах експлуатації і меншу жорсткість ресорного комплекту

візків пасажирських вагонів, яка викликає великі відносні вертикальні переміщення. До цих недоліків відносяться:

- інтенсивність зносу автозчеплення по контуру зачеплення, що зумовило необхідність створення і впровадження спеціальних технологій для зміцнення інтенсивно зношуваних поверхонь;
- можливість саморозчеплень, які не виключені при мимовільному вимкненні запобіжника (при несприятливому поєднанні вертикальних і горизонтальних поздовжніх прискорень);
- високий рівень шуму під час руху поїзда через постійні удари автозчеплення об жорстку центрувальну балочку.

Крім того, автозчепний пристрій СА-3 має значну масу, яка визначається великим запасом міцності, і вимагає обладнання вагонів буферами для ліквідації поздовжніх зазорів.

З цих причин поїзди метрополітену і швидкісні електропоїзди ЕР200 обладнані автозчепленням Шарфенберга жорсткого типу. Однак конструкція такого зчіпного пристрою не дозволяє збільшити його міцність до величин, встановлених для високошвидкісного рухомого складу, так як розтягальні зусилля передаються через деталі механізму зчеплення. Поглинальний аппарат, що входить до комплекту пристрою, має малий робочий хід і силу закриття, що визначає його низьку енергоємність, недостатню для захисту вагонів при маневрових зіткненнях. Крім того, механізм зчеплення не дозволяє повністю виключити поздовжні зазори.

Питання для самоконтролю

1. У чому полягає призначення автозчепного обладнання?
2. Який автозчепний пристрій є найбільш розповсюдженим на вітчизняних залізницях?
3. З яких основних елементів складається автозчепний пристрій?
4. Яким чином відбувається процес зчеплення автозчепних пристроїв?
5. Яким чином забезпечується справний стан автозчепного пристрою?

6. Яким чином здійснюють перевірку на відсутність саморозчеплення?

7. Яким чином здійснюють перевірку утримання замка в утопленому положенні при розчепленні?

8. Яким чином здійснюють перевірку відсутності передчасного включення в роботу запобіжника в момент початку зчеплення?

9. Яким чином здійснюють перевірку довжини ланцюжка розчіпного важеля?

10. З яких причин може відбутися саморозчеплення?

11. Для чого служать поглинальні апарати?

12. Охарактеризуйте пружинно-фрикційний апарат ЦНІІ-Н6 системи І. Н. Новікова.

13. Охарактеризуйте поглинальний апарат Р-2П.

14. Охарактеризуйте поглинальний апарат типу Ш1-ТМ.

15. Що являє собою тяговий хомут?

16. Що являє собою тяговий клин?

17. Для чого призначені упорна плита і ударна розетка?

18. Перелічіть основні недоліки автозчепного пристрою СА-3.

19. Яким типом автозчеплення обладнані поїзди метрополітену і швидкісні електропоїзди ЕР200?

2.9. РУХОМИЙ СКЛАД МЕТРОПОЛІТЕНІВ

2.9.1. Вагони метрополітену серій 81-717 і 81-714

Вагони метрополітену моделей 81-717.5М і 81-714.5М (модернізовані) призначені для перевезення пасажирів на підземних лініях метрополітену з можливістю короткочасного виходу на поверхню. Вагон моделі 81-717.5М – головний (з кабіною керування), вагон моделі 81-714.5М – проміжний. Загальне число вагонів у поїзді може бути не більше восьми. Технічні дані вагонів наведено в табл. 2.6 [19, 27, 55, 60].

Таблиця 2.6

Основні технічні дані вагонів серій 81-717 і 81-714

Параметр	Значення	
	81-717.5М	81-714.5М
1	2	3
Довжина по осях головок автозчепного пристрою, мм	19210	
Висота порожнього вагона від рівня головки рейки, мм	3700	
База, мм	12600	
Висота поздовжньої осі автозчепного пристрою порожнього вагона від рівня головки рейки, мм	829	
Висота рівня підлоги над головкою рейки, мм	1208	
Висота рівня головки рейки до рами вагона, мм	990	
Кількість розсувних дверей пасажирського приміщення з кожного боку вагона, шт.	4	
Відстань між серединами дверних прорізів пасажирського приміщення, мм	4610	
Відстань від осі зчеплення головок автозчепного пристрою до середини найближчого дверного прорізу, мм	2690	

Продовження таблиці 2.6

1	2	3
Ширина дверного прорізу при відкритих дверях, мм	1208	
Маса тари вагона, не більше, кг	33000	32000
Конструкційна швидкість, км/год	90	
Кількість місць для сидіння, шт.	40	44
Загальна місткість вагона при щільності розміщення стоячих пасажирів, рівній 10 люд/м^2 вільної площадки підлоги, і зайнятості всіх місць для сидіння, люд	308	330
База візка, мм	2100	
Діаметр колеса по колу кочення, мм	780	
Маса візка, кг	7550	7500
Освітлення салону	Люмінісцентне	

Кузов вагона металевий, зварений, складається з таких основних вузлів: рами; металевого настилу підлоги; бічних стінок; лобової і кінцевої частин кузова; перегородки (для вагона 81-717.5М); даху.

Рама кузова вагона виконана зварною з швелероподібних балок; складається з бічних поясів, які складають разом з кінцевими частинами замкнутий контур; набору поперечних балок, у тому числі двох шворневих, а також хребтових балок, розташованих між кожною шворневою балкою і кінцевою частиною кузова для сприйняття зусиль від автозчеплення. Між шворневими балками хребтових балок немає, замість них по всій довжині кузова прокладений сталевий настил підлоги, виконаний з гнутого гофрованого профілю товщиною 1,4 мм. Бічні пояси рами являють собою гнутий швелер з висотою стінки 180 мм і шириною горизонтальних полиць 70 мм.

Для кріплення обладнання на рамі приварені кронштейни та додаткові балки, виготовлені з різних профілів. Для додання обшивці поздовжньої жорсткості і зменшення коробчастості при зварюванні підвіконні і міжвіконні частини обшивки по всій довжині кузова виконані гофрованими. Металева конструкція кузова вагона виготовлена з вуглецевих звичайних і якісних сталей.

Для відділення кабіни керування від пасажирського салону в кузові вагона 81-717.5М встановлена подвійна перегородка, каркаси якої виконані із сталевих гнутих профілів і сталевих листів товщиною 1,4 мм. З боку салону з лівого боку перегородка має двері для проходу в кабіну. З метою забезпечення пожежної безпеки обшивка перегородки зроблена суцільною – від підлоги до даху. На листах і стояках приварені кронштейни і скоби для кріплення електроапаратів і проводки. Всі металеві поверхні листів обклеєні азбестом і пофарбовані вогнезахисною емаллю.

Вагон обладнаний двома типами дверей: розсувними (в пасажирському приміщенні – по чотири з кожного боку вагона) і службовими стулчастими – в кінцевій частині вагона (торцевими для проміжних вагонів) у лівій стінці кабіни керування і в перегородці між кабіною і салоном вагона.

У лобовій частині кабіни керування, ліворуч, обладнані двері аварійного виходу, призначені для евакуації пасажирів на залізничну колію у разі екстрених ситуацій. Двері відчиняються назовні в правий бік і обладнані фіксуючим пристроєм.

Всі двері, за винятком дверей в перегородці між кабіною керування і салоном, мають скло, яке встановлюється і закріплюється в спеціальне гумове армування, що виключає його випадання з дверей.

Розсувні стулчасті двері виготовляють з листового алюмінієвого сплаву і пресованих алюмінієвих профілів. При складанні дверей профілі приварюють до одного з листів контактним зварюванням і перекривають другим листом, який також приварюють контактним зварюванням.

Двері підвішують до верхнього поясу кузова через спеціальні наддверні балки. Закріплення цих балок до верхнього поясу кузова виконують шпильками зі спеціальними гайками і контргайками. Кожен дверний отвір має по дві стулки. Стулку до наддверної балки підвішують на двох роликах з поліаміду, які закріплюють болтами до підвісок.

Відкривання і закривання розсувних дверей виконується пневматичним прямодіючим циліндром, що впливає на одну із стулок дверей. Друга стулка пов’язана з першою за допомогою ланцюгового механізму, що складається з двох відрізків втулково-роликового ланцюга, двох зірочок, встановлених на

балках, і натяжних гвинтів. Сигналізація про відкривання та закривання дверей здійснюється механізмом блокування дверей. При закритих дверях штовхач на стулці відтискає маятник від штовхача кінцевого вимикача, коло замикається і загоряється сигнальна лампа на пульті керування, а лампи бортової сигналізації гаснуть. При відкритих дверях штовхач стулки звільняє маятник, який під дією пружини натискає на штовхач вимикача – коло розмикається і спалахують лампи бортової сигналізації.

Регулювання механізму виконується гайковим ключем шляхом зміни довжини штовхача, який змінює хід маятника. Положення штовхача фіксується контргайкою.

Кінцеві двері головного вагона і торцеві двері проміжних вагонів обладнані електрозамками, відкривання яких здійснюється з пульта керування головного вагона в разі екстремальних ситуацій при евакуації пасажирів з аварійних вагонів або складу. Двері аварійного виходу в кабіні керування головного вагона закриваються за допомогою двох важільних замикаючих пристроїв.

Кінцеві (торцеві) одностулкові двері та двері (бічні) в кабіну керування виконуються аналогічно з розсувними. Двері в перегородці виготовлені із сталевих гнутих профілів, обшитих з двох боків сталевими листами.

Автозчепний пристрій вагона – комбінований (рис. 2.98), призначений для механічного зчеплення вагонів один з одним, передачі тягових і гальмівних зусиль, а також для міжвагонного з’єднання поїзних проводів кола керування і повітропроводів.

При зближенні вагонів автоматично відбувається механічне зчеплення їх один з одним і з’єднання повітропроводів. З’єднання електричних кіл керування виконується пневматичним приводом після зчеплення механічної частини автозчепних пристроїв.

У комплект автозчепного пристрою входять: головка автозчеплення, ударно-тяговий апарат, електроконтактна коробка, пневмоциліндр і деталі підвішування.

Головка автозчепного пристрою являє собою литий корпус, в якому встановлений зчіпний механізм, клапани повітропровода та інші деталі. Передній фланець корпусу головки має конусоподібний виступ і виїмку з прорізами. При зчепленні

вагонів виступ головки автозчеплення одного вагона заходить у виїмку головки автозчеплення другого вагона, в результаті чого виключається переміщення однієї головки відносно іншої.

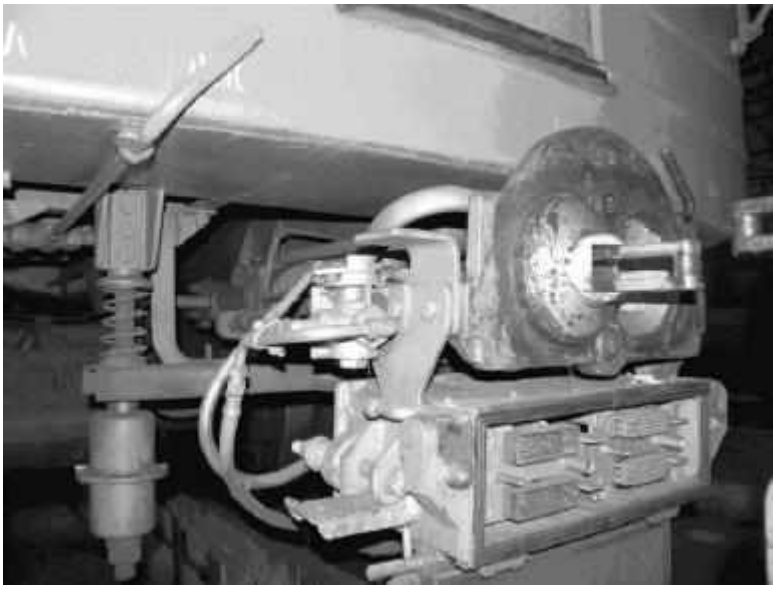


Рис. 2.98. Загальний вигляд автозчепного пристрою вагонів метрополітену

Механізм зчеплення складається з замка (зчіпного вузла), який являє собою рівноплечий важіль дископодібної форми, скріплений через валик з сережкою. Положення замка в корпусі головки фіксується поворотною пружиною. Зчеплення відбувається таким чином: при зближенні головок виступаюча вперед сережка головки суміжного вагона ковзає по поверхні конусної виїмки корпусу головки, одночасно повертаючи замок, тим самим готуючи його до зчеплення з сережкою. При подальшому русі сережка зісковзує з конусної виїмки і цапфа сережки западає у виїмку замка.

Симетрично працює і друга сережка, зчіплюючись із замком суміжної головки. У момент зіткнення фланця головок замки обох головок, зчеплені з сережками, під впливом поворотних пружин займають робоче положення. Зчеплення і розчеплення вагонів можна робити тільки при вимкнених контактних коробках, тобто в коробках, що беруть участь в зчепленні, повинні бути прибрані всередину вилки штепсельних рознімачів.

Зчіпний механізм блокується з приводом контактної коробки за допомогою сектора блокування, розташованого на крані

керування приводу електроконтактної коробки, який через важільну передачу на головці автозчепного пристрою блокує механізм зчеплення. При положенні ручки «ввімкнено» провести розчеплення головок автозчепного пристрою неможливо.

Клапани повітропровода мають однакову конструкцію і складаються зі стакана, запресованого у фланець корпусу головки, гумової трубки і гумового ущільнювального кільця, вставленого в опорне кільце, яке пружиною притискається до бортика стакана. Обидва клапани повітропроводів з'єднані з гальмівною і натискною магістраллю за допомогою косинців, закріплених на фланці корпусу головки автозчепного пристрою.

При зчепленні головок виступаючі за фланець на 5÷6 мм ущільнювальні кільця встановлюються в рівень з фланцями і під дією пружини забезпечують надійне з'єднання повітропроводів.

Ударно-тяговий апарат складається з хомута, водила, циліндричних пружин, упорних шайб і сережки.

Незалежно від напрямку прикладених осьових навантажень пружини апарату працюють на стиск і розраховані на зусилля 10÷12 тс; при перевищенні цих навантажень відбувається зіткнення витків пружини і зусилля жорстко передаються на елементи рами кузова.

Хвостова частина водила через валик з'єднана з сережкою, яка за допомогою ще одного валика шарнірно пов'язана з гніздом автозчепного пристрою, розташованого на хребтовій балці рами кузова вагона.

Ударно-тяговий апарат і головки автозчеплення з'єднані за допомогою хомутів і стяжних болтів.

Автозчепний пристрій ковзунами спирається на балансир підвіски, яка забезпечує переміщення автозчеплення як у горизонтальній площині – по балансиру, так і у вертикальній – спільно з балансиром по стрижнях, закріплених на рамі кузова.

Для виключення вертикального розгойдування кінцевих автозчепних пристроїв на балансирі нижня пружина підвіски попередньо підтиснута в стакані на величину, яка відповідає прогину від ваги частини автозчепного пристрою, що припадає на пружину.

Електроконтактна коробка призначена для з'єднання поїзних проводів кола керування і підвішується до корпусу головки

автозчеплення на стрижнях, розташованих в провушинах щоковини автозчепного пристрою, закріплених на корпусі головки.

На стрижнях розташовані пружини, що знаходяться завжди в підтиснутому стані і змушують контактну коробку виступати за площину переднього фланця головки автозчепного пристрою. При зчепленні вагонів ці пружини щільно притискають коробки одна до одної, забезпечуючи захист штепсельних рознімачів і джгутів від пилу і вологи.

На головних вагонах, як і на проміжних, встановлені по дві електроконтактні коробки; при цьому на передній електроконтактній коробці головного вагона не встановлюється кінцевий вимикач.

У розчепленому положенні передня частина контактної коробки закривається кришкою, а при зчепленні вагонів кришка зсувається під коробку в гнізда тримача.

Увімкнення зістикованих коробок здійснюється за допомогою пневмоциліндра двосторонньої дії. Циліндр отримує живлення від напірної магістралі через роз'єднувальний кран, триходовий кран керування і гумові рукави з арматурою. Перемикання триходового крана керування виконується за допомогою реверсивної ручки контролера машиніста, яка вставляється в спеціальний шліц на секторі блокування.

При вмиканні контактних коробок повітря подається в задню порожнину пневмоциліндра. Вилки штепсельних рознімачів однієї коробки заходять в колодки штепсельних роз'ємів суміжної коробки до спрацьовування регулюючих упорів. При цьому ручка крана розташовується уздовж осі автозчепного пристрою і блокує важелі зчіпного механізму, виключаючи розчеплення вагонів при ввімкнених контактних коробках.

При вимиканні контактних коробок повітря подається в передню порожнину циліндра, при цьому ручка розташовується перпендикулярно до осі автозчепного пристрою. Сектор розблокує важелі зчіпного механізма. При зчепленні вагонів умикаються одночасно обидві суміжні коробки, при цьому роз'єднувальний кран не перекривається і пневмоциліндр залишається під тиском повітря, забезпечуючи тим самим фіксацію штепсельних рознімачів.

При зчепленні вагонів керуються таким:

- допуск на непаралельність балансира щодо горизонтальної площини рами вагона повинен бути не більше 3 мм по всій довжині балансира;
- вісь головки автозчепного пристрою слід встановлювати на новому вагоні на відстані 829±3 мм від головки рейки; в експлуатації допускається розмір 829±20 мм;
- якщо при зчепленні вагонів відбувається підняття одного з автозчепних пристроїв над балансиром, то додаткового регулювання балансира не потрібно;
- різниця рівнів осей головок автозчепного пристрою щодо головки рейок повинна бути не більше 40 мм;
- вилки штепсельних рознімачів повинні бути прибрані в корпус, а передні кришки коробок повинні бути відкритими;
- ручки кінцевих кранів пневматичних поїзних магістралей повинні стояти в положенні «закрито»;
- швидкість зближення вагонів, які зчеплюються, повинна бути не більше 1,5 км/год;
- кран керування пневматичним приводом контактної коробки повинен знаходитися в положенні «вимкнено», а роз'єднувальний кран в положенні «закрито».

Після зчеплення вагонів слід поставити ручки кінцевих кранів поїзних магістралей і роз'єднувального крана приводу обох коробок в положення «відкрито».

На автозчепному пристрої передбачена спеціальна підніжка для полегшення входу обслуговуючого персоналу у вагон через торцеві двері безпосередньо з колії, а також площадка для переходу за необхідності з вагона у вагон.

Всі вагони мають по два моторні двовісні візки. Кожен візок має індивідуальний привод колісних пар з опорно-рамним підвішуванням тягових електродвигунів і осьової підвіски редукторів, а також двоступеневу ресорну систему з крученими пружинами, яка складається з буксового і центрального ступенів.

Рама візка являє собою суцільносталеву, Н-подібну конструкцію, що складається з двох поздовжніх і двох поперечних сталевих балок. Балки – зварні, коробчатого перетину, з двох штампованих коритоподібних профілів товщиною 10 мм. З'єднання поперечних і поздовжніх балок

здійснюється в стик з перекриттям місця з'єднання косинками з листової сталі товщиною 6 мм.

На поздовжніх балках розташовані кронштейни, призначені для установлення гальмівних важелів і кріплення гальмових циліндрів блок-гальма, а також уварені сталеві литі втулки під запресовування шпінтонів (буксових напрямних).

На поперечних балках розташовані кронштейни для кріплення тягових двигунів і редукторів; також є отвори з запресованими в них втулками і вікна під установлення сережок центрального підвішування для передачі сил тяги та гальмування з рами візка на центральну балку. Крім того, з боку внутрішнього прорізу на поперечних балках встановлені ковзуни, виконані з двох послідовно встановлених пластин; остання з пластин має термооброблену, шліфовану поверхню і канали для надходження мастила в зону поверхонь тертя рами і центральної балки.

Колісна пара складається з осі, суцільнокатаних коліс, а також з втулки, напресованої на вісь, і виконує роль подовженої маточини. На втулку у свою чергу напресовані зубчасте колесо, елементи лабіринтових ущільнень, підшипники редуктора і запірні кільця.

Обточування бандажів колісної пари проводять на колесотокарних верстатах з цанговим затискачем шийки додатковим кріпленням і з розтискним пристроєм по внутрішньому діаметру бандажа. При обточуванні бандажа необхідно захистити підшипники зубчастого колеса і лабіринтове ущільнення від попадання стружки та інших сторонніх предметів. Після обточування колісну пару перевіряють на відповідність вимогам креслення і технічних умов і направляють для монтажу роликових букс і редукторів.

У кожному корпусі букси встановлюють по два підшипники з проміжними дистанційними кільцями. Передній підшипник з боку торця шийки має плоске упорне внутрішнє кільце.

Тяговий редуктор – одноступінчатий циліндричний з косозубою передачею і передаточним відношенням 5,33. Редуктор монтується на подовженій маточині колеса і складається з таких основних частин: шестірні; зубчастого колеса; кулькового підшипника, фіксуючого корпус редуктора в осьовому напрямку; роликового підшипника; кулькового і

роликового підшипників шестірні. Всі елементи редуктора розміщені в корпусі. Редуктор обладнаний лабіринтовими ущільненнями для роздільного змащення підшипників і зубчастої пари.

Корпус редуктора обладнаний під установлення датчиків обертання шестірні вимірювача швидкості.

При монтажі корпусу редуктора на колісній парі необхідно встановити верхню і нижню половини редуктора з попереднім закладенням мастила в порожнини підшипників і в лабіринтові ущільнення і затягнути болти з'єднання половин корпусу редуктора і лабіринтових кришок. Нижня частина зубчастого колеса повинна знаходитись в мастилі. В процесі експлуатації необхідно контролювати рівень мастила в редукторі, який визначається на порожньому вагоні і повинен відповідати нижній кромці нарізного отвору для оглядової пробки.

Підвішування редуктора до рами візка здійснюється зчленованою підвіскою, яка з'єднана з корпусом редуктора через сферичний підшипник. Такий же шарнір використаний і в з'єднанні серги з болтом, де він служить для запобігання зусиллям у болті. При цьому другий кінець болта закріплюється на кронштейні рами за допомогою спеціальних гайок через гумометалеві амортизатори.

Підвіска редуктора має запобіжний пристрій, який складається з кронштейна поперечної балки рами візка, запобіжної вилки, закріпленої на кронштейні через зубчасту нарізку на прилеглій площині, і має отвір, в який з зазором входить виступ кришки редуктора. Регулювання зазора, необхідного для вільного повороту корпусу редуктора при прогині ресорного підвішування, здійснюється переміщенням запобіжної вилки.

Задній візок вагона 81-717.5М обладнаний двома метельниками-рейкозмащувачами, призначеними для змащування бічних внутрішніх поверхонь головок рейок з метою зменшення тертя між гребенем колеса і рейкою при проходженні кривих ділянок колії.

Рейкозмащувач виконаний у вигляді єдиної зварної конструкції з резервуаром і корпусом і кріпиться на кронштейнах рами візка болтами через проміжні втулки. У верхній частині

резервуара є пробка для заливання мастила, а в нижній – кран зі шпинделем, що регулює доступ маслтила до гноту.

Виготовлений з повсті гніт кріпиться до корпусу за допомогою кришки, яка притискає його до корпусу і фіксує його притискними штирями. Між кришкою і корпусом встановлюються пластинчасті пружини. При заливанні мастила в резервуар шпиндель загвинчується до відмови, а потім відпускається на один оборот.

Центральне підвішування складається з двох підвішених на зчленованих підвісках піддонів, на які спираються по два комплекти дворядних пружин. Кожна зчленована підвіска складається з кованої серги і двох штампованих підвісок, шарнірно з'єднаних між собою. Поверх пружин через гумові прокладки встановлена центральна балка коробчатого перетину, що має сферичний підп'ятник і бічні ковзуни для опори кузова на візки. Сумарний зазор між ковзунами візка і ковзунами рами кузова для обмеження бічного хитання повинен бути не більше 6 мм. Регулюють зазори додаткові прокладки на шворневій балці кузова. Через п'ятниковий пристрій проходить запобіжний шворінь.

Центральне підвішування має запобіжний пристрій, призначений для запобігання падінню на колію вузлів і деталей при обриві підвіски, і складається зі сталевих скоб, закріплених на рамі візка.

Амортизатор (гідравлічний гаситель коливань) центральний служить для гасіння вертикальних і горизонтальних (поперечних) коливань кузова щодо рами візка. На візках під кутом 35° до горизонтальної площини встановлені два амортизатори, що забезпечує гасіння як вертикальних, так і горизонтальних коливань. Одним кінцем амортизатор кріплять до рами візка, другим – до рами вагона.

Амортизатор складається з робочого циліндра, в якому переміщується шток з клапаном. У нижній частині циліндра розташований нижній клапан, за конструкцією аналогічний клапану штока. Їх основними елементами є сам клапан, пружини і спеціальні гайки для кріплення клапанів.

У верхню частину циліндра вставляють спеціальну головку з отворами для сполучення з зовнішньою порожниною

амортизатора. Ущільнення штоку здійснює гумова манжета, яку знизу підтискає пружина, а зверху – гайка. У верхню частину зовнішнього циліндра (корпусу) вкручена натискна гайка. На шток надіта запобіжна кришка з кожухом і верхня головка кріплення амортизатора. Через нерівність об'ємів надпоршневих порожнин амортизатор забезпечений додатковою зовнішньою порожниною між робочим циліндром і корпусом.

Під час зворотно-поступального руху штоку з поршнем відносно циліндра робоча рідина дроселює через клапани штоку і нижнього клапана амортизатора: на ході стиснення – в нижньому клапані, на ході розтягування – в клапані штоку. Реалізований опір пропорційний квадрату швидкості штоку. Процес наповнення робочих порожнин циліндра здійснюється почерговим відкриттям: на ході розтягування – клапана штоку, а на ході стиснення – нижнього клапана за рахунок твірних перепадів тиску між порожнинами. Зусилля на штоку амортизатора при ході стиснення і розтягування знаходяться в межах 400÷600 кгс. Максимальний хід поршня – 80 мм.

Підвіска тягових двигунів – опорно-рамна. Для виключення навантаження моторних кронштейнів і поперечних балок рами моментом від ваги двигуна його підвіску здійснюють таким чином: вузол кріплення, розташований на верхніх моторних кронштейнах, виконують шарнірним у вигляді циліндричної скалки, запресованої в приливки корпусу двигуна. Скалка відділена від стінок кронштейна рами і скоби гумометалевими прокладками. Затягування болтів і кріплення скоби повинно виконуватися манометричним ключем.

Нижній вузол кріплення двигуна виконаний у вигляді реактивної тяги, що являє собою трубу, в яку з обох боків на нарізці вкручені болти з гумометалевими шарнірами, застопореними в трубі за допомогою конусних втулок і гайок. Валики гумометалевих шарнірів мають цапфи клинової форми. Одним кінцем реактивна тяга прикріплена до двигуна через клинове з'єднання, а іншим – до кронштейна, розташованого на другій поперечній балці.

Реактивна тяга дозволяє проводити регулювання співвісності валів двигуна і редуктора в горизонтальній площині, а також забезпечує фіксацію двигуна і передачу реактивної сили, що

виникає при його роботі, на другу поперечну балку. Регулювання установлення тягового електродвигуна і редуктора проводять таким чином:

- встановлюють двигун і фіксують його положення шляхом закріплення реактивної тяги, щоб зазор між двигуном і віссю в горизонтальній площині становив 10÷15 мм;

- встановлюють підвіску редуктора в положення, що дозволяє з'єднати дві напівмуфти карданної муфти;

- встановлюють зазор 5^{+2} мм між валами двигуна і редуктора шляхом переміщення і фіксації двигуна в положенні, паралельному осі колісної пари.

Після цього виконують регулювання співвісності валів двигуна і редуктора в горизонтальній площині шляхом обертання реактивної тяги. Неспіввісність в горизонтальній площині допускається до 3 мм зі зміщенням вала тягового двигуна тільки всередину візка. Потім проводять затяжку болтів цапф верхніх кронштейнів двигуна, фіксацію болтів бічних упорів.

При монтажі і демонтажі двигуна на візку необхідно дотримуватися особливої обережності, щоб уникнути пошкодження відкритого місця осі колісної пари.

Карданна муфта призначена для передачі крутного моменту від двигуна на колісну пару і компенсації неспіввісності вала двигуна і вала редуктора, що виникає в результаті взаємного переміщення колісної пари і двигуна на рамі візка.

Муфта складається з двох однакових напівмуфт, які після установлення на кінцях валів сполучають між собою болтами по тугій посадці.

Кожна напівмуфта складається з кулачка з двома цапфами, на які надягають ролики, а з торців – кріплять ковпачки. Крім передачі зусиль на корпус муфти, ролики одночасно служать обоймами голкових підшипників, на яких здійснюється їх обертання навколо цапфи. Ковпачки служать для опори стакана корпусу, тому їх поверхня виконується сферичною. Кулачок надівають на кінець вала з нагріванням в масляній ванні до температури 175 °С і закріплюють гайкою зі сферичною поверхнею, яка, крім кріплення кулачка, виконує функцію опори центрувальної шайби для обмеження розбігу карданної муфти в осьовому напрямі.

Цапфи кулачків роликами заходять в прорізи корпусу (у вилки). Бічні упори вилки в зоні контакту з роликом кулачка наплавляються електродом. Вилки укладені в стакани, які спираються на сферичні поверхні ковпачків на цапфах кулачка. Стакани кожної напівмуфти скріплюються болтами, що проходять через фланцеве кільце і фланець вилки. Між торцем стакана і фланцевим кільцем закріплюється масломісткий щит з манжетою. У стаканах напівмуфт передбачені отвори для поповнення мастила без розбирання муфти. При з'єднанні напівмуфт між ними вставляють центрувальну шайбу, яка обмежує розбіжність муфти уздовж своєї осі і перешкоджає сповзанню корпусу з кулачків при неспіввісності з'єднаних валів. Регулювання муфти виконують як за величиною осьової розбіжності, так і за перевищенням осі двигуна над віссю редуктора згідно з технічними нормами і допусками.

Вентиляція кабіни керування – механічна, примусова, призначена для подачі повітря в кабіну як під час руху поїзда, так і під час його запланованих і змушених зупинок. Продуктивність системи вентиляції не більше 69 $м^3$/год.

Вентиляційна установка складається із забірного пристрою з фільтрувальним елементом, вентиляційного агрегату і роздавального повітропровода.

Керування вентиляцією здійснюється перемикачем, розміщеним поруч з розподільником повітря, що дозволяє регулювати швидкість обертання вентилятора, а отже, і об'єм, який подається в кабіну.

Вентиляція салону вагонів 81-717.5М і 81-714.5М природна припливно-витяжна (аварійна – примусова), призначена для забезпечення пасажирів повітрям під час руху поїзда і при його змушених зупинках.

Припливно-витяжна природна вентиляція салону здійснюється під час руху поїзда: повітря нагнітається в салон через забірні черпаки, розташовані на даху вагона, і через роздавальні решітки.

Примусова аварійна система вентиляції салону призначена для забезпечення пасажирів повітрям при тривалій зупинці поїзда в тунелі. Вона складається з трьох спарених вентиляційних агрегатів, розташованих під шестимісними диванами. Кожен

вентиляційний агрегат має електродвигун, на вал якого з двох боків насаджені ротори відцентрових вентиляторів. Забір повітря при цьому здійснюється через всмоктувальні решітки, розташовані на боковині кузова вагона, фільтрувальні елементи і парканні повітропроводи.

Роздача повітря по вагону проводиться через нагнітальні повітропроводи та роздавальні решітки, вбудовані в алюмінієві наличники вікон.

Система пожежної сигналізації, яка сповіщає машиніста про пожежну ситуацію в апаратному відсіку, встановлена в головному вагоні.

Система складається з п’яти пожежних локомотивних вогнегасників типу ІПЛ 104-2 і панелі пожежної сигналізації з реле і зі світлопроводом, встановлених в апаратному відсіку, а також з ламп сигналізації з тонально-викличним пристроєм на пульті керування.

Принцип роботи системи пожежної сигналізації полягає в наступному. При зростанні температури в апаратному відсіку вище температури спрацьовування пожежних сповіщувачів відбувається розмикання їх контактів (одного або декількох сповіщувачів) і розривається коло живлення котушки реле. Замикаються контакти, підключаючи кола сигнальної лампи, подається звуковий сигнал, який сповіщає про створення пожежонебезпечної обстановки.

У разі виникнення пожежі в апаратному відсіку хвостового вагона вмикаються сигнальні лампи і подається звуковий сигнал в кабінах головного і хвостового вагонів. Сповіщувач ІПЛ 104-2 складається з корпусу і змінного контактного блоку з двома пружинними пластинками, з’єднаними між собою заклепкою з легкоплавкого сплаву. Світлодіод на панелі пожежної сигналізації своїм світінням сигналізує, що система ввімкнена і знаходиться в готовності до роботи.

Температура спрацьовування сповіщувача ІПЛ 104-2 – 110 °С.

Для гасіння пожежі в кабіні і в апаратному відсіку передбачені вогнегасники ВУ-5 та ВП-5, встановлені в кабіні машиніста. Шланг від вогнегасника ВП-5 виведений в апаратний відсік, важіль пістолета постійно зафіксований у відкритому положенні.

2.9.2. Вагони метрополітену серій 81-720.1 і 81-721.1

Вагони моделі 81-720.1 і 81-721.1 – тип експериментальних електровагонів метрополітену з асинхронним тяговим приводом. Всього було випущено один головний вагон з кузовом нової конструкції і асинхронними тяговими електродвигунами і три вагони супроводу, конструктивно ідентичні вагонам 81-717.

Технічні дані вагонів наведено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7

Основні технічні дані вагонів серій 81-720.1 і 81-721.1

Параметр	Значення	
	81-720.1	81-721.1
Довжина по осях головок автозчепного пристрою, мм	19650	19210
Висота порожнього вагона від рівня головки рейки, мм	3700	
Ширина, мм	2712	
Висота рівня підлоги над головкою рейки, мм	1100	
Кількість розсувних дверей пасажирського приміщення з кожного боку вагона, шт.	4	
Маса тари вагона, не більше, т	35,5	34
Конструкційна швидкість, км/год	90	
Кількість місць для сидіння, шт.	40	44
База візка, мм	2100	
Діаметр колеса по колу кочення, мм	780	
Освітлення салону	Люмінісцентне	

В основі конструкції нової моделі 81-720.1/721.1 лежали серійні вагони 81-717/714, найбільш істотними змінами в яких стали нова подовжена кабіна машиніста, обводи кузова, система вентиляції та застосування асинхронного тягового обладнання.

Вагон 81-720.1 має суцільнометалевий кузов звареної конструкції з обшивкою з міцної листової сталі. Кузов головного вагона 81-720.1 має велику за довжиною кабіну машиніста і

подовжену раму. Основними частинами кузова є рама, бічні стінки, лобові та кінцеві частини, дах і металева підлога. Крім цього, в кузові вагона розташована суцільна металева перегородка, що відокремлює кабіну машиніста від пасажирського салону. По торцях рами розміщені ударно-поглинальні апарати з автозчепленням Шарфенберга, що автоматично з'єднують пневмомагістралі та електричні контакти зчіпних вагонів.

Лобова частина вагона з кабіною має витягнуту форму з невеликим звуженням за шириною та висотою даху в передній частині в порівнянні з шириною і висотою основної частини кузова; з боків від звуження на рівні рами є виступи, що за шириною відповідають основній частині, також виступ на рівні рами є спереду. Для входу та виходу машиніста з лівого боку є одностулкові ручні двері. Торець в лобовій частині має плоску форму. У лівій частині торця кабіни розташовуються аварійні евакуаційні двері з висувним трапом для можливості безпечної евакуації пасажирів в разі аварії, а робоче місце машиніста зміщено з центру в праву частину кабіни. Буферні ліхтарі вагона розміщуються під лобовим склом і з кожного боку мають по три лампи.

Бічні стінки і задня частина кузова складені з вертикальних стояків, підвіконних балок і верхнього листа. З кожного боку вагон має по четверо парних автоматичних дверей, розрахованих на високі платформи станцій метрополітену. Як обшивка в нижньому і верхньому поясах змонтовані сталеві гофровані листи.

Дах вагона через установлення системи примусової вентиляції і відсутність вентиляційних черпаків є похилим і має практично плоску форму з похилими боками. Для вентиляції салону в бічній похилій частині даху з кожного боку вирізані по сім потрійних повітрозабірних решіток. Над кабіною машиніста встановлений кондиціонер, а рівень даху занижується у напрямку до головного торця.

Вагон має два моторні двовісні візки з індивідуальною підвіскою колісних пар, конструктивно ідентичні візкам 81-717/714.

Рама візка спирається на кожну буксу через дві циліндричні кручені пружини. У центрі візка розташовується центральна балка, поєднана запобіжним шворнем з кузовом вагона. Кузов спирається на центральний п'ятник балки, а для усунення бічного хитання на балці встановлені бічні гумові ковзуни (виконані у вигляді роликів). Вага центральної балки на основну раму візка передається через центральне ресорне підвішування, піддон і зчленовані підвіски. Центральне ресорне підвішування візка виконано з чотирьох (по два з кожного боку) дворядних кручених циліндричних пружин. З боків від коліс розташовуються гальмівні колодки. Колісні пари вагонів цільнокатані.

Як і у вагонів 81-717, візки вагона 81-720.1 мають пневматичні колодкові гальма, розташовані з боків від коліс. Також візки оснащені електронними швидкостемірами і бічними струмоприймачами для живлення від нижньої контактної рейки.

Основна частина електрообладнання розташовується в підвагонному просторі. Значна частина обладнання була уніфікована з електрообладнанням 81-717, але крім стандартного обладнання були встановлені тягові перетворювачі постійного струму в змінний для подачі на асинхронні двигуни, що спричинило збільшення маси вагона. Ящик акумуляторної батареї має оригінальну конструкцію, що забезпечує доступ до батареї через верхню кришку, яка відкривається.

На кожному візку розміщено два асинхронних тягових електродвигуни (по одному на колісну пару), які здійснюють рекуперативне гальмування.

Вагон також оснащений реостатним блоком, що разом з рекуперативним гальмуванням двигунами дозволяє застосовувати реостатне гальмування, яке використовується як основне. Пасажирські сидіння у вагоні розташовані подовжньо спинками до стін вагона з боків від центрального проходу. Сидіння між дверними отворами з кожного боку є шестимісними, в торцевій частині – двомісні.

Оздоблення пасажирського салону вагона 81-720.1 в порівнянні з моделлю 81-717/714 зазнало ряд змін. Була застосована нова обробка стін і підлоги вагона з шумопоглинальних пожежобезпечних матеріалів, вікна мають подвійне скління і з метою кращої шумоізоляції виконані

суцільними без рам і кватирок, оскільки стельова вентиляція цілком забезпечує продування салону свіжим повітрям.

Вентиляція салону – примусова, в стельовій частині вагона між кожною групою повітрозабірних решіток змонтовані сім вентиляційних агрегатів. Стеля вагона є плоскою, по центру над проходом розміщені виступаючі зі стелі решітки вентиляційних агрегатів округлої форми, а з боків від них уздовж салону розміщені люмінісцентні лампи освітлення по одному ряду з кожного боку.

У салоні встановлені поручні зміненої конструкції і сидіння з огорожами. Біля задніх торцевих дверей вагона та дверей переходу з салону в кабіну машиніста встановлені спеціальні блокувальні пристрої для запобігання самовільному відкриттю цих дверей пасажирами та іншими сторонніми особами та проникненню їх в неробочу кабіну та міжвагонний простір.

Кабіна машиніста за рахунок подовження лобової частини вагона є досить просторою. Пульт управління та крісло машиніста розташовуються з правого боку, зліва знаходяться аварійні двері. Пульт управління оснащений електронною системою керування і діагностики складу СМЕТ-М.

2.9.3. Вагони метрополітену серій 81-722, 81-723 і 81-724

Вагони моделі 81-722 – моторні головні, 81-723 – моторні проміжні, 81-724 – причіпні проміжні.

Базова кількість вагонів у складі – шість або вісім, включаючи два головних, два або чотири проміжних моторних і два проміжних причіпних. Технічні дані вагонів наведено в табл. 2.8.

Кузови вагонів суцільнометалеві, виконані зі зварної конструкції з несучою зовнішньою обшивкою з нержавіючої сталі. Рама кузова виготовляється з низьколегованої сталі підвищеної міцності. По торцях рами розташовані автозчеплення Шарфенберг. Основною відмінністю лобової частини головних вагонів є змінена форма лобового скла, розташування фар і відсутність виступаючої передньої панелі на рівні пульта машиніста. У правій частині кабіни на рівні нижче лобового скла знаходиться відкидний аварійний вихід з висувною драбиною.

Світлосигнальні прилади на кабіні розташовані по краях лобової частині головного вагона.

Таблиця 2.8

Основні технічні дані вагонів серій 81-722, 81-723 і 81-724

Параметр	Значення		
	81-722	81-723	81-724
Довжина по осях головок автозчепного пристрою, мм	20000	19210	
Висота порожнього вагона від рівня головки рейки, мм	3644		
Ширина, мм	2700		
Кількість розсувних дверей пасажирського приміщення з кожного боку вагона, шт.	4		
Маса тари вагона, не більше, т	29,5	28	24
Конструкційна швидкість, км/год	100		
Кількість місць для сидіння, шт.	36	44	
База візка, мм	2100		
Діаметр колеса по колу кочення, мм	860		
Освітлення салону	Світлодіодне		

З боків кабіни у верхній частині є відеокамери контролю дверей, а на рівні підніжок розташовані світлові прилади контролю відкриття дверей.

Кожен вагон обладнаний чотирма автоматичними двостулковими розсувними дверима з пневматичним або електричним приводом, розрахованими на високі платформи. Двері обладнані вікнами, за висотою аналогічними вікнам салону.

Для запобігання затисненню і травмуванню пасажирів двері оснащені пристроєм уповільнення руху в кінці ходу і механічної фіксації в положенні «зачинено». Над кожним дверним отвором із зовнішнього і внутрішнього боку вагона встановлені світловий і звуковий індикатори, що вмикаються перед закриттям дверей і безпосередньо при закритті. Для зменшення зазора між вагоном і платформою з метою запобігання падінню людей в цей простір дверні прорізи обладнані порогами, які за необхідності можуть

бути легко зняті. Двері кабіни машиніста одностулкові, відкриваються вручну поворотом усередину вагона і також розташовані з двох боків головного вагона.

Основна частина силового і тягового електрообладнання, включаючи тягові інвертори, розташована в підвагонному просторі. Частина тягового і допоміжного обладнання розміщена під причіпними вагонами, що дозволяє оптимізувати кількість обладнання і масу вагонів.

Живлення поїзда здійснюється від нижньої бокової контактної рейки напругою 750 В постійного струму за допомогою двох струмоприймачів, закріплених з кожного боку вагонних візків.

На кожному візку моторних вагонів встановлено два асинхронних тягових електродвигуни виробництва японської компанії Hitachi. У конструкції тягового приводу застосовані нові компонувальні рішення, які спільно з використанням сучасної елементної бази дозволили істотно зменшити розміри і вагу контейнера тягового інвертора і поліпшити його експлуатаційні характеристики.

Пасажирський салон вагонів обладнаний чотирма парними автоматичними розсувними дверима з кожного боку, між якими подовжньо розташовано по шість сидінь для пасажирів (всього 36 сидячих місць), чотири крайніх місця основної групи, розташовані біля автоматичних дверей поблизу торців, є відкидними. Крім основних сидінь в отворах між дверима, у проміжних вагонах також є вісім відкидних сидінь в торцевих частинах вагонів (по два сидіння з кожного боку від проходу кожного торця). У задній торцевій частині салону головних вагонів сидячі місця відсутні для забезпечення більшої місткості в години «пік» і можливості розміщення інвалідних колясок. Загальна кількість сидячих місць в проміжному вагоні становить 44, а в головному – 36.

В обробці салону застосовані вандалостійкі матеріали, що дозволяють легко відмивати фарбу спеціальними засобами на основі слаболужних розчинів на водній основі і відновлювати дрібні пошкодження.

Стеля в салоні має плоску форму і складається з ряду сталевих панелей. По центру над проходом розміщені виступаючі

зі стелі решітки вентиляційних агрегатів, а з боків від них, уздовж салону, дві лінії світлодіодних світильників по одній з кожного боку, що дозволяє знизити енергоспоживання. Поручні в салоні виготовлені з сатинованої нержавіючої сталі.

Пульт управління та крісло в кабіні машиніста розташовані в лівій частині. Всі основні прилади, включаючи контролер, гальмівний кран, кнопки управління системами вагона, монітори контролю параметрів і радіостанцію, розміщені в зоні оперативного доступу машиніста. Контролер має новий безступінчатий принцип управління тягою і гальмуванням поїзда, що дозволяє машиністу плавно задавати величини тягових моментів і гальмівних зусиль. У кабіні є дворівнева мікропроцесорна система управління, безпеки та діагностики.

Зверху перед лобовим склом у кабіні розміщено електронне табло маршрутного покажчика, на якому показується номер маршруту та станція призначення.

Прохід з кабіни в салон знаходиться з правого боку кабіни навпроти аварійних дверей в лобовій частині кабіни. Перед задньою стінкою кабіни за кріслом машиніста розташований апаратний відсік. У ньому знаходиться стояк з блоками системи управління безпеки і діагностики, цифровою інформаційною системою з інтегрованою системою відеоспостереження салону, а також допоміжним пультом і панелями вагонного та поїзного захисту.

2.9.4. Вагони метрополітену серій 81-740 і 81-741

Вагон серій 81-740 і 81-741 «Русич» (рис. 2.99) являє собою конструкцію з двох зчленованих секцій кузова з вільним сполученням салонів через міжсекційний перехід. Кожна секція кузова встановлена на трьох двовісних візках, при цьому крайні візки секції є моторними, а середній – немоторний, підтримувальний.

Вагон моделі 81-740.1 має головну (з кабіною керування) та кінцеву (без кабіни) секції, а моделі 81-741.1 – аналогічні секції без кабіни керування. Кінцеві секції головного і проміжного вагонів аналогічні.

При формуванні поїздів з вагонів моделей 81-740.1 і 81-741.1 вагони моделі 81-740.1 розташовуються в голові і кінці поїзда. Число проміжних вагонів у поїздах повинно бути не більше трьох, а їх загальне число – не більше п’яти.

Рис. 2.99. Загальний вигляд електропоїзда «Русич»

Технічні дані вагонів наведено в табл. 2.9.

Кузови вагонів моделей 81-740.1 і 81-741.1 виконані з двох секцій; кожна секція – суцільнометалева, зварної конструкції з несучою зовнішньою обшивкою з нержавіючої сталі. На всі металеві конструкції кузова з внутрішнього боку нанесено шар віброзахисної мастики; між каркасами бічних стінок, даху і їх обшивкою покладений теплоізолюючий матеріал; зовні кузов пофарбований.

Конструкція кузова складається з таких основних вузлів: рами; бічних стінок; лобової частини (для головної секції вагона 81-740.1); торцевих стінок (для кінцевої секції вагона 81-740.1 і обох секцій вагона 81-741.1); стінок переходу в обох секціях кузова вагонів 81-740.1 і 81-741.1; перегородки в апаратному відсіку (для головної секції); криші секцій; міжсекційного переходу.

Рами секцій кузова мають зварну конструкцію, виконану з швелероподібних балок. Рами складаються з таких конструктивних елементів: двох бічних поясів, які складають разом з кінцевими частинами замкнутий контур; набору поперечних балок і косинців; шворневої, хребтової і кінцевих балок. Хребтові балки розташовані уздовж подовжньої осі вагона

на початку головної і хвостової частини кінцевої секції. До хребтової балки приварені плити, призначені для кріплення гнізд автозчепного пристрою.

Таблиця 2.9

Основні технічні дані вагонів серій 81-740.1 і 81-741.1

Параметр	Значення	
	81-740.1	81-741.1
Довжина вагона по площинах автозчепного пристрою, мм	27820	26900
Ширина вагона, мм, не більше	2712	
Шворнева база вагона, мм	10500	
Висота від рівня головки рейки порожнього вагона, мм, не більше	3590	
Відстань між геометричними центрами крайніх візків, мм	21000	
Висота від рівня головки рейки до осі автозчепного пристрою порожнього вагона, мм	795	
Те саме до опорної площини накачаної пневморесори, мм	969	
Маса тари вагона, кг, не більше	47000	46000
Кількість місць для сидіння, шт.	54	60
Максимальна місткість з розрахунку 8 люд/м^2 вільної площі підлоги (з урахуванням сидячих пасажирів), люд	344	370
Максимальне пасажирське навантаження вагона, т	24,1	25,9
Номінальна місткість з розрахунку 4 люд/м^2 вільної площі підлоги (з урахуванням сидячих пасажирів), люд	200	216
Найбільше статичне навантаження брутто від колісної пари на рейки, т, не більше	13	
Показник плавності ходу вагона, не більше	3,25	
Конструкційна швидкість, км/год	90	
Максимальне прискорення, м/с^2	1,0	
Максимальне уповільнення, м/с^2	1,0	
Величина зміни прискорення (уповільнення) при пуску і службовому гальмуванні, м/с^3, не більше	0,6	

У гніздах автозчепних пристроїв закріплені також подовжні тяги зв’язку моторних візків з кузовом. Шворневі балки служать для опори секцій кузова на моторні візки.

На рамах кузова змонтовано тягове і допоміжне обладнання вагона. Для кріплення обладнання до рами приварені кронштейни та додаткові балки, виготовлені з різних прокатних і штампованих профілів. Поперечні балки по всій довжині мають отвори для прокладення трубопроводів і кондуїтів.

Бічні стінки секцій кузова являють собою зварний металевий каркас, виконаний з вертикальних стояків, підвіконних балок, верхнього і нижнього поясів. Із зовнішнього боку каркас обшитий плоскими листами з нержавіючої сталі, які з внутрішнього боку підкріплені гофрованими листами, привареними до зовнішніх контактним зварюванням.

У бічних стінках передбачені отвори для установлення розсувних дверей салону і вікон, а також передбачені різні елементи кріплення для розміщення пасажирських сидінь і обладнання систем опалення та вентиляції салону. На бічних стінках головної секції вагона моделі 81-740.1 додатково передбачені прорізи під установлення зсувних дверей кабіни машиніста. У нижній частині бічні стінки закінчуються звисами.

Торцеві стінки вагонів виконані з вертикальних стояків, поперечин і силових поясів з нержавіючої сталі і обшиті гладкими листами. У конструкції торцевих стінок передбачені прорізи для торцевих дверей і вузьких глухих вікон.

Дах кожної секції кузова арочного типу виконаний з дуг, які спираються на верхні силові пояси стінок переходу, а також з бічних, торцевих і подовжніх силових елементів і обшивальних гофрованих листів з нержавіючої сталі.

Моторні візки є ходовими частинами вагонів, які несуть тягові двигуни і призначені для приведення вагона в рух.

Передній моторний візок складається з таких основних вузлів: рами; двох колісних пар; чотирьох вузлів буксового ресорного підвішування; тягового асинхронного приводу (електродвигуни, редуктори, передавальний механізм і інші пристрої передачі обертання); пневматичного центрального підвішування з пневморесорами і гальмівних пристроїв (блок-гальм).

Весь комплекс обладнання, що забезпечує роботу візка, змонтований в основному на рамі візка або з опорою на нього.

Передній і задній моторні візки за конструкцією подібні. До відмінностей моторних візків головного вагона відносяться відмінність довжини горизонтальних тяг зв'язку візків з кузовом (на передньому візку тяга має велику довжину) та їх спрямування, а також наявність на передньому візку додаткових кріпильних елементів для обладнання системи автоматичних гребенезмащувачів АГЗ-8М.720 і підвіски приймальних котушок АРШ. Крім того, на передньому візку встановлені бруси струмоприймачів, на одному з яких розміщений зривний клапан автостопа.

На проміжних вагонах конструкції моторних візків подібні головним, окрім відсутності струмоприймача на задньому візку.

Немоторні візки є проміжними, підтримувальними, на них спираються головна та кінцева секції кузова вагона.

Основними відмінностями немоторних візків від моторних є відсутність тягового електроприводу і горизонтальної тяги, а також наявність центрального пневморесорного підвішування і центральної балки для установлення і кріплення на ній секцій кузова.

Через центральну балку немоторний візок забезпечує сприйняття, розподіл і передачу навантаження від двох секцій кузова на колію, напрямок руху вагона по рейковій колії, а також всі види електропневматичного і пневматичного гальмування.

Технічні характеристики візків наведено в табл. 2.10.

Рами всіх візків (рис. 2.100) є несучими елементами, являють собою жорсткі зварні конструкції коробчатого перерізу, замкнутої форми і виконані з низьколегованої маловуглецевої сталі 09Г2Д.

Рама моторного візка складається з центральної балки, двох подовжніх і двох кінцевих балок.

Центральна балка рами має кільця для кріплення пневморесор центрального пневматичного підвішування, отвір під центральний упор для установлення горизонтальної тяги, яка другим кінцем закріплена на рамі кузова, і кілька отворів для розміщення елементів підвішування одного боку тягових приводів (редукторів з електродвигунами). Інший бік тягового

приводу кріпиться до кінцевих балок за допомогою регулювальних тяг.

Таблиця 2.10

Технічні характеристики візків

Параметри	Значення	
	Моторний	Немоторний
Маса візка, кг	7800	5800
Маса колісної пари, кг	1800	1200
База візка, мм	2150	
Габаритні розміри візків, мм: - ширина - довжина - висота	 2690 4127 1059	 2690 3440 1115
Маса тягового двигуна, кг, не більше	805	-
Потужність тягового двигуна, кВт	170	-
Число тягових двигунів, шт.	2	-
Ресорне підвішування	Двоступінчасте з пружинним буксовим і пневматичним центральним підвішуванням	
З’єднання колісних пар з рамою	Букса з шарнірно-важільним механізмом	
З’єднання візка з кузовом	Горизонтальна тяга	Шворень
Підвіска тягового приводу	Опорно-рамна	-

На подовжніх балках кріпляться сферичні шарніри букс і буксові амортизатори. У конструкції рами передбачені різноманітні кронштейни, втулки та інші силові елементи для установлення і кріплення обладнання візка та інших систем, змонтованих на візках.

На рамі немоторного візка передбачені також елементи під установлення міжсекційного переходу. Колісні пари виконані з суцільнокатаними колесами і важільними буксами з роликовими підшипниками. Технічні характеристики колісної пари моторного і немоторного візків подані в табл. 2.11.

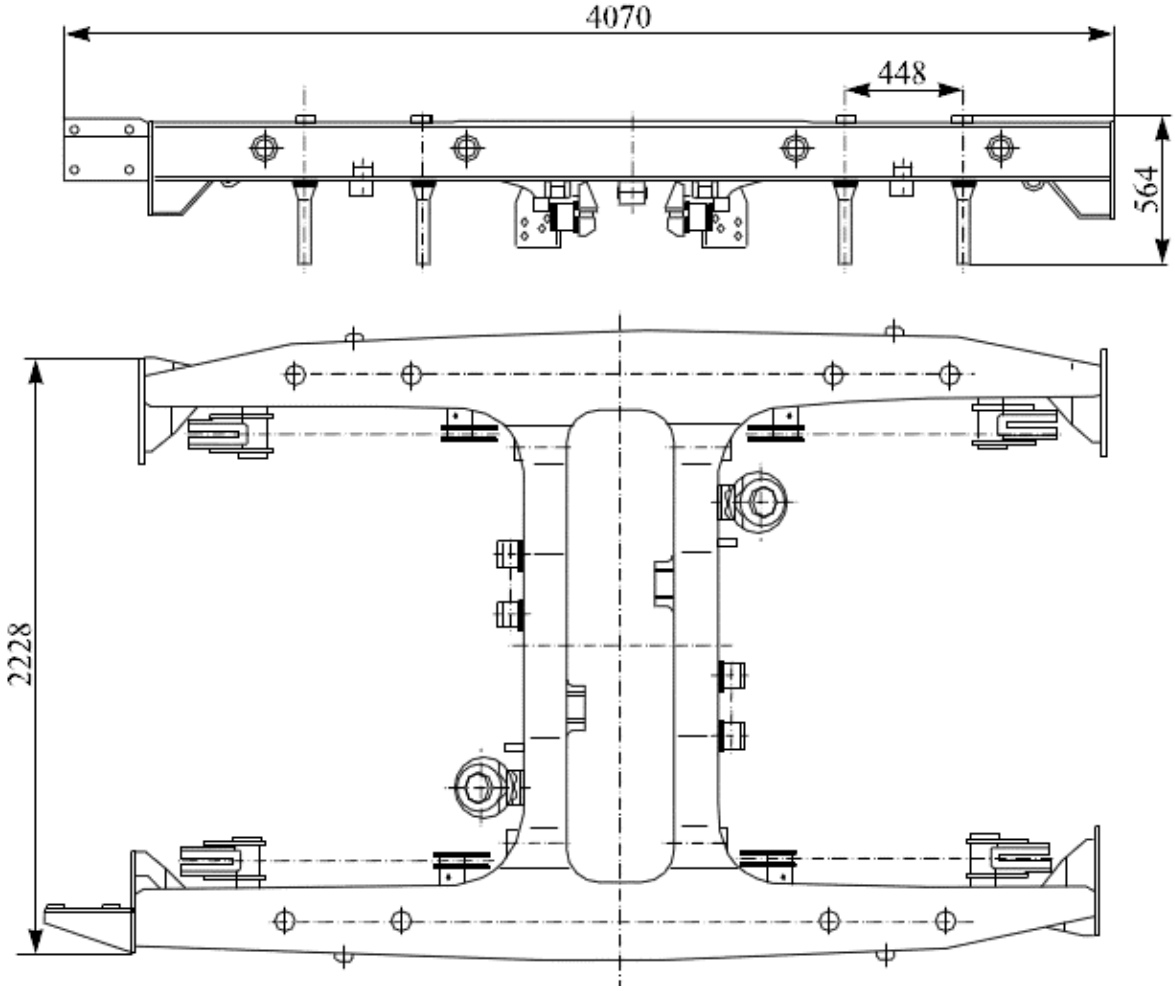


Рис. 2.100. Рама візка електропоїзда 81-740

Таблиця 2.11

Технічні характеристики колісних пар візків

Параметри	Значення	
	Моторний	Немоторний
Ширина, мм	2478	
Діаметр колеса по колу кочення, мм	860	
Діаметр шийки осі колісної пари, мм	130	
Відстань між внутрішніми гранями коліс, мм	1440	
Товщина гребеня колеса, мм	33	
Маса, кг	1800	1200

Колісні пари моторного візка додатково комплектуються передавальним механізмом і редуктором. На вісь колісної пари насаджується фланець. Вихідний вал двигуна з’єднаний з

фланцем і через передавальний механізм за допомогою фланця – з віссю колісної пари. Між віссю і вихідним валом вільно встановлено кільце, що складається з двох половин.

На осьових шийках колісної пари закріплені букси, кожна з яких має по два циліндричних роликових підшипники зі встановленими між ними кільцями. Від осьових переміщень букси утримуються болтами через тарілчасті шайби і кільця. Під гайками болтів розташовані гнучкі шайби, які оберігають їх від відгвинчування.

На буксах є маслянки, через які поповнюється мастило.

Сферичний шарнір своїми валиками кріпиться до кронштейнів рами візка, а другий кінець букси служить для установлення пружин і кріплення амортизатора. На одній з букс на всіх візках розміщуються струмовідводи типу УТ-01У2.

Колісна пара немоторних візків не має передавального механізму і редуктора. Решта її деталей аналогічні колісній парі моторного візка.

Граничні параметри зносу (ушкоджень) колісних пар, при яких забороняється експлуатація вагонів, такі:

- рівномірний прокат колеса по колу кочення для першого візка зі встановленим зривним клапаном – більше 3 мм, для всіх інших колісних пар, включаючи окремі вибоїни, – більше 5 мм;
- товщина гребеня колеса, виміряна на відстані 18 мм від вершини гребеня, більше 33 мм і менше 25 мм;
- наявність вертикального підрізу гребеня (контролюється шаблоном) або його гострокінцевого накату;
- наявність повзуна (вибоїни) на поверхні кочення глибиною більше 0,3 мм (допускається не більше трьох повзунів на одне колесо);
- наявність тріщини або розшарування в будь-якому елементі, відколу або раковини в ободі колеса;
- нагрів підшипників редуктора і корпусу букси в зоні підшипників колісної пари по відношенню до температури навколишнього середовища – понад 35 °С.

Ресорне підвішування – двоступеневе, складається з буксового і центрального ступенів. У буксовому ресорному підвішуванні використовуються циліндричні пружини і буксові амортизатори, а в центральному – пневморесори діафрагмового

типу та центральні амортизатори. На кожному візку передбачено чотири вузли буксового підвішування. Підвішування забезпечується з одного боку буксовими пружинами, а з іншого – буксовими амортизаторами з регулювальною клапанною системою.

Амортизатор (гідравлічний гаситель коливань) буксовий – багато в чому аналогічний центральному і складається з силового циліндра, корпусу, штока, поршня, кожуха, донної шайби. Корпус кріпиться до букси, а верхня частина штока – до рами візка. Гасіння коливань відбувається під час руху штока відносно силового циліндра внаслідок дроселювання рідини, проходить через отвори клапанних блоків, вбудованих в поршень і днище циліндра (донна шайба).

Під час руху вагона шток разом з кожухом здійснює зворотно-поступальний рух (вгору-вниз). Процес наповнення робочих порожнин циліндра здійснюється почерговим відкриттям на ході розтягування – клапана штока, а на ході стиснення – нижнього клапана, за рахунок перепадів тиску, що утворюються між порожнинами.

Тяговий привод включає в себе тяговий електродвигун, редуктор та інші його елементи, що забезпечують передачу крутного моменту від електродвигуна на колісну пару. Передача моменту на вісь колісної пари здійснюється від електродвигуна через компенсаційну муфту.

На моторному візку встановлено два тягових приводи з електродвигунами, редукторами і передавальними механізмами.

Кріплення приводів до кінцевих балок рами здійснюється тягами, за допомогою яких регулюється відстань між віссю колісної пари і вихідним валом.

Редуктор кріпиться до кінцевої балки також регулювальними тягами, закріплення яких виконано за допомогою шарнірних з’єднань. Конструктивно редуктор складається з рознімного корпусу; вала-шестірні; проміжної шестірні, встановленої на валу, і вихідного вала з зубчастим вінцем. Вихідний вал обертається на кулькових і роликових підшипниках і складається з маточини і зубчастого вінця, скріплених між собою болтами. Вал з підшипниками з двох боків закритий кришками. Рознімний корпус редуктора складається з верхнього і нижнього картерів. У

верхній частині встановлені вал-шестірня і проміжна шестірня з валом, у нижній – вихідний вал, який з'єднаний з віссю колісної пари.

Через корпус редуктора, електродвигун і кінцеву балку пропущений запобіжний трос. Електродвигун і редуктор з'єднані компенсаційною муфтою і перехідним фланцем, кріплення якого здійснюється болтами. У нижній частині фланця є отвір, закритий пробкою, для зливу мастила, а у верхній частині – пробка для заправки мастила і сапун для випуску повітря.

Компенсаційна муфта призначена для передачі крутного моменту від електродвигуна до редуктора, а також для захисту деталей приводу від динамічних перевантажень при перевищенні допустимих значень крутного моменту.

Центральне підвішування моторного візка здійснюється за допомогою пневморесор, встановлених на центральній балці рами візка.

Основний елемент пневморесори – гумокордова оболонка діафрагмового типу, заповнена повітрям. Повітря надходить в оболонку з напірної магістралі пневмосистеми вагона через штуцер. Оболонки пневморесор з'єднуються між собою пропускним швидкодіючим клапаном. Кожна пневморесора управляється регулятором положення кузова, який залежно від завантаження вагона автоматично змінює тиск в оболонці пневморесори, підтримуючи встановлену відстань між рамою кузова і візка з певним ступенем точності.

При виникненні різниці тисків більше 1,5 кгс/см^2 в пневморесорах одного візка (завал кузова або пошкодження гумокордової оболонки) спрацьовує перепускний швидкодіючий клапан і повітря з пневморесор аварійного візка стравлюється в атмосферу. При цьому в систему керування рухом надходить сигнал і за запитом машиніста визначається номер несправного вагона. Подальший рух поїзда слід продовжувати зі зниженою швидкістю 20÷30 км/год.

Пневморесорне підвішування головної і кінцевої секцій кузова вагона на немоторному візку виконано за допомогою центральної балки коробчатого перетину, яка двома опорами закріпляється на пневморесорах, встановлених на центральній балці рами візка, третім кінцем спирається на кронштейн кінцевої

балки рами візка за допомогою шарнірного підшипника. Кузовні секції вагона за допомогою п’ятників і підп’ятників встановлюються на опори центральної балки і фіксуються шворнями. Для гасіння коливань кузова при роботі пневморесорного підвішування на моторних візках передбачено два центральних амортизатори, а на немоторних візках – чотири таких амортизатори.

Автоматичний гребенезмащувач АГЗ8М.720 призначений для зниження інтенсивності зносу гребенів коліс і внутрішньої бокової поверхні рейок і встановлений на передньому візку вагона 81-740.1.

До складу устаткування АГЗ-8М.720 входять масляний бак місткістю 15 л; дві форсунки клапанного типу (ліва і права); з’єднувальні елементи (повітряні та гідравлічні). Масляний бак розміщується на рамі в передній частині візка перед першою колісною парою. Форсунки розташовуються на відстані 25±3 мм від поверхні гребеня колеса і 25 мм від поверхні кочення. Ці розміри підлягають періодичному контролю і регулюванню.

Двері салонів вагонів – розсувні, двостулкові, моделі Finslide 2L, приставно-зсувного типу, призначені для входу та виходу пасажирів. З кожного боку вагона встановлено по чотири двері – всього вісім дверей на кожному вагоні (по чотири на кожну секцію).

Опалення та вентиляція салонів вагонів забезпечується тепловентиляторами систем опалення та вентиляції салону, які здійснюють:

- примусову подачу очищеного зовнішнього повітря в салон вагона в режимі «Вентиляція»;
- примусову подачу очищеного і підігрітого зовнішнього повітря в салон вагона в режимі «Опалення».

Тепловентилятори, повітропроводи, фільтри та інші елементи системи розміщені в салонах в стельовому просторі кузовних секцій вагона.

Протипожежна система вагона складається з теплових датчиків диму і модулів порошкового гасіння «Буран-0,3» і «Буран-0,5».

2.9.5. Вагони метрополітену серій 81-760 і 81-761

Вагон моделі 81-760 є моторним головним (Мг), вагон моделі 81-761 – моторним проміжним (Мп).

Електропоїзди формуються з двох головних моторних вагонів з кабінами управління моделі 81-760 і декількох проміжних 81-761. Мінімальна кількість вагонів у складі поїзда – два (тільки головні вагони), максимальна – вісім (два головних і шість проміжних). Проміжні причіпні вагони, як правило, включаються в середину складу. Наявність в складі причіпних проміжних вагонів не погіршує динамічні характеристики поїзда і дозволяє йому експлуатуватися нарівні з іншими складами і долати всі допустимі в метрополітенах ухили.

Технічні дані вагонів наведено в табл. 2.12.

Таблиця 2.12

Основні технічні дані вагонів серій 81-760 і 81-761

Параметр	Значення	
	81-760	81-761
1	2	3
Довжина по осях головок автозчепного пристрою, мм	20120	19140
Висота порожнього вагона від рівня головки рейки, мм	3680	
Ширина, мм	2686	
База вагонів, мм	15000	
Кількість розсувних дверей пасажирського приміщення з кожного боку вагона, шт.	4	
Ширина дверного прорізу при відкритих дверях, мм	1250	
Маса тари вагона, не більше, т	38	36
Конструкційна швидкість, км/год	90	
Кількість місць для сидіння, шт.	40	44
Діаметр колеса по колу кочення, мм	860	
Освітлення салону	Світлодіодне	

Кузови вагонів суцільнометалеві звареної конструкції, з несучою зовнішньою обшивкою. Рама кузова виготовлена з низьколегованої сталі підвищеної міцності, обробленої антикорозійними покриттями. Стінки кузова і дах виготовлені з нержавіючої сталі. Жорсткість конструкції зберігає геометрію внутрішнього простору пасажирського салону при впливі сили стиснення до 50 тонн і розтягування до 35 тонн, що в більшості випадків дозволяє уникнути травм у пасажирів в разі аварії. Довжина кузова головних вагонів становить 20120 мм, а проміжних – 19140 мм. Термін служби кузова становить не менше 35 років.

По торцях всіх вагонів на рівні рами встановлені автозчеплення Шарфенберг. Ходова частина забезпечує зчеплюваність вагонів при швидкостях руху до 5 км/год.

Лобова частина головних вагонів має невеликий нахил з плавним вигином назад при переході лобової стінки від низу до верху. У вагонів 81-760 і 81-760А з правого боку лобової частини є торцеві передні евакуаційні двері зі сходами всередині. У вагонів 81-760Б евакуаційні двері відсутні та лобове скло суцільне. На головній частині вагона розташовані антени для зв’язку, безпровідного інтернету і передачі відеосигналу з камер спостереження.

Буферні ліхтарі у головних вагонах 81-760 і 81-760А розташовані горизонтально і мають прямокутний перетин.

Бічні стінки вагонів гладкі і прямі для зручності автоматичної мийки та забезпечення хороших динамічних характеристик. У головних вагонів з боків кабіни машиніста розташовані вікна і одностулкові двері, а також камери відеоконтролю закриття дверей, які транслюють зображення вздовж борту складу на пульт машиніста. У головних вагонах для входу машиніста по обидва боки передбачені одностулкові поворотні двері, що відкриваються всередину.

Торцеві проміжні стінки поїздів гладкі та прямі і мають по центру торцеві двері для можливості службового проходу між вагонами, а також два вікна з боків. Для підвищення зручності та безпеки проходу над автозчепленнями у проміжних торцях змонтовані невеликі перехідні площадки, а з боків від дверей зовні і зсередини є вертикальні поручні.

У поїздах між вагонами установлені герметичні міжвагонні переходи типу «гармошка» виробництва компанії Hubner, що забезпечують наскрізний прохід пасажирів по складу та збільшують його місткість за рахунок можливості проїзду їх в міжвагонному переході. Міжвагонний перехід має дві гармошки – зовнішню і внутрішню. За зовнішньою шириною та висотою переходи близькі до ширини вагонів. Зовнішня «гармошка» має прямокутну форму зі скругленнями кутів, внутрішня в нижній частині звужується по діагоналі. Переходи мають високий ступінь звукової та теплоізоляції і сприяють рівномірному розподілу повітря за складом, усуваючи «мертві» кліматичні зони.

Дах вагонів має плоску форму з невеликими бічними скатами і двома заглибленнями поблизу торців, у яких встановлюються кондиціонери. У проміжних торцях вагона встановлюються широкі кондиціонери з двома вентиляторами для пасажирського салону, а у лобовій частині головного вагона в поглибленні збільшеної довжини розташовуються невеликий кондиціонер кабіни машиніста з одним вентилятором і ззаду нього – стандартний салонний широкий кондиціонер з двома вентиляторами.

Вагони мають по чотири дверні прорізи з кожного боку для входу і виходу пасажирів, розрахованих на високі платформи станцій метрополітену. Ширина дверного прорізу складає 1250 мм. Кожен дверний проріз оснащений двостулковими дверима виробництва компанії IFE з пневматичним приводом. У верхній частині кожної стулки встановлений склопакет з округленими кутами.

Кабіна управління має дві одностулкові бічні поворотні двері з вікнами, запірними пристроями та сигналізацією відкриття. Для можливості входу і виходу машиніста з рівня насипу збоку від дверей є поручні, а під ними передбачені вертикальні підніжки. У задній частині перегородки між кабіною і салоном є поворотні двері без вікон з замком і сигналізацією на відкриття для запобігання проходу в кабіну сторонніх осіб з числа пасажирів.

Кожен вагон має два двовісних візки з пневмопідвішуванням. На вагонах 81-760 і 81-761 всіх модифікацій встановлюються моторні візки. Рама візка є її несучим елементом і має замкнуту

зварену конструкцію коробчатого перетину. Виготовлена з низьколегованої маловуглецевої сталі. Рама складається з центральної балки, двох подовжніх балок і двох кінцевих балок. На центральній балці рами встановлені горизонтальна тяга з центральним упором і дві пневморесори, через які на візок спирається рама кузова. На балці також є опори для підвішування тягових приводів з одного боку і опори для підвішування регулювальних тяг з іншого. На подовжніх балках закріплені сферичні шарніри букс і буксові амортизатори, а також гальмівні блоки.

Рама візка спирається на дві колісні пари через комплекти буксового двоступеневого ресорного підвішування. Центральне підвішування безколискове на пневморесорах.

Візки обладнуються фрикційними колодковими гальмівними блоками німецької компанії Knorr-Brems. Візки мають по шість гідравлічних гасителів коливань та дві дошки бічних струмоприймачів. Струмоприймачі розташовані по центру кожного бруса і мають можливість дистанційного відтискання, ручної фіксації відтисненого положення і сигналізації відтисненого стану в кабіну управління.

Передні візки головного вагона дещо відрізняються за оснащенням від задніх візків головних і візків проміжних вагонів, хоча мають аналогічну конструкцію. На передньому візку головного вагона горизонтальна тяга зв’язку візка з кузовом має велику довжину і відрізняється за напрямком, також на ній встановлюються автоматичні гребенезмащувачі, підвіска приймальних котушок АРС і зривний клапан автостопа на одному з брусів струмоприймача.

Колісні пари складаються з осі, двох коліс, двох букс і редукторного вузла на моторних візках. Діаметр колеса по колу кочення становить 860 мм.

Моторні візки мають два індивідуальних для кожної осі тягових приводи другого класу з опорно-рамною підвіскою тягового двигуна і опорно-осьовою підвіскою редуктора. Двигуни спираються тільки на раму візка, що знижує ударні навантаження на двигун при проходженні вагоном нерівностей і стиків рейок. Вал тягового двигуна з’єднується з валом редуктора еластичною муфтою. Корпус тягового редуктора литий зі сталі. Передавальне число редуктора – 5,75.

Основна частина тягового і допоміжного електрообладнання розміщена в підвагонному просторі між візками, значна частина знаходиться всередині спеціальних контейнерів. Основне підвагонне обладнання включає в себе струмоприймачі, блоки запобіжників, контейнер тягового інвертора, тягові електродвигуни, гальмівні резистори, електродвигуни компресора і вентиляторів, гальмівні резистори і акумуляторну батарею.

Внутрішньовагонне електрообладнання включає в себе системи управління поїздом, зовнішнього та внутрішнього освітлення, опалення та вентиляції салону і кабіни, відеоспостереження, інформаційні мережі та обладнання радіозв'язку.

Струмозняття здійснюється закріпленими на візках з боків рейковими струмоприймачами ТРА-02 з нижньої бокової контактної рейки.

Основне силове та тягове обладнання вагона розміщено в контейнері тягового інвертора. Обладнання відповідає за перетворення постійного струму в змінний струм регульованої напруги і частоти в режимі тяги і управління тяговими двигунами в режимі рекуперативного і реостатного електричного гальмування.

Корпус контейнера являє собою металеву зварену конструкцію, що складається з декількох секцій. Секції контейнера розділені на відсіки, що дозволяє відокремити силове обладнання від апаратури управління і забезпечити відповідність вимогам електромагнітної сумісності. Доступ до обладнання, розміщеного у відсіках, можливий через їх кришки.

По центру корпусу проходять силові кабелі та шини. З одного боку контейнера розміщено обладнання для керування і вимірювання, що включає лінійний і зарядний контактори, обладнання диференційного захисту, джерело живлення, панель реле, блок управління тяговим приводом, а також датчики струму і напруги. З протилежного боку розміщене силове обладнання, що включає безпосередньо силовий інвертор, мережний фільтр для заглушення коливань струму, що складається з конденсатора і індуктивного дроселя, швидкодіючий вимикач, а також вентилятор охолодження інвертора і гальмівного резистора та

його блок живлення. Силовий інвертор перетворює вхідну напругу постійного струму в трифазну напругу змінного струму для живлення тягових електродвигунів. До складу інвертора також входить чопер гальмівного резистора тягового приводу. Управління силовим інвертором здійснюється блоком управління тяговим приводом, який формує імпульси управління транзисторами інвертора за методом широтно-імпульсної модуляції.

Моторні вагони мають по чотири асинхронних тягових електродвигуни моделей ТАДВ-280-4 У2, ДТА-170 або ДАТМ-2У2, розміщених по два на візку з індивідуальним приводом на кожну вісь через редуктор.

Тягові двигуни асинхронні, трифазні, четириполюсні з короткозамкнутим ротором. Потужність кожного електродвигуна становить до 170 кВт. Двигуни підключені до тягового інвертора за паралельною схемою. Вони можуть працювати як в режимі тяги, так і в режимі генерації напруги при електричному гальмуванні. У режимі гальмування електроенергія, що виробляється від руху складу, може бути повернута в контактну мережу (рекуперативне гальмування), а при відсутності рекуперації перетворюється в тепло на гальмівному реостаті (реостатне гальмування).

Гальмівний резистор використовується для перетворення енергії руху вагона в теплову при гальмуванні поїзда і неможливості повернення виробленої двигунами енергії назад в контактну мережу. Він складається з трьох секцій, з’єднаних послідовно. Кожна секція складається з трьох резисторних елементів, з’єднаних паралельно. Резистор охолоджується вентилятором, закріпленим на фланець в кінці резисторного блока.

Акумуляторна батарея вагона призначена для електроживлення напругою постійного струму 75 В електричних кіл управління. Акумуляторний блок складається з 56 окремих акумуляторів, з’єднаних комплектом перемичок і поміщених в металопластиковий каркас.

Вагони обладнані дворівневою мікропроцесорною системою управління, діагностики та безпеки руху. Система забезпечує управління і діагностику обладнання вагонів у реальному часі та

істотно підвищує надійність роботи основних систем поїзда і безпеку перевезень.

Управління рухом поїзда здійснюється за допомогою контролера машиніста за командами блока комп'ютера вагонного управління (БКВУ), який передає сигнали на блок управління тяговим приводом.

Салони вагонів обладнані системою кондиціонування, вентиляції та опалення салону, що забезпечує автоматичну підтримку в салоні заданої температури: в літньому режимі – плюс 24 °С, в зимовому режимі – плюс 18 °С. З боків вагонів встановлені склопакети, що забезпечують теплоізоляцію салону. Салони також обладнані системою знезараження повітря за допомогою ультрафіолетового випромінювання.

По торцях вагонів під стелею встановлені відеокамери системи салонного відеоспостереження з можливістю передачі зображень як на пульт машиніста, так і в ситуаційний центр метро. Для екстреного зв'язку з машиністом з боку частини дверних блоків встановлені переговорні пристрої з кнопкою.

2.9.6. Вагони метрополітену серій 81-556, 81-557 і 81-558

Вагони моделі 81-556 – моторні головні, 81-557 – моторні проміжні, 81-558 – причіпні проміжні. У метрополітені даний поїзд є представником нового, 4-го покоління, так як обладнаний асинхронними тяговими електродвигунами, пуск яких здійснюється силовими електронними перетворювачами, а також має алюмінієвий кузов і пневматичне ресорне підвішування.

Базова кількість вагонів у складі – шість: два головних, два проміжних моторних і два проміжних причіпних. Технічні дані вагонів наведено в табл. 2.13.

Кузов вагонів являє собою металеву ферму з гладкою алюмінієвою обшивкою. Каркас зварений з високоміцної сталі. Обшивка пасажирського салону виконана зі склопластику із застосуванням алюмінію. Підлога вагона виконана з фанери товщиною 15 мм, яка кріпиться до каркасу на клейовому з'єднанні і через гумові прокладки, а зверху постелено спеціальне протиковзне покриття Altro Transflor.

Таблиця 2.13

Основні технічні дані вагонів серій 81-556, 81-557 і 81-558

Параметр	Значення		
	81-556	81-557	81-558
Довжина по осях головок автозчепного пристрою, мм	19850	19210	
Висота порожнього вагона від рівня головки рейки, мм	3655		
Ширина, мм	2700		
Висота рівня підлоги над головкою рейки, мм	1150		
Кількість розсувних дверей пасажирського приміщення з кожного боку вагона, шт.	4		
Відстань між серединами дверних прорізів пасажирського приміщення, мм	4610		
Відстань від осі зчеплення головок автозчепного пристрою до середини найближчого дверного прорізу, мм	2690		
Ширина дверного прорізу при відкритих дверях, мм	1208		
Маса тари вагона, не більше, т	29,5	28	24
Конструкційна швидкість, км/год	90		
Кількість місць для сидіння, шт.	42	48	
База візка, мм	2100		
Діаметр колеса по колу кочення, мм	850		
Освітлення салону	Світлодіодне		

Кожен вагон спирається на два двовісні візки. Візки вагонів 81-556 і 81-557 – моторні, 81-558 – безмоторні. Безмоторні візки аналогічні за конструкцією моторним, за винятком відсутності обладнання для тягового приводу.

Візки мають раму замкнутої зварної конструкції і двоступеневе ресорне підвішування. У центральному кузовному ресорному підвішуванні застосовані пневморесори, що дозволяє зберігати незмінною висоту вагона над рівнем рейок, а також

знижує шуми і динамічний вплив від ударів, при проходженні нерівностей колії. У буксовому ресорному підвішуванні застосовані конічні гумометалеві пружні елементи, що також знижує динамічний вплив від ударів, при проходженні нерівностей колії.

Привод рушійних осей на моторних візках індивідуальний, кожна колісна пара приводиться в дію обертальним моментом тягового електродвигуна, від якого передається через пластинчасту муфту тяговому редуктору і далі на вісь колісної пари. Тяговий редуктор являє собою косозубу одноступінчату циліндричну передачу з передавальним числом 5,81 (122:21) при модулі 5. Підвішування тягових редукторів опорно-осьове, тобто одним кінцем редуктор спирається на рушійну вісь, а іншим – на раму візка.

Значну частину підвагонного простору моторних вагонів займає тяговий контейнер, в якому згруповані всі перетворювачі силових і допоміжних кіл. У правій частині контейнера знаходиться відсік з силовим перетворювачем, який живить тягові електродвигуни. Конструктивно цей перетворювач розділений на три: первинний, тяговий інвертор 1-го візка і тяговий інвертор 2-го візка.

У лівій частині тягового контейнера розташовані перетворювачі (інвертори) для живлення допоміжних кіл (вентиляція кабіни, кондиціонери салону, живлення бортової мережі), а також силові контактори двигунів і головний вимикач (розриває електричне коло між струмоприймачами і схемою вагона). Контейнер 8МКМ-2 проміжних вагонів (81-557) відрізняється від контейнера 8МКМ-1 головних вагонів (81-556) відсутністю перетворювача для живлення вентиляції кабіни машиніста.

Весь значний центральний об’єм контейнера займає система охолодження. Охолодження перетворювачів рідинне, робоча рідина – антифриз. Сама робоча рідина охолоджується повітрям в спеціальному радіаторі, розташованому в нижній частині контейнера. Повітря також забирається в нижній частині, після чого по спеціальному каналу викидається в торцевій частині. У цьому повітряному каналі розташовані і гальмівні резистори, що працюють в разі заміщення рекуперативного гальмування

реостатним. На моторних вагонах 81-556 і 81-557 встановлені тягові електродвигуни MLU3839K/4 – по двигуну на кожну рушійну вісь (16 на шестивагонний склад). Даний електродвигун являє собою асинхронний трифазний двигун закритого типу і з самовентиляцією.

Салон обладнаний автоматичними двостулковими розсувними дверима по чотири з кожного боку. З боків від дверей вздовж центрального проходу встановлені пасажирські дивани з роздільними сидіннями, орієнтовані фасадом до проходу. У головних вагонів у передній частині салон відділений від кабіни стіною з дверима.

Основні дивани розташовані між дверними отворами з кожного боку вагона і складаються з шести роздільних сидячих місць кожен, а в торцевих частинах вагонів між крайніми дверима і торцевими стінами – малі дивани, що складаються з трьох сидячих місць аналогічної конструкції.

В цілому головні вагони мають по 42 сидячих місця (включаючи шість відкидних), а проміжні – по 48 (включаючи 12 відкидних). Загальна пасажиромісткість вагона в нормальних умовах (при щільності рівній 5 особ/м²) становить 188 місць, в години «пік» (при щільності 8 особ/м²) може доходити до 272 місць. У салоні головного вагона (81-556) сидячих місць 42, а пасажиромісткість становить 174 і 253 місця для щільності п’ять і вісім особ/м² відповідно.

Вентиляція салону примусова з рециркуляцією і підігрівом повітря, яке подається, що дозволяє відмовитися від установлення черпаків на даху.

Вентиляційні блоки розташовані під стелею, забір повітря при цьому здійснюється через вентиляційні решітки в даху, а викид – через вентиляційні отвори під стелею салону, які конструктивно об’єднані з плафонами освітлення. Освітлення салону – світлодіодне.

У салоні встановлені датчики пожежної системи. Вагони обладнані системою відеоспостереження з передачею зображення на екран, розташований в кабіні машиніста. Під стелею встановлено інформаційні табло. Також на першому складі над дверима встановлено електронне інформаційне табло про місцезнаходження складу.

2.9.7. Вагони метрополітену серії Е-КМ

Е-КМ (тип Е, Крюківський Модернізований) – модернізована Крюківським вагонобудівним заводом версія вагонів метро типів Е і Еж. Поїзди формуються з головних безмоторних вагонів типу Е-КМ-Гб (81-7080) і проміжних моторних типів Е-КМ-Пм (81-7081) і Е-КМ-Пм-01 (81-7081-01).

Модернізований електропоїзд складається з двох головних причіпних вагонів Е-КМ-Гб і трьох проміжних моторних Е-КМ-Пм, включаючи один вагон з комутатором змінного струму Е-КМ-Пм-01 в середині складу.

Технічні дані вагонів наведено в табл. 2.14.

Таблиця 2.14

Основні технічні дані вагонів серії Е-КМ

Параметр	Значення		
	Е-КМ-Гб	Е-КМ-Пм	Е-КМ-Пм-01
Довжина по осях головок автозчепного пристрою, мм	19430	19210	
Висота порожнього вагона від рівня головки рейки, мм	3695		
Ширина, мм	2672		
База вагонів, мм	12600		
Висота рівня підлоги над головкою рейки, мм	1225		
Кількість розсувних дверей пасажирського приміщення з кожного боку вагона, шт.	4		
Маса тари вагона, не більше, т	30	30	
Конструкційна швидкість, км/год	90		
Кількість місць для сидіння, шт.	36	36	
База візка, мм	2100		
Діаметр колеса по колу кочення, мм	785		
Освітлення салону	Світлодіодне		

У ході модернізації у вагонів були збережені кузови, за винятком кабіни головних вагонів, у той час як практично все ходове і електричне обладнання, а також оснащення інтер'єру були замінені на нове. Поїзд може експлуатуватися при температурі навколишнього середовища від мінус 40 до плюс 40 °С. Мінімальний радіус прохідних поїздом кривих складає 200 м на пасажирських лініях і 60 м на коліях депо, максимальне навантаження на вісь при заповненому пасажирами вагоні – 15 тс, максимальна службова швидкість – 90 км/год.

Вагони мають суцільнометалеві кузови зварної конструкції з гофрованою обшивкою товщиною 1,5 мм і вентиляційними черпаками на даху.

Як і у вагонів типу Е в порівнянні з Еж, довжина проміжних моторних вагонів Е-КМ-Пм коротша довжини вагонів Е-КМ-Гб: один з торців проміжного вагона розташований в безпосередній близькості від крайніх автоматичних дверей, в той час як інший розташований на деякому віддаленні, що має бічні вікна. Довжина кузова головного вагона Е-КМ-Гб по торцевих стінах становить 19030 мм, проміжного Е-КМ-Пм – 18810 мм; довжина по осях автозчепів – 19430 мм для Е-КМ-Гб і 19210 мм для Е-КМ-Пм, що трохи перевищує вихідну довжину до модернізації за рахунок установлення зчеплення нової конструкції і заміни кабіни машиніста.

Візки вагонів замінені на нові візки Крюківського заводу моделі 68-7054 з центральним пневмопідвішуванням. База візка складає 2100 мм, діаметр коліс – 785 мм. Візки обладнані системою протиюзного захисту і гасіння коливань. Замість стандартних колодкових гальм на нових візках встановлені дискові. Розташування струмоприймачів на візках також відрізняється від оригінального: замість підвішування струмоприймача на дерев'яному брусі між колісними парами його кріплення здійснюється безпосередньо до візка у одного з коліс.

Між вагонами замість стандартних автозчеплень встановлені зчіпні пристрої циліндричної форми спеціальної конструкції. На головних вагонах з боку кабіни машиніста для сумісності з іншим парком рухомого складу залишені автозчеплення Шарфенберг.

Електрообладнання вагонів у процесі модернізації піддалося практично повній заміні на нове. Поряд з електрообладнанням виробництва Крюківського заводу значну частину нового електрообладнання поставили японські і німецькі компанії, такі як ITOCHU, Mitsubishi Electric, Toshiba, Knorr Bremse, Fuji Electric, Schaltbau та ін. Велика частина електрообладнання розміщена в спеціальних ящиках в підвагонному просторі.

На кожному з візків проміжних вагонів встановлені по два асинхронних тягових електродвигуни типу SEA-433 виробництва Toshiba потужністю 150 кВт кожен, що вдвічі перевищує потужність оригінальних колекторних двигунів, дозволяючи використовувати в складі причіпні вагони. За рахунок установлення тягових перетворювачів, необхідних для роботи асинхронних електродвигунів, вагони видають характерний писк при розгоні і гальмуванні. Управління електроприводом здійснюється через тягові інвертори Toshiba SVF 101-A0, а силові елементи приводу виконані на IGBT-транзисторах. На одному з моторних вагонів також встановлено автоматичний тиристорний комутатор змінного струму. Тяговий привод дозволяє здійснювати електродинамічне рекуперативне гальмування, а за відсутності режиму рекуперації можливе реостатне гальмування за рахунок гальмівних резисторів.

Застосування асинхронних електродвигунів і впровадження енергозберігаючого обладнання дозволило знизити на 40 % споживання електроенергії модернізованих поїздів порівняно з оригінальними. Рекуперація електроенергії під час електродинамічного гальмування поїзда становить 18 %.

У ході модернізації вагонів у пасажирському салоні встановлюється нова обробка. В середині стелі салону модернізованих вагонів встановлені поздовжні світлодіодні світильники прямокутної форми. Також були повністю замінені вентиляційні решітки, однак сама система природної вентиляції, яка здійснюється через черпаки на даху, змін не зазнала. У вагонах також передбачені місця під установлення відеомоніторів.

З боків від центрального проходу між автоматичними дверима замість шкіряних встановлюються шестимісні пластикові сидіння. Сидіння в торцевих частинах салону вагонів

з метою підвищення загальної місткості за рахунок збільшення простору для стоячих пасажирів були ліквідовані. Кожен вагон після модернізації має 36 сидячих місць. Загальна місткість головного вагона при щільності 5 і 10 особ/м² становить відповідно 173 і 311 пасажирів, проміжного вагона – відповідно 189 і 343 пасажири.

Інтер'єр кабіни машиніста зазнав значних змін. За рахунок ліквідації торцевого дверного прорізу в середині при установленні нової лобової частини був установлений більш широкий новий пульт управління, а крісло машиніста і пульт були зміщені з правого боку в центр. У верхній частині лобового скла в кабіні встановлено світлодіодний маршрутний покажчик. Кабіна також обладнана системою кондиціонування.

На пульті машиніста розміщується дисплей системи моніторингу, органи управління тяговим приводом, пневматичними гальмами, апаратурою АРС, радіосповіщення, радіозв'язку, системою управління дверима, освітлення та іншим обладнанням, а також кнопка екстреного гальмування. Стандартний кран управління пневматичними гальмами замінений більш компактним у вигляді невеликого важеля. Управління тяговим приводом здійснюється за допомогою важеля, зовні схожого на кран машиніста.

Питання для самоконтролю

1. У чому полягає призначення вагонів метрополітену серій 81-717.5М і 81-714.5М?
2. Наведіть основні технічні дані вагонів серій 81-717 і 81-714.
3. Які види гальм застосовують на вагонах метрополітену?
4. З яких основних вузлів складається кузов вагона метрополітену?
5. Охарактеризуйте автозчепний пристрій вагона метрополітену.
6. Для чого призначена електроконтактна коробка?
7. Якими принципами керуються при зчепленні вагонів метрополітену?

8. Охарактеризуйте механічну частину вагона метрополітену.

9. Назвіть основні технічні параметри візка вагона.

10. Охарактеризуйте ресорне підвішування вагона метрополітену.

11. У чому полягає призначення і яку конструкцію має центральний амортизатор?

12. Охарактеризуйте підвіску тягових двигунів вагона метрополітену.

13. Охарактеризуйте вентиляцію кабіни керування і салону вагонів метрополітену.

14. У чому полягає принцип роботи системи пожежної сигналізації?

15. Наведіть основні технічні дані вагонів серій 81-740.1 і 81-741.1.

16. Вкажіть граничні параметри зносу колісних пар, при яких забороняється експлуатація вагонів.

17. У чому полягає призначення і яку конструкцію має буксовий амортизатор?

18. З яких елементів складається компенсувальна муфта тягового приводу вагона 81-740?

19. У чому полягає призначення і яку конструкцію має автоматичний гребенезмащувач АГ38М.720?

20. З чого складається протипожежна система вагона метрополітену?

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Электропоезда переменного тока [Текст]: учеб. пособие для ПТУ / М. М. Авдеев, В. А. Гут, В. И. Томчук [и др.]. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1985. – 368 с.

2. Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / А. А. Устинский, Б. М. Степенский, Н. А. Цыбуля [и др.]. – М.: Транспорт, 1985. – 439 с.

3. Автосцепное устройство железнодорожного подвижного состава [Текст] / В. В. Коломийченко, Н. А. Костина, В. Д. Прохоренков [и др.]. – М.: Транспорт, 1991. – 232 с.

4. Айзинбуд, С. Я. Локомотивное хозяйство [Текст] / С. Я. Айзинбуд, В. А. Гутковский, П. И. Кельперис. – М.: Транспорт, 1986. – 263 с.

5. Айзинбуд, С. Я. Эксплуатация локомотивов [Текст] / С. Я. Айзинбуд, П. И. Кельперис. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Транспорт, 1990. – 260 с.

6. Басов, Г. Г. Розвиток електричного моторвагонного рухомого складу [Текст]: навч. посібник. Ч. 2 / Г. Г. Басов, С. І. Яцько. – Харків: Апекс+, 2005. – 248 с.

7. Блохин, Е. П. Динамика поезда [Текст] / Е. П. Блохин, Л. А. Манашкин. – М.: Транспорт, 1982. – 222 с.

8. Магистральные электровозы: общие характеристики. Механическая часть [Текст] / В. И. Бочаров, И. Ф. Кодинцев, А. И. Кравченко [и др.]. – М.: Машиностроение, 1991. – 224 с.

9. Бочаров, В. И. Магистральные электровозы переменного тока [Текст] / В. И. Бочаров, В. И. Попов, Б. А. Тушканов. – М.: Транспорт, 1974. – 480 с.

10. Вериго, М. Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава [Текст] / М. Ф. Вериго, А. Я. Коган. – М.: Транспорт, 1986. – 560 с.

11. Ветров, Ю. Н. Конструкция тягового подвижного состава [Текст] / Ю. Н. Ветров, М. В. Приставко; под ред. Ю. Н. Ветрова. – М.: Желдориздат, 2000 – 316 с.

12. Бартош, Е. Т. Газотурбовозы и турбопоезда [Текст] / Е. Т. Бартош. – М.: Транспорт, 1978. – 311 с.

13. Галкин, В. Г. Надёжность тягового подвижного состава [Текст] : учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / В. Г. Галкин, В. П. Парамзин, В. А. Четвергов. – М.: Транспорт, 1981. – 184 с.

14. Деповской ремонт электровозов переменного тока [Текст] / А. Т. Головатый, Г. М. Коренко [и др.]. – М.: Транспорт, 1971. – 310 с.

15. Горошков, Ю. И. Контактная сеть [Текст]: учеб. для техникумов ж.-д. трансп. / Ю. И. Горошков, Н. А. Бондарев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1981. – 400 с.

16. Гуткин, Л. В. Электропоезд ЭР200 [Текст] / Л. В. Гуткин, Ю. Н. Дымант, И. А. Иванов. – М.: Транспорт, 1981. – 192 с.

17. Данилов, В. Н. Железнодорожный путь и его взаимодействие с подвижным составом [Текст] / В. Н. Данилов. – М.: Трансжелдориздат, 1961. – 112 с.

18. Данковцев, В. Т. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. трансп. под ред. В. А Четвергова, В. И. Киселева. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. – 558 с.

19. Добровольская, Э. М. Электропоезда метрополитена [Текст]: учеб. для нач. проф. образования / Э. М. Добровольская. – М.: ИРПО: Издательский центр «Академия», 2003. – 320 с.

20. Дубровский, З. М. Грузовые электровозы переменного тока [Текст]: справочник / З. М. Дубровский, В. И. Попов, Б. А. Тушканов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1998. – 503 с.

21. Дубровский, З. М. Электровоз: управление и обслуживание [Текст] / З. М. Дубровский, В. А. Курчашова, Л. П. Томфельд. – М.: Транспорт, 1979. – 231 с.

22. Дубровский, З. М. Электровозы ВЛ60^{К} и ВЛ60$^{П/К}$ [Текст]: руководство по эксплуатации / З. М. Дубровский, Л. М. Лорман. – М.: Транспорт, 1993. – 400 с.

23. Железные дороги. Общий курс [Текст]: учеб. для вузов / М. М. Филиппов, М. М. Уздин, Ю. И. Ефименко [и др.]; под ред. М. М. Уздина. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1991. – 295 с.

24. Дефектоскопия деталей подвижного состава железных дорог и метрополитенов [Текст] / В. А. Ильин, Г. И. Кожевников,

Ф. В. Левыкин [и др.]; под ред. В. А. Ильина. – М.: Транспорт, 1983. – 315 с.

25. Калинин, В. К. Общий курс железных дорог [Текст]: учеб. для сред. ПТУ. – 4-е изд., перераб. и доп. / В. К. Калинин, Н. К. Сологуб, А. А. Казаков. – М.: Высш. шк., 1986. – 304 с.

26. Калинин, В. К. Электровозы и электропоезда [Текст] / В. К. Калинин. – М.: Транспорт, 1991 – 480 с.

27. Калиничев, В. П. Метрополитены [Текст] / В. П. Калиничев. – М.: Транспорт, 1988. – 280 с.

28. Пассажирские электровозы ЧС4 и ЧС4^{Т} [Текст] / В. А. Коптелкин, Ю. В. Колесин, И. П. Ильин [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1975. – 384 с.

29. Кобозев, В. М. Эксплуатация и ремонт подвижного состава городского электрического транспорта [Текст]: учеб. для вузов / В. М. Кобозев. – М.: Высш. шк., 1982. – 328 с.

30. Корнійчук, М. П. Технологія галузі і технічні засоби залізничного транспорту [Текст]. Ч. 1 (розділи 1-6): підручник / М. П. Корнійчук, Н. В. Липовець, Д. О. Шамрай. – 2-ге вид., випр. – К.: Дельта, 2008. – 504 с.

31. Корнійчук, М. П. Технологія галузі і технічні засоби залізничного транспорту [Текст]. Ч. 2 (розділи 7-14): підручник / М. П. Корнійчук, Н. В. Липовець, Д. О. Шамрай. – 2-ге вид., випр. – К.: Дельта, 2007. – 424 с.

32. Кужим, М. Ф. Электровоз ВЛ15 [Текст]: справочник для локомотивных и ремонтных бригад / М. Ф. Кужим, Н. В. Савичев. – СПб.: Астерион, 2002. – 380 с.

33. Лазарян, В. А. Динамика вагонов [Текст] / В. А. Лазарян. – М.: Транспорт, 1964. – 256 с.

34. Лазарян, В. А. Исследование устойчивости движения рельсовых экипажей [Текст] / В. А. Лазарян // Прикл. механика. – 1977. – № 10. – С. 80–86.

35. Лазарян, В. А. Колебания железнодорожного состава [Текст] / В. А. Лазарян // В кн.: Вибрации в технике. – М.: Машиностроение, 1980. – Т.3. – С. 398–433.

36. Лазарян, В. А. Устойчивость движения рельсовых экипажей [Текст] / В. А. Лазарян, Л. А. Длугач, М. Л. Коротенко. – К.: Наук. думка, 1972. – 199 с.

37. Магистральные электровозы: Механическая часть электровозов [Текст] / П. И. Аброскин, Д. Г. Белогорский, Б. Р. Бондаренко [и др.]. – М.: Машиностроение, 1967. – 436 с.

38. Медель, В. Б Подвижной состав электрических железных дорог. Конструкция и динамика [Текст] / В. Б. Медель. – М.: Транспорт, 1974. – 232 с.

39. Механическая часть тягового подвижного состава [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / И. В. Бирюков, А. Н. Савоськин, Г. П. Бурчак [и др.]; под ред. И. В. Бирюкова. – М.: Транспорт, 1992. – 440 с.

40. Находкин, В. М. Ремонт электроподвижного состава [Текст]: учеб. для техникумов ж.-д. трансп. / В. М. Находкин, Д. В. Яковлев, Р. Г. Черепашенец; под ред. В. М. Находкина. – М.: Транспорт, 1989. – 295 с.

41. Общий курс железных дорог [Текст]: учеб. для техникумов и колледжей ж. - д. трансп. / В. Н. Соколов, В. Ф. Жуковский, С. В. Котенкова, А. С. Наумов; под редакцией В. Н. Соколова. – М.: УМК МПС России, 2002. – 296 с.

42. Общий курс железных дорог [Текст]: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Ю. И. Ефименко, М. М. Уздин, В. И. Ковалев [и др.]; под редакцией Ю. И. Ефименко. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 256 с.

43. Осипов, С. И. Основы тяги поездов [Текст]: учеб. для студентов техникумов и колледжей ж. – д. трансп. / С. И. Осипов, С. С. Осипов. – М.: УМК МПС России, 2000. – 592 с.

44. Основы электрического транспорта [Текст]: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / М. А. Слепцов, Г. П. Долаберидзе, А. В. Прокопович [и др.]; под общ. ред. М. А. Слепцова. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 464 с.

45. Пановко, Я. Г. Введение в теорию механических колебаний [Текст] / Я. Г. Пановко. – М.: Гл. ред. физ.-мат. лит-ры изд-ва «Наука», 1971. – 240 с.

46. Пассажирский электровоз ЧС2^{Т} [Текст] / А. Л. Лисицын, А. С. Никитин, Д. И. Моховиков [и др.]; под общ. ред. А. Л. Лисицына. – М.: Транспорт, 1979. – 288 с.

47. Петрушин, В. С. Влияние конструктивных параметров упругой поперечной связи кузова с тележками на боковые

колебания локомотива [Текст] / В. С. Петрушин // Труды БИТМ. – Вып. 23. – Брянск, 1971. – С. 177–190.

48. Попов, Ю. В. Конструкция электроподвижного состава [Текст]: учеб. пособие / Ю. В. Попов, Н. Н. Стрекалов, А. А. Баженов. – М.:ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. – 271 с.

49. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст]. – К., 2002. – 132 с.

50. Просвирин, Б. К. Электропоезда постоянного тока с электрическим торможением [Текст]: учеб. пособие / Б. К. Просвирин. – М.: «ТРАНСИЗДАТ», 2000. – 328 с.

51. Раков, В. А. Локомотивы и моторвагонный подвижной состав железных дорог Советского Союза (1966 – 1975 гг.) [Текст] / В. А. Раков. – М.: Транспорт, 1979. – 213 с.

52. Раков, В. А. Пассажирский электровоз ЧС2 [Текст] / В. А. Раков. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1976. – 320 с.

53. Электроподвижной состав с асинхронными тяговыми двигателями [Текст] / Н. А. Ротанов, А. С. Курбасов, Ю. Г. Быков [и др.]. – М.: Транспорт, 1991. – 336 с.

54. Северин, Ф. А. Электровоз ЧС7. Обслуживание локомотивной бригадой электровоза ЧС7 серии Е5, Е6, Е7, Е9 [Текст] / Ф. А. Северин. – М.: Транспорт, 2000. – 391 с.

55. Сементовский, Э. А. Техническое обслуживание и ремонт подвижного состава метрополитенов [Текст] / Э. М. Сементовский, Н. С. Севастьянов, В. А. Иткинсон; под ред. Э. А. Сементовского. – М.: Транспорт, 1987. – 335 с.

56. Сидоров, Н. И. Как устроен и работает электровоз [Текст] / Н. И. Сидоров, Н. Н. Сидорова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1988. – 223 с.

57. Соколов, М. М. Гасители колебаний подвижного состава [Текст]: справочник / М. М. Соколов, В. И. Варава, Г. М. Левит. – М.: Транспорт, 1985. – 216 с.

58. Трофимович, В. В. Динамика электроподвижного состава [Текст]: учеб. пособие / В. В. Трофимович. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2007. – 120 с.

59. Электровоз ВЛ85 [Текст]: руководство по эксплуатации / Б. А. Тушканов, Н. Г. Пушкарев, Л. А. Позднякова [и др.]. – М.: Транспорт, 1992. – 480 с.

60. Устройство и ремонт электропоездов метрополитена [Текст]: учеб. для ПТУ / Э. А. Сементовский, А. А. Богданов, В. С. Гусев [и др.]; под ред. Э. А. Сементовского. – М.: Транспорт, 1991. – 335 с.

61. ЦД-0058 Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України [Текст]. – К., 2005. – 462 с.

62. Цукало, П. В. Электропоезда ЭР2 и ЭР2Р [Текст] / П. В. Цукало, Н. Г. Ерошкин. – М.: Транспорт, 1986. – 359 с.

63. Чиракадзе, Г. И. Электровоз ВЛ11 [Текст]: руководство по эксплуатации / Г. И. Чиракадзе, О. А. Кикнадзе. – М.: Транспорт, 1983. – 464 с.

64. Шамин, А. А. Механическая часть подвижного состава [Текст]: курс лекций: В 2-х ч. Ч. 1 / А. А. Шамин. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2001. – 116 с.

65. Электрические железные дороги [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / под ред. А. В. Плакса и В. Н. Пупынина. – М.: Транспорт, 1993. – 280 с.

66. Электрические железные дороги [Текст]: учебник / под ред. профессоров В. П. Феоктистова, Ю. Е. Просвирова; Моск. ун-т путей сообщения; Самарская гос. акад. путей сообщения. – Самара: СамГАПС, 2006. – 312 с.

67. Электровоз ВЛ8 [Текст]: руководство по эксплуатации. – М.: Транспорт, 1982. – 320 с.

68. Электровоз ВЛ11^{М} [Текст]: руководство по эксплуатации. – М.: Транспорт, 1994. – 416 с.

69. Электровоз ВЛ22^{М} [Текст]: инструкционная книга. – М.: Транспорт, 1961. – 240 с.

70. Электровоз ВЛ23. Без рекуперации [Текст]. – М.: Транспорт, 1960. – 229 с.

71. Электровоз ВЛ80^{К} [Текст]: руководство по эксплуатации. – М.: Транспорт, 1978. – 432 с.

72. Электровоз ВЛ80^{Р} [Текст]: руководство по эксплуатации / под ред. Б. А. Тушканова. – М.: Транспорт, 1985. – 541 с.

73. Электровоз ВЛ80^{С} [Текст]: руководство по эксплуатации. – М.: Транспорт, 1982. – 622 с.

74. Электровоз ВЛ80^{Т} [Текст]: руководство по эксплуатации / под ред. Б. Р. Бондаренко. – М.: Транспорт, 1977. – 368 с.

75. Электровоз ДЭ1. Механическая часть. Силовая и пневматическая схемы. Неисправности в эксплуатации и методы их устранения [Текст]. – Красный лиман, 2007. – 76 с.

76. Электровозы ВЛ10 и ВЛ10^{У} [Текст]: руководство по эксплуатации / под ред. О. А. Кикнадзе. – М.: Транспорт, 1981. – 519 с.

77. Электроподвижной состав промышленного транспорта [Текст]: справочник / Л. В. Балон, В. А. Браташ, М. Л. Бичуч [и др.]; под ред. Л. В. Балона. – М.: Транспорт, 1987. – 296 с.

78. Электропоезд ЭР2 [Текст]: руководство по эксплуатации. – М.: Транспорт, 1971. – 248 с.

79. Электропоезд ЭР9М [Текст]: руководство по эксплуатации. – М.: Транспорт, 1978. – 328 с.

80. Электропоезда [Текст]: учебник / под общ. ред. З. М. Рубчинского – М.: Транспорт, 1983 – 415 с.

81. Электропоезда переменного тока ЭД9М, ЭД9Т и ЭР9П [Текст]: руководство по устройству электропоездов серии ЭД9М, ЭД9Т, ЭР9П. – М.: Центр Коммерческих Разработок, 2005. – 128 с.

82. Электропоезда постоянного тока ЭТ2, ЭТ2М, ЭР2Т, ЭД2Т [Текст]: руководство по устройству электропоездов серии ЭТ2, ЭР2Т, ЭД2Т, ЭТ2М. – М.: Центр Коммерческих Разработок, 2003. – 184 с.