

Н. П. Лукашова¹, Т. П. Павленко¹, Б. Г. Любарський², О. М. Петренко¹

¹Харківський університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків

²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ РЕСОРНИХ ПІДВІШУВАНЬ РЕЙКОВОГО МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ

Об'єкт, що розглядається у статті – ресорне підвішування міського рейкового електрорухомого складу. **Мета статті**: провести аналіз сучасного стану конструкцій ресорних підвішувань рейкового міського електрорухомого складу та виявити перспективні напрямки для їх вдосконалення. **Результати**. В статті розглянуто сучасні технічні рішення, які використовуються у ресорному підвішуванні трамвайних вагонів: візок трамвайного вагона Т-3, Чехословаччина; візок трамвайного вагона «Спектр» виробництва ВАТ «Уралтрансмаш», Росія; візок низкопольного трамвайного вагона Flexx Urban 1000 фірми Bombardier, Канада. Проведено аналіз конструкцій ресорних підвішувань трамвайних та метро вагонів міського електрорухомого складу. **Висновки**. Визначено, що у візках трамвайних та метро вагонів, частіше для гасіння коливань застосовуються фрикційні гасителі коливань, що встановлюються у центральному підвішуванні; в останніх сучасних конструкціях, як на трамвайних вагонах так і на вагонах метро для гасіння коливань стали використовувати пневматичне регульоване підвішування, яке встановлюється замість фрикційного демпфера у другій ступені ресорного підвішування. Перспективними системами для гасіння коливань, які можливо встановити на МРЕРС, можуть бути електромеханічні амортизатори, що поширені в останній час на автомобільному транспорті.

Ключові слова: міський рейковий електрорухомий склад, трамвай, метровагон, ресорне підвішування, гасителі коливань, візок, пневмопідвішування, центральне підвішування трамвая.

Вступ

Ресорне підвішування міського рейкового електрорухомого складу (МРЕРС) є невід'ємним елементом ходової частини транспортного засобу. Створені нерівністю шляху та зовнішніми впливами силові впливи на екіпажну частину МРЕРС потребують компенсації та гасіння з боку ходової частини транспортного засобу задля створення комфортних умов пасажиром, з одного боку, та зменшення динамічного впливу на елементи ЕРС та рейкової колії з іншого. Ходові частини МРЕРС призначені для напрямку руху екіпажу шляхом, передачі навантажень від кузова на шлях та гасіння коливань, що виникають під час руху. Ходові частини повинні забезпечити безпеку руху, плавність ходу і економічну ефективність перевозок [1].

Основними елементами візки МРЕРС є рама, ресори підвішування, гальмівні пристрої, колісні пари (або колісні блоки) та тягові електродвигуни. Розглянемо основні типи візків та ресорних підвішувань які застосовуються на сучасному та перспективному пасажирському МРЕРС.

Аналіз останніх досліджень. За конструкцією візка трамвайних вагонів можна розділити на два основних типи. До першого типу відносяться візки, що підкатуються під «високоподлогі», які розглянуто у роботах [1, 2] трамвайні вагони, до другого – під «низькоподлогі» трамвайні вагони [1, 3-6]. Принципова відмінність в конструкції пояснюється, перш за все, необхідністю знизити рівень підлоги в трамвайному вагоні. Трамваї з низьким рівнем підлоги мають ряд переваг перед «високопольні»: підвищення комфортності перевезення пасажирів, скорочення часу стоянки на зупинках, поліпшення динаміки руху. За призначенням візки, що підкочуються під багатосекційні трамвайні вагони, ді-

ляться на моторні поворотні і підтримують неповоротні. Моторні поворотні візки забезпечує тягу трамвая і покращують вписування екіпажу в криву. Підтримують неповоротні візки призначені для передачі навантажень від кузова на шлях і гасіння виникаючих коливань під час руху трамвая. [1]

Ресорне підвішування візків вагонів Е, Еж, їх модифікацій і 81-717, 81-714, 68-7054 та 81-558 складається з буксового і центрального та розглянуто у роботах [7, 8]. Останнє служить для передачі тягового зусилля від візка кузову вагона, навантаження від ваги кузова на раму візка, а також підресорює кузов щодо візків.

Мета статті: провести аналіз сучасного стану конструкцій ресорних підвішувань рейкового міського електрорухомого складу та виявити перспективні напрямки для їх вдосконалення.

Результати досліджень

Розглянемо сучасні технічні рішення, які використовуються у ресорному підвішуванні трамвайних вагонів. Візок трамвайного вагона Т-3, Чехословаччина (рис. 1) [1, 2]. Основні частини візки - дві поздовжні балки і колісні пари з редуктором. Поздовжні балки і колісні пари конструктивно утворюють раму, на яку монтується інші частини візка. Ось колісної пари і редуктор укладені в сталеві литі кожухи з отворами для фіксувального валика і оснащені двома посадочними місцями для установки поздовжніх балок. Поздовжня балка звареної конструкції складається з штампованої сталевий балки коробчатого перетину і двох радісних закінчень. В отвори литих закінчень вставляють валик для фіксування балки на кожусі редуктора. У центральній частині візка розташована надресорна балка з розширеними на кінцях для установки пружин і амортизаторів центрального ресорного підвішування.

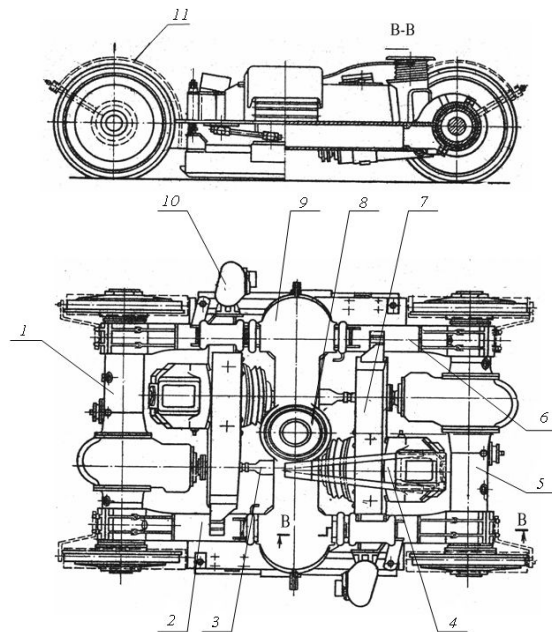


Рис. 1. Візок вагона Т-3: 1, 5 – колісні пари, 2, 6 – поздовжні балки, 3 – карданний вал, 4 – тяговий двигун, 7 – балка для підвішування тягового двигуна, 8 – пятник, 9 – люлька візка, 10 – електромагнітний привід гальма, 11 – надколісні кожухи

Центральне рессорне підвішування вагона Т-3 (рис.2) являє собою два комплекти амортизаторів, розміщених на поздовжніх балках візка. Комплект амортизаторів складається з двох спіральних пружин: зовнішньої і внутрішньої і шести гумових кілець, між якими прокладені сталеві прокладки (тарелі).

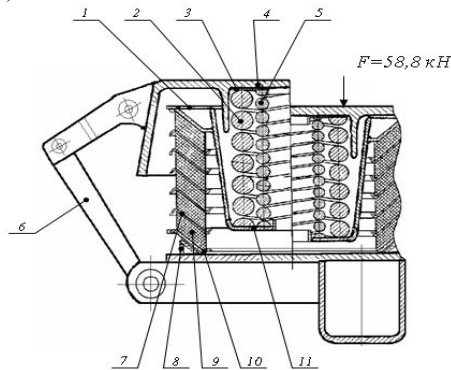


Рис. 2. Центральне коліскове підвішування трамвайного вагона моделі Т-3: 1 – прокладних кільце, 2 – зовнішня пружина, 3 – прокладка, 4 – знімне штамповані кільце, 5 – внутрішня пружина, 6 – тяга, 7 – сталеві тарелі, 8 – конусоподібна таріль, 9 – гумові ресори, 10 – опорне кільце, 11 – стакан

Візок трамвайного вагона «Спектр» виробництва ВАТ «Уралтрансмаш», Росія наведено на рис. 3 [1]. Він складається з двох поздовжніх балок, двох редукторів з напесованими на осі колесами (див., двох поперечних балок з електродвигунами, двох карданних валів, надресорної балки, двох комплектів пружин і двох гідравлічних гасителів коливань, двох рейкових черевиків, а також крил, гумових амортизаторів, упорів і деталей кріплення. На передній візку додатково кріпляться два патрубок пісочниці.

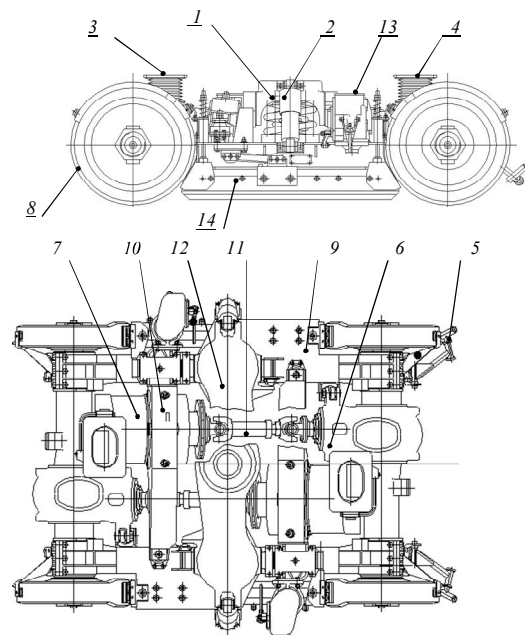


Рис. 3. Візок трамвайного вагона «Спектр»: 1 - циліндрична пружина; 2 - гідравлічний гаситель коливань; 3 - вентиляційний кожух; 4 - крила; 5 - патрубок пісочниці; 6 - редуктор; 7 - тяговий двигун; 8 - колесо; 9 - поздовжня балка; 10 - поперечна балка; 11 - карданний вал; 12 - надресорная балка; 13 - електромагнітний привід рейкового гальма; 14 рейковий гальмо

Між бічними поверхнями надресорної балки і кронштейнами (рис. 4) [1], привареними до поздовжніх балках візка, встановлені гумові буфери, які зверху притиснуті планками, закріпленими болтами. Гумові буфери забезпечують передачу зусиль і фіксацію надресорної балки в поздовжньому напрямку. Поджаття буферів забезпечується установкою сталевих пластин (рис. 4 поз. 8).

У поперечному напрямку передачу зусиль і фіксацію надресорної балки забезпечують амортизатори (рис. 4 поз. 3). Надресорна балка спирається на механізм пружної підвіски. До складу механізму пружної підвіски входять два комплекти пружин і два гасителя коливань (див. рис. 4 поз. 5). Хід механізму пружної підвіски обмежується гумовими упорами (рис. 4 поз. 17).

Комплект пружин складається з внутрішньої і зовнішньої 6 пружин, які встановлюються між нижнім і верхнім підставами. Підстави пружин через гумові подушки і сталеві диски спираються на надресорних балку і поздовжню балку візка. Гасителі коливань кріпляться в цапфах надресорної і поздовжньої балок.

Гідравлічний гаситель коливань сприяє забезпеченню необхідної плавності ходу вагона, знижує вплив рухомого складу на трамвайну колію, зменшує знос деталей візка, сприяє підвищенню безпеки руху. Візок низкопольного трамвайного вагона Flexx Urban 1000 фірми Bombardier, Канада (рис. 5), що призначено для використання на трамвайних коліях колії 1435 мм. Складається з рами зварної конструкції, двох тягових двигунів, чотирьох редукторів, чотирьох «розв'язаних» коліс, надбуксового і центрального підвішування [6].

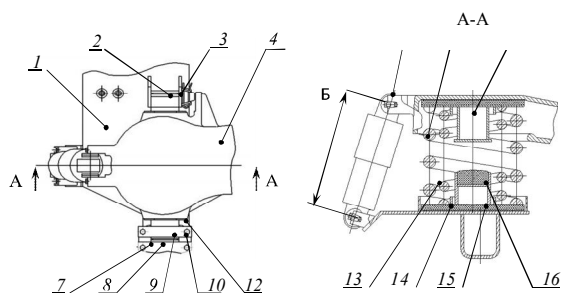


Рис. 4. Надресорних балка візки трамвайного вагона:
1 - поздовжня балка; 2, 9 - гумові буфери; 3 - амортизатор;
4 - надресорная балка; 5 - гідравлічний гаситель коливань;
6 - зовнішня пружина; 7 - кронштейн; 8 - сталевая пластина;
10 - планка; 11 - верхнє підставу; 12 - гладка пластина;
13 - внутрішня пружина; 14 - гумова подушка;
15 - сталевий диск; 16 - нижня частина



Рис. 5. Візок низковольтного трамвайного вагона Flexx Urban 1000 фірми Bombardier

Двигуни розташовуються з зовнішньої сторони візка і підвішені до рами. У з'єднанні двигунів з рамою застосовані гумові елементи для гасіння низькочастотних коливань двигуна. Центральне ресорне підвішування представлено пружинами і гідравлічними гасителями коливань.

Візок трамвайного вагона AT 6/5 L має незалежно обертаються колеса (рис. 6). Рама візка - Н-подібної форми з двома стабілізуючими надресорних балками [7]. Центральне підвішування метровагонів Еж, їх модифікацій і 81-717, 81-714 (рис. 7) складається з центральної балки з п'ятикутних пристроєм і роликівими ковзунами, чотирьох комплектів дворядних циліндричних пружин з верхніми і нижніми опорами і гумовими прокладками, двох піддонів, в гнізда яких встановлюють комплекти пружин, чотирьох двошарнірної сережок, закріплених в поперечних балках рами чотирма валиками центрального підвішування.



Рис. 6. Моторна візок трамвайного вагона AT 6/5 L

За допомогою валиків середніх і нижніх шарнірів з шайбами-опорами і рамок-підвісок піддони шарнірно з'єднані з сережками. Центральна балка шарнірно пов'язана з рамою візка двома гідроамор-

тизаторами. Для запобігання падінню на колію під час руху в разі обриву елементів підвішування на спеціальних кронштейнах поперечних балок рами закріплені через запобіжні скоби.

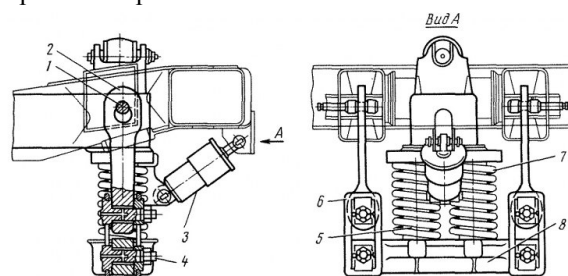


Рис. 7. Центральне ресорне підвішування метровагонів Е, Еж, їх модифікацій і 81-717, 81-714: 1- валики центрального підвішування; 2 - серга; 3-гідравлічний амортизатор; 4- валик; 5- внутрішня пружина; 6 - підвіска рамочна; 7- зовнішня пружина; 8 - піддон.

Центральне підвішування не регулюють по висоті. Складові підвіски в місцях зчленування мають шарніри з хорошою рухливістю в двох взаємно перпендикулярних площинах. Гідравлічний гаситель коливань (рис. 7) встановлюють на візках під кутом 35° до горизонтальної площини. Така установка дозволяє гасити як вертикальні, так і горизонтальні коливання рухомого складу.

Вагони серії Е-КМ які створені шляхом модернізації вагонів Еж на ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» мають нові візки моделі 68-7054 з центральним пневматичним ресорним підвішування яке доповнено гідроамортизаторами (рис. 8).

У першій буксовій ступені рама візка спирається на кожну буксу спирається через дві кручені циліндричні пружини, у другій кузовний ступені кузов спирається на раму візка через дві пневморессори, розташовані по краях рами в середині між осями Візки обладнані системою противоюзового захисту і гасіння коливань. Замість стандартних колодкових гальм на нових візках встановлені дискові.



Рис. 8. Візок вагону моделі 68-

Аналогічну конструкцію мають візки метровагонів 81-558 «Нева» (виробництва Росія), які наведені на рис. 9. Застосування пневматичного підвішування дозволило значно підвищити комфорт пасажирів при русі.



Рис. 9. Візок вагону моделі 81-558 «Нева»

ВИСНОВКИ

Для конструкцій візків та ресорних підвішувань МРЕРС можливо констатувати наступне: у візках трамвайних та метро вагонів, частіше за все для гасіння коливань застосовуються фрикційні гасителі коливань, що встановлюються у центральному підвішуванні для поліпшення плавності руху вони доповнюються гідравлічними демпферами; в останніх сучасних конструкціях, як на трамвайних вагонах так і на вагонах метро для гасіння коливань стали використовувати пневматичне регульоване підвішування, яке встановлюється замість фрикційного демпфера у

другій ступені ресорного підвішування. Фрикційні та гідравлічні демпфери дають можливість гасити коливання, які створюються при русі МРЕРС, однак регулювання їх параметрів при різній загрузці вагонів неможлива; застосування пневматичних ресор дає можливість регулювання параметрів демпфування, в залежності від загрузки вагону та величини зовнішніх впливів, однак пневматичне підвішування потребує додаткових втрат енергії та потужностей пневматичної системи МРЕРС. Перспективними системами для гасіння коливань, які можливо встановити на МРЕРС, можуть бути електромеханічні амортизатори, що поширені в останній час на автомобільному транспорті.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бачурин Н. С. Ходовые части трамвайных вагонов : справочник / Н. С. Бачурин, А. А. Красниченко, Д. Ю. Шавырин. – Екатеринбург : УрГУПС, 2011. – 40 с.
2. Иванов М.Д. Трамвайные вагоны Т-3 / М.Д. Иванов, А.А. Пономарев, Б.К. Иеропольский. – М.: Транспорт, 1977. – 240 с.
3. Ph. Hérisse. Трамвайные вагоны Combino / Ph. Hérisse // Vie Rail. – 2000. – № 2761.
4. Кулаков Б. М. Ремонт трамвайных вагонов / Б. М. Кулаков, М. Я. Резник – М. : Транспорт, 1980. – 463 с.
5. Bombardier Wins Contract for 24 Low-floor Flexity Classic Trams in Krakow [Electronic resource]. –Transportation: [site]. URL: <http://www.bombardier.com>.
6. Tram and light rail transits [Electronic resource]. – Rail solution : [site]. URL: <http://www.siemens.com>.
7. Візок мод. 68-7054 для вагонів метрополитену [Electronic resource]. URL: <http://www.kvsz.com>.
8. Ёе Вин Хан. Обоснование параметров пневморессоры рессорного подвешивания для вагона метрополитена города Янгон республики Мьянма. – Дисс. ... канд. техн. наук по спец.05.22.07 – подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация. – М., 2014. – 132 с.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С. Г. Буряковский,
Науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут «Молнія»
Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків
Received (Надійшла) 29.07.2018
Accepted for publication (Прийнята до друку) 17.10.2018

Анализ конструкций рессорных подвешиваний рельсового городского электроподвижного состава

Н. П. Лукашова, Т. П. Павленко, Б. Г. Любарский, А. Н. Петренко

Объект, который рассматривается в статье – рессорное подвешивание городского рельсового электроподвижного состава. **Цель статьи:** провести анализ современного состояния конструкций рессорных подвешиваемых рельсового городского электроподвижного состава и выявить перспективные направления для их совершенствования. **Результаты.** В статье рассмотрены современные технические решения, используемые в рессорных подвешиваниях трамвайных вагонов: тележка трамвайного вагона Т-3, Чехословакия; тележка трамвайного вагона «Спектр» производства ОАО «Уралтрансмаш», Россия; тележка низкопольного трамвайного вагона Flexx Urban 1000 фирмы Bombardier, Канада. Проведен анализ конструкций рессорных подвешиваемых трамвайных и метро вагонов городского электроподвижного состава. **Выводы.** Определено, что в тележках трамвайных и метро вагонов, чаще всего для гашения колебаний применяются фрикционные гасители колебаний, устанавливаемые в центральном подвешивании; в последних современных конструкциях, как на трамвайных вагонах так и на вагонах метро для гашения колебаний стали использовать пневматическое регулируемое подвешивания, которое устанавливается вместо фрикционного демпфера во второй степени рессорного подвешивания. Перспективными системами для гашения колебаний, которые можно установить на МРЕРС, могут быть электромеханические амортизаторы, распространенные в последнее время на автомобильном транспорте.

Ключевые слова: городской рельсовый электроподвижной состав, трамвай, метровагон, рессорное подвешивание, гаситель колебаний, тележка, пневмоподвешивание, центральное подвешивание трамвая.

Analysis of constructions of resports lingings of rail city electric mobile composition

N. Lukashova, T. Pavlenko, B. Liubarskyi, O. Petrenko

The object under consideration in the article is the spring suspension of the city railroad electric vehicle. **The purpose of the article:** to carry out an analysis of the current state of the structures of spring suspensions of the railroad urban electric vehicle and identify perspective directions for their improvement. **Results** The article considers modern technical solutions used in the spring suspension of tram cars: the trolley of the tramcar Т-3, Czechoslovakia; Trolleybus car "Spectrum" produced by OJSC "Uraltransmash", Russia; The trolley of Flexx Urban 1000 tram carriages in Bombardier, Canada. The article analyzes the designs of spring suspended tram and subway cars of city electric rolling stock. **Conclusions.** It was determined that in the tram and subway carriages, most often, friction dampers are used to dampen vibrations, which are installed in the central suspension; in the latest modern constructions, both on tram-wagons and on subway cars, pneumatic adjustable under-hanging, which is installed instead of the friction damper in the second degree of spring suspension, has been used to dampen vibrations. Propulsion systems for extinguishing oscillations that can be installed on the MERS, may be electromechanical shock absorbers, which are widespread in recent times in road transport.

Keywords: city rail electric rolling stock, tram, metro car, spring suspension, vibration damper, trolley, pneumatic suspension, central suspension of the tram.