

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

УДК 629.42.027.1-048.78

С. В. МЯМЛИН¹, Л. А. НЕДУЖАЯ^{2*}

¹Проректор по научной работе, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел./факс + 38 (056) 793 19 03, эл. почта sergeymyamin@gmail.com

^{2*}Каф. «Строительная механика», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел./факс + 38 (056) 793 19 03, эл. почта nlorhen@i.ua

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ХОДОВЫХ ЧАСТЕЙ ЛОКОМОТИВОВ

Цель. Для определения динамических качеств магистральных грузовых локомотивов, которые характеризуют их безопасное движение по прямолинейным и криволинейным участкам пути во всем диапазоне эксплуатационных скоростей, необходим целый комплекс исследований, который включает в себя выбор расчетной схемы, разработку соответствующей математической модели пространственных колебаний локомотива, составление компьютерной программы вычислений, проведение теоретических, а потом и экспериментальных исследований новых конструкций. При этом необходимо выполнить сопоставление результатов с показателями существующих конструкций. Одним из необходимых условий качественного улучшения тягового подвижного состава железных дорог является определение параметров его ходовых частей. Среди вопросов, связанных с этой проблемой, важное место занимает задача определения динамических качеств локомотивов на стадии проектирования с учетом выбранных технических решений в конструкции ходовых частей. **Методика.** Исследования математического моделирования проводятся методом численного интегрирования динамической нагруженности магистрального локомотива с использованием программного комплекса «Dynamics of Rail Vehicles» («DYNRAIL»). **Результаты.** Результаты исследований совершенствования конструкций ходовых частей локомотивов показали, что создание современного локомотива требует от конструкторов и ученых реализации научных и технических решений, обеспечивающих повышение конструкционной скорости с одновременным улучшением тяговых, тормозных и динамических качеств; простоту и надежность конструкции, особенно ходовой части, позволяющей снизить расходы на обслуживание и ремонт; низкую первоначальную стоимость и эксплуатационные расходы в расчете на весь жизненный цикл; высокую силу тяги при трогании, максимально приближенную к предельной по сцеплению; возможность работы в режиме кратной тяги; достаточную конструкционную скорость. **Практическая значимость.** Актуальным при совершенствовании конструкций подвижного состава является обобщение теоретических, научно-методических, экспериментальных исследований, направленных на дальнейшее улучшение ходовых частей магистральных локомотивов перспективных конструкций. Рассмотренные усовершенствования конструктивных особенностей элементов ходовых частей некоторых типов современных магистральных локомотивов, обеспечивающие необходимые динамические показатели движения экипажа, имеют практическую ценность, могут быть использованы в дальнейших разработках.

Ключевые слова: магистральный локомотив; конструкция; кузов; ходовая часть; тележка; связи; наклонные тяги; тяговые усилия; динамические показатели

Введение

Создание современного локомотива требует от конструкторов и ученых реализации научных и технических решений, обеспечивающих повышение конструкционной скорости с одновременным улучшением тяговых, тормозных и динамических качеств [4, 6, 7, 13]. При этом следует выделить такие требования:

– простая и надежная конструкция, особенно ходовой части, позволяющая снизить расходы на обслуживание и ремонт;

– низкие первоначальная стоимость и эксплуатационные расходы в расчете на весь жизненный цикл;

– высокая сила тяги при трогании, максимально приближенная к предельной по сцеплению;

– возможность работы в режиме кратной тяги;

– достаточная конструкционная скорость;

– удобная кабина управления с применением современных средств управления и контроля;

– унификация конструкции и компонентов оборудования в пределах небольшого числа серий в целях упрощения и удешевления технического обслуживания и ремонта, а также для обеспечения эксплуатационной совместимости локомотивов, принадлежащих разным сетям и компаниям.

Цель

Для определения динамических качеств магистральных грузовых локомотивов, которые характеризуют безопасное движение по прямолинейным и криволинейным участкам пути во всем диапазоне эксплуатационных скоростей, необходим целый комплекс исследований, который включает в себя выбор расчетной схемы, разработку соответствующей математической модели пространственных колебаний локомотива, составление компьютерной программы вычислений, проведение теоретических, а потом и экспериментальных исследований новых конструкций [14–16]. При этом необходимо выполнить сопоставление результатов с показателями существующих конструкций.

Одним из необходимых условий качественного улучшения тягового подвижного состава железных дорог является определение параметров его ходовых частей. Среди вопросов, связанных с этой проблемой, важное место занимает задача определения динамических качеств локомотивов на стадии проектирования с учетом выбранных технических решений в конструкции ходовых частей.

Методика

Актуальным при совершенствовании конструкций подвижного состава является обобщение теоретических, научно-методических, экспериментальных исследований, направленных на дальнейшее улучшение ходовых частей некоторых типов магистральных локомотивов перспективных конструкций.

Исследования математического моделирования проводятся методом численного интегрирования динамической нагруженности магистрального локомотива с использованием программного комплекса «Dynamics of Rail Vehicles» («DYNRAIL»).

Результаты

В конце прошлого столетия на железных дорогах Украины эксплуатировались в основном физически и морально устаревшие электровазны. Это относилось, прежде всего, к электровазнам серии ВЛ8, которые выпускались с 1953 года, ВЛ80, производство которых началось в 1961 году, и некоторым другим. Для обеспечения железнодорожного транспорта Украины более совершенными электровазнами необходима была разработка новых конструкций. Поэтому определение рациональных значений параметров экипажной части грузового электровазона было своевременной задачей.

Для разработки математической модели пространственных колебаний электровазона и проведения последующих теоретических исследований вначале необходимо было выбрать расчетную схему.

Для этого были рассмотрены две схемы. Первая создана на базе конструкции электровазона серии ВЛ85. Это в свое время **один из мощных грузовых магистральных электровазнов переменного тока** (конструкционная скорость 110 км/ч) с опорно-осевым подвешиванием тяговых двигателей, двухсекционный двенадцатиосевой электровазон с устройствами, которые обеспечивают работу по системе многих единиц.

Каждая секция опирается на три двухосных бесшкворневых тележки, которые отличаются друг от друга исполнением: крайние имеют опоры кузова в виде люлечных подвесок (рис. 1, а), средняя – опоры кузова в виде упругих качающихся стержней (рис. 1, б). Центральное подвешивание – люлечного типа или с пружинами, с так называемой «отрицательной жесткостью» для средних тележек. Тележки цельносварные; рессорное подвешивание выполнено с применением рессор и пружин; параллельно пружинам центрального подвешивания установлены демпферы вязкого трения, буксы – поводкового типа; каждая тележка имеет два колесно-моторных блока [12].

Вторая схема создана на базе конструкции, разработанной Украинским научно-исследовательским, проектно-конструкторским и технологическим институтом электровазостроения (УЭЛНИИ), г. Днепропетровск, который входил в состав научно-производственного

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

об'єднання електровозостроєння (НПО «ДЭВЗ»). Перший грузовой український електровоз був побудований при участі цілого ряду наукових і виробничих організацій, в том числі і Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДІІТ).

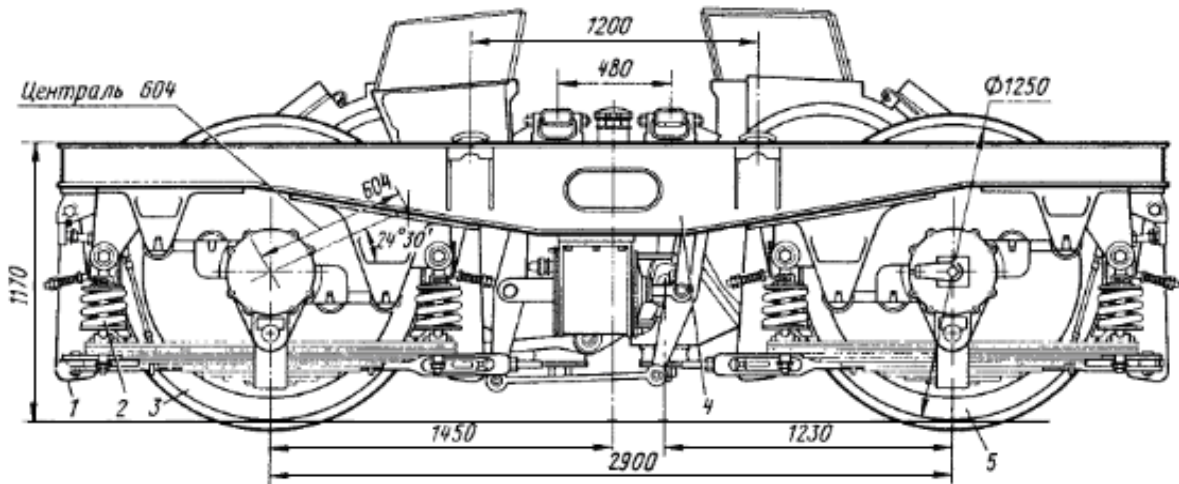
Двухосная тележка електровоза (рис. 2, а) виконана бесшкворневой, несочлененной, с индивидуальным приводом на ось и опорно-осевым підвешиванием тягових електродвигателів [2, 3].

Буксы бесчелюстные поводковые; рессорное підвешивание индивидуальное, служить для

смягчення ударов, передаваемых на надрессорное строение от неровностей пути (рис. 2, б).

Для улучшения динамических качеств экипажа на електровозе виконана конструкція люльчатого підвешивання кузова со статическим прогибом 120 мм. Кузов с каждой стороны тележки соединен двумя наклонными люльчатыми підвесками с промежуточной балкой. Каждая промежуточная балка в поперечном направлении через сферический шарнир соединена со средней балкой рамы тележки, а в продольном направлении – шарнирно с двумя тягами, которые с помощью резиновых шайб соединены с боковинами рамы тележки.

а



б

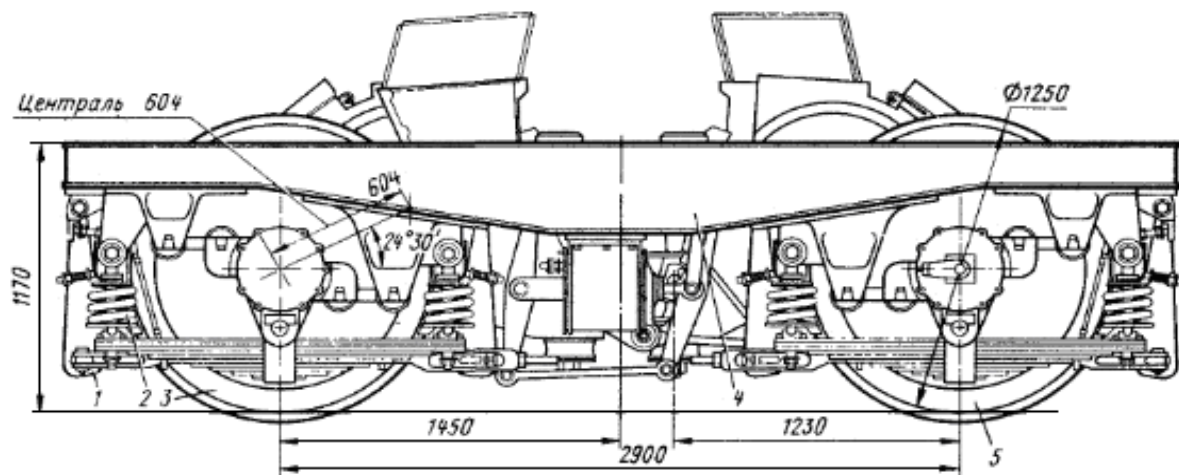


Рис. 1. Схеми тележек електровоза:
а – крайней тележки; б – средней тележки;
1 – тормозная система, 2 – рессорное підвешивание,
3, 5 – колесная пара с електродвигателем, 4 – рама тележки

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

а



б

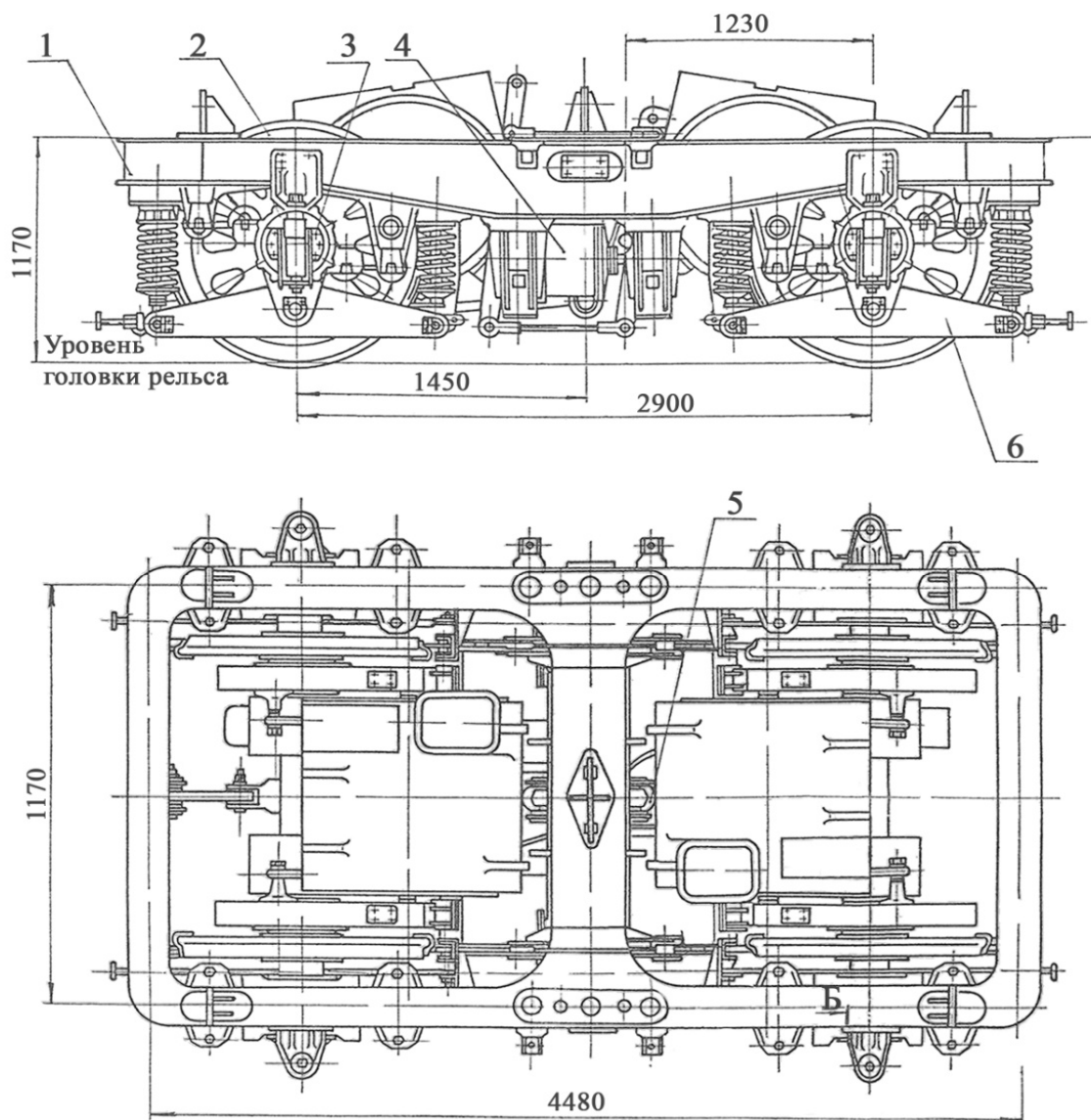


Рис. 2. Ходовая часть электровоза серии ДЭ1:

а – общий вид; б – схема тележки; 1 – рама, 2 – колесная пара, 3 – букса, 4 – тормозная система, 5 – подвеска двигателя, 6 – рессорное подвешивание

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Первая ступень подвешивания состоит из пружин, гидроамортизаторов и упругих поводков; подвешивание второй ступени – люлечное с гидроамортизаторами. В этой конструкции для повышения надежности работы люлечных подвесок пружины вертикальной связи кузова и тележек устанавливаются не на сами подвески, а между рамой тележки и промежуточными балками, которые с ней соединены шарнирно. Промежуточная балка является в этом случае рычагом, к концу которого приложена через люлечные подвески часть веса кузова, а в промежуточной точке передается нагрузка на пружины кузовного рессорного подвешивания, опирающиеся на раму тележки.

Пружины, воспринимающие вертикальную нагрузку, расположены отдельно между двумя промежуточными балками и рамой тележки. Кузов через люлечные подвески подвешен к промежуточным балкам, которые соединены с рамой тележки в горизонтальном продольном и поперечном направлениях с помощью шарнирно-стержневых связей с упруго-диссипативными элементами одностороннего действия, работающими только на сжатие.

Достоинство конструкции состоит в том, что разнесены элементы, в которых возникают восстанавливающие силы в вертикальной (пружины) и горизонтальной (люлечные подвески) плоскостях.

При вписывании экипажа в кривые возникает довольно значительный противоповоротный момент, который воспринимает промежуточная балка через упругие связи. Две люлечные подвески, расположенные по диагонали тележки, при повороте тележки должны удлиняться, две другие – укорачиваться. Возникающая кососимметричная нагрузка вынуждает промежуточные балки работать как «пропеллер», то есть совершать колебания галопирования в противоположном направлении. Этому способствует пространственный шарнир, с помощью которого обе балки соединены между собой и с рамой тележки. Таким образом, при вписывании тележки в кривые, помимо восстанавливающего момента в люлечных подвесках, возникает и восстанавливающий момент в пружинах (одна крайняя пружина из трех в комплекте, расположенном с одной стороны электровоза, сжимается, другая – растягивается, а средняя при этом выполняет поддерживающую функцию).

Далее более подробно рассмотрим основные тенденции конструктивного исполнения локомотивов, уделив основное внимание совершенствованию конструкции ходовых частей:

– Тележки магистрального шестиосного пассажирского электровоза серии ЭП10 двухосные, бесчелюстные, рессорное подвешивание – двухступенчатое. Тележка состоит из колесной пары с буксами и тяговым редуктором, системы буксового рессорного подвешивания, оснащенного гидродемпфером, рамы тележки, тягового двигателя, тормозной системы (рис. 3, а).

Среди особенностей конструкции ходовой части электровоза по сравнению с другими выделяется то, что он имеет тяговый привод 2-го класса с опорно-рамным подвешиванием тяговых двигателей, системы связей тележек с кузовом; первая и третья тележки имеют более совершенную систему второй ступени рессорного подвешивания, в которой использованы винтовые пружины типа Flexicoil [14].

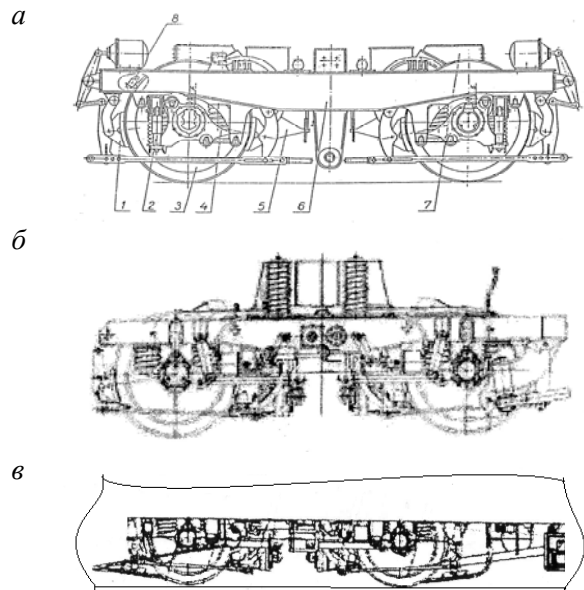


Рис. 3. Схемы тележек электровозов серий ЭП10 (а); 2ЭС6 «Синара» (б); 2ЭС10 «Гранит» (в): 1 – тормозная система, 2 – установка гидродемпферов, 3 – колесная пара с буксами и редуктором, 4 – рессорная система буксовой ступени, 5 – корпус тягового редуктора, 6 – рама тележки, 7 – тяговый двигатель, 8 – устройство смазки гребней

– Кузов каждой секции электровоза 2ЭС6 «Синара» опирается на две двухосные бесчелюстные тележки (рис. 3, б). Кузов и тележки связаны между собой в вертикальном и по-

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

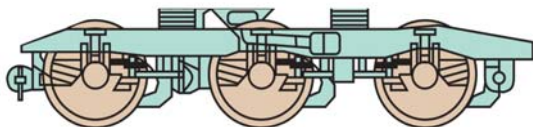
перечном напрямленнях с помощью упругих и демпфирующих элементов – с помощью пружин типа «Флексикойл» через специальные упоры-ограничители и цельные наклонные тяги; для гашения колебаний кузова и подрессоренных частей тележки применены вертикальные буксовые гидродемпферы, а также вертикальные и горизонтальные кузовные гидродемпферы. Рессорное подвешивание двухступенчатое с общим статическим прогибом не менее 130 мм [5].

– Кузов и тележки электровоза серии 2ЭС10 «Гранит» связаны между собой в вертикальном и поперечном направлениях с помощью упругих и демпфирующих элементов.

Максимальные взаимные перемещения тележек и кузова электровоза серии 2ЭС10 в вертикальном и поперечном направлениях ограничены специальными упорами. Передача силы тяги и торможения от тележек к кузову осуществляется цельными наклонными тягами (рис. 3, в) [11].

– Тележки тепловоза Еуго 4000 (рис. 4, а) имеют стальные рамы и оснащены двухступенчатым опорно-осевым рессорным подвешиванием, в буксовой ступени которого применены цилиндрические винтовые пружины, а в центральной – упругие резинометаллические элементы. Установлены также гасители вертикальных, горизонтальных и угловых колебаний [18].

а



б

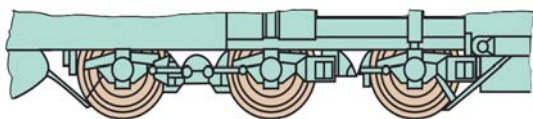


Рис. 4. Модели тележек тепловозов Еуго 4000 (а); Махiма 40СС (б)

– В конструкции тележки тепловоза Махiма 40СС (рис. 4, б) во второй ступени рессорного подвешивания применены винтовые пружины типа Flexicoil, обеспечивающие пониженное воздействие локомотива на путь. Передача продольных усилий между кузовом и тележками осуществляется посредством низко расположенных тяг [18]. Тележки оснащены также независимыми системами противобоксовочной и противоюзной защиты.

– В разработках ходовой части локомотивов семейства Prima видно, что связь между кузовом и тележками (рис. 5) осуществляется посредством двух наклонных стержней, работающих на растяжение/сжатие. Стержни передают тяговые и тормозные усилия на уровне головок рельсов. Такое решение позволяет снизить до минимума разгрузку колесных пар и оптимально использовать имеющуюся сцепную массу [9]. Тяговые двигатели имеют опорно-осевую подвеску и опираются на оси колесных пар локомотива через подшипниковые втулки.

На верхнюю часть продольных балок опираются пружины центральной (второй) ступени рессорного подвешивания тележки. Продольные балки в свою очередь опираются на пружины буксовой (первой) ступени рессорного подвешивания.

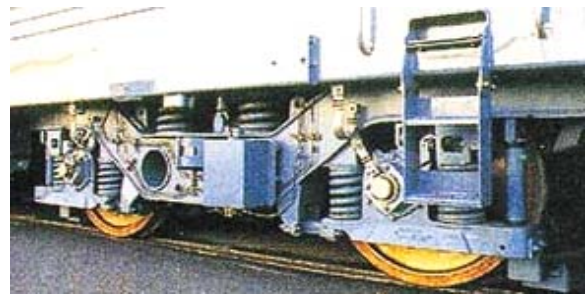
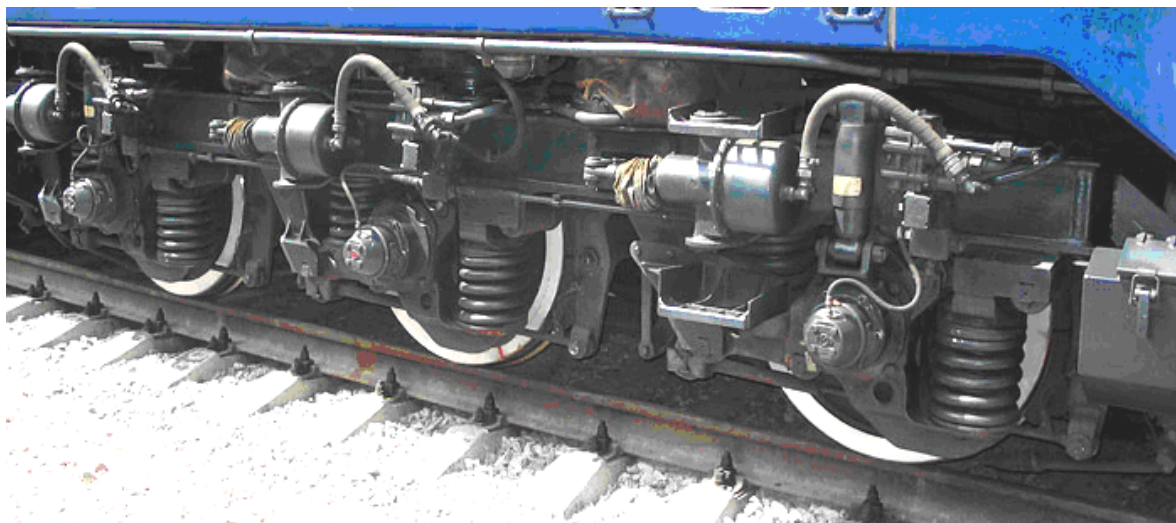


Рис. 5. Общий вид ходовой части локомотива семейства Prima

– Ходовая часть магистрального шестиосного пассажирского тепловоза серии ТЭП150 состоит из двух бесчелюстных трехосных тележек с индивидуальным приводом колесных пар и опорно-рамным подвешиванием тяговых двигателей (рис. 6, а). Передача тяги осуществляется одноступенчатой передачей и упругой муфтой. Конструкция тележки предусматривает одностороннее расположение тяговых двигателей, что позволяет увеличить коэффициент использования сцепного веса. Упругое двухступенчатое индивидуальное рессорное подвешивание [1] с общим статическим прогибом не менее 160 мм состоит из 24 комплектов пружин, установленных на крыльях букс, на которые опирается рама тележки, регулируемых шайб и резинометаллических элементов, которые подвешивают виброзащиту оборудования и разгружают пружину от изгибающих моментов, увеличивая ее ресурс; обеспечивает плавный ход тепловоза.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

a



б

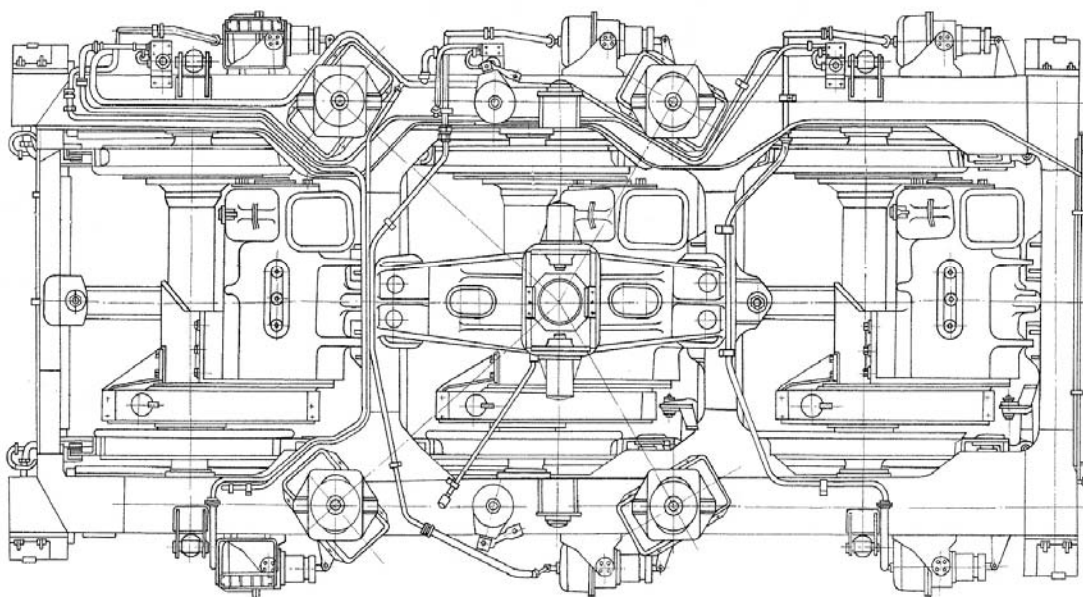
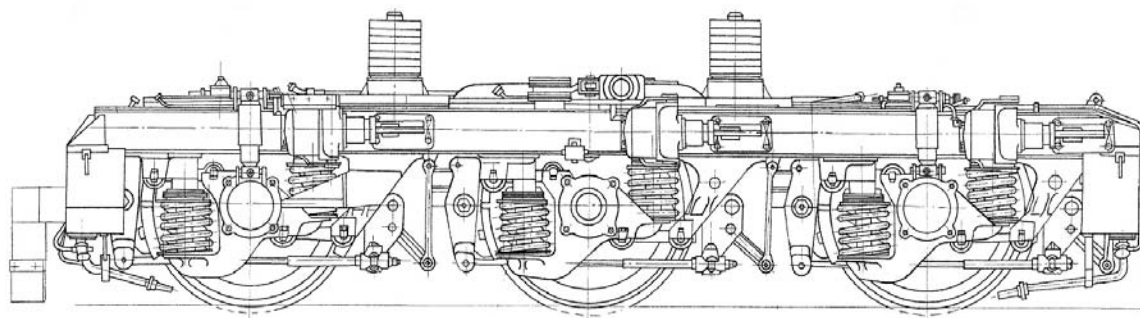


Рис. 6. Ходовая часть тепловоза серии ТЭП150:
a – общий вид; *б* – схема тележки

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Буксы соединяются с рамой через упругие подкладки, воспринимающая продольные тягово-тормозные, поперечные и вертикальные усилия. Пружины воспринимают вертикальные статические и динамические силы, а также горизонтально-поперечные усилия от динамического взаимодействия колеса и рельса.

Поперечные силы от оси колесной пары на раму тележки передаются через упорный подшипник и упругий элемент (рис. 6, б).

– Тележка магистрального шестиосного пассажирского электровоза ЭП2К (рис. 7, а) – трехосная с индивидуальным приводом колесных пар и опорно-рамным подвешиванием тяговых двигателей и осевых редукторов.

Рессорное подвешивание – двухступенчатое (рис. 7, б). Первая ступень – опора рамы тележки на буксовые узлы колесных пар, выполнена на пружинах 3 со статическим прогибом 97 мм. Вторая ступень – опора кузова на раму тележки, выполнена на пружинах 2 со статическим прогибом 118 мм. Для гашения колебаний установлены гидравлические гасители колебаний 4: четыре вертикальных, два горизонтальных и шесть буксовых [10].

– Механическая часть магистрального пассажирского электровоза серии ЭП20 состоит из кузова и трех двухосных бесшкворневых тележек (рис. 8).

Вертикальная и поперечная связи кузова с тележками осуществлены на крайних тележках посредством опор типа «Flexicoil», а на средней – посредством опор кузова на среднюю тележку, конструктивно выполненных в виде упругих качающихся сжатых стержней. Продольная связь тележек с кузовом реализована наклонными тягами двустороннего действия, работающими на растяжение-сжатие [8].

При подаче питающего напряжения на тяговые двигатели их валы приводятся во вращение, вращающий момент через редуктор и передаточный механизм, состоящий из полого вала и двух муфт, передается на колесные пары, которые преобразуют вращающий момент в поступательное движение электровоза.

Передача силы тяги, возникающей в контакте колеса и рельса, от колесной пары на раму тележки осуществляется через буксовые тяги. От рамы тележки сила тяги передается на раму кузова при помощи наклонной тяги, закрепленной одним концом к кронштейну на нижнем листе среднего бруса рамы тележки, а другим – к кронштейну

с упругими элементами на раме кузова.

При проезде тележкой неровностей пути возникающая дополнительная вертикальная нагрузка воспринимается пружинами буксового рессорного подвешивания, что снижает воздействие электровоза на путь. Колебания рамы тележки, возникающие при проезде неровностей пути, гасятся гидродемпферами, установленными в буксовой ступени подвешивания между корпусом буксы и рамой тележки.

Практическая значимость

Таким образом, можно сделать вывод, что создание современного локомотива требует реализации научных и технических решений, которые бы обеспечивали повышение конструкционной скорости с одновременным улучшением тяговых, тормозных и динамических качеств, простоту и надежность конструкции, особенно ходовой части. Это позволяет снизить расходы на обслуживание и ремонт, начальную стоимость и эксплуатационные расходы в расчете на весь жизненный цикл, обеспечить высокую силу тяги, максимально приближенную к предельной по сцеплению, возможность работы в режиме кратной тяги, достаточную конструкционную скорость.

Проведенные авторами исследования относительно усовершенствования конструкций ходовых частей локомотивов являются актуальными, имеют практическую ценность, могут быть использованы в дальнейших как отечественных, так и зарубежных разработках.

Выводы

Так как актуальным при совершенствовании конструкций подвижного состава является обобщение теоретических, научно-методических, экспериментальных исследований, направленных на дальнейшее улучшение ходовых частей магистральных локомотивов перспективных конструкций, в работе рассмотрены основные тенденции конструктивного исполнения некоторых типов магистральных локомотивов. Основное внимание уделено совершенствованию конструкции ходовых частей.

Таким образом, рассмотрены конструктивные особенности элементов ходовых частей современных магистральных локомотивов, обеспечивающие необходимые динамические показатели движения экипажа.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

а



б

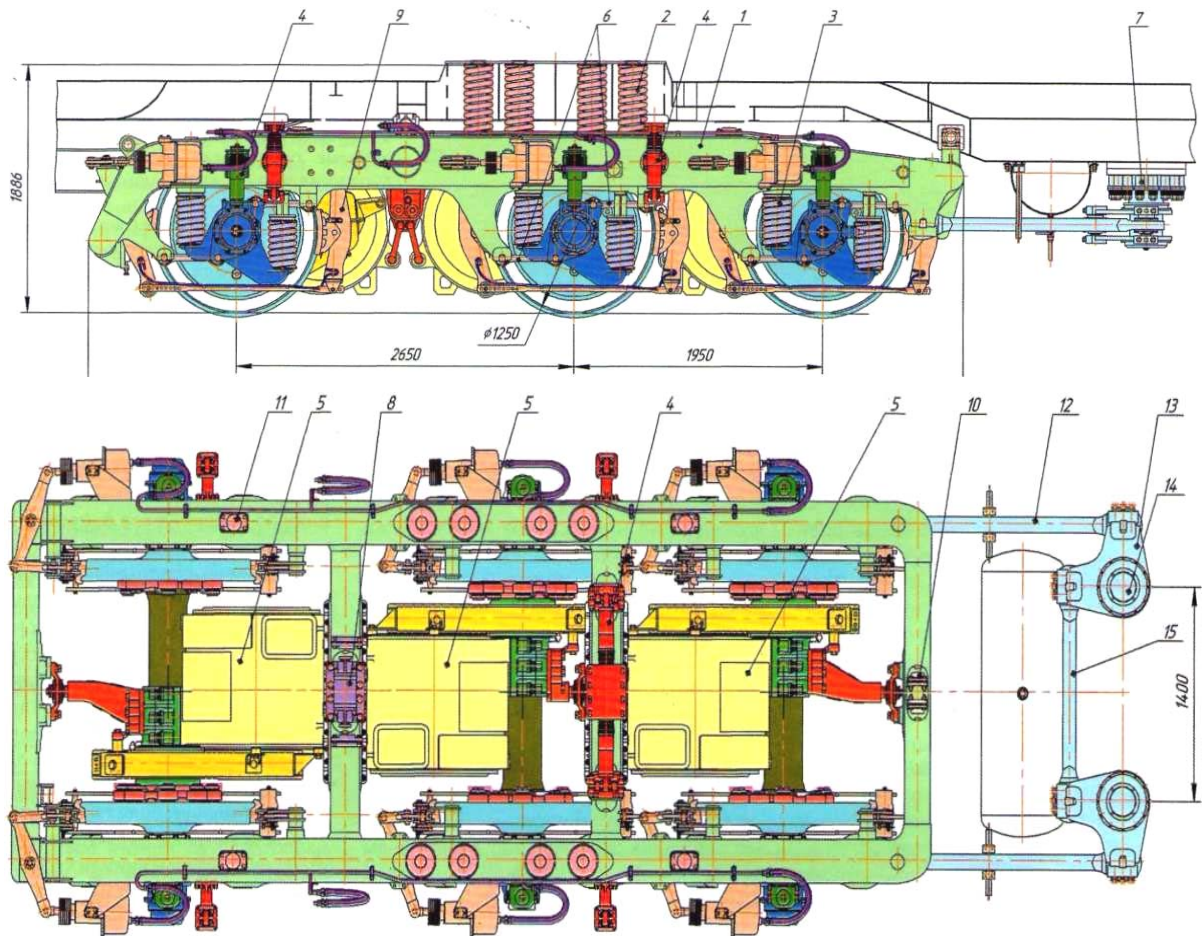


Рис. 7. Ходовая часть электровоза серии ЭП2К:

а – общий вид; б – схемы тележки;

1 – рама тележки; 2 – пружины второй ступени рессорного подвешивания; 3 – пружины первой ступени рессорного подвешивания; 4 – гидравлические гасители колебаний; 5 – колесно-моторный блок; 6 – буксовые поводки; 7 – механизм передачи силы тяги от тележки к кузову; 8 – возвращающее устройство; 9 – рычажная передача тормоза; 10 – упоры при угловых поворотах тележки; 11 – упоры при вертикальных деформациях пружин опор кузова; 12 – продольная тяга; 13 – двуплечий рычаг; 14 – шкворень; 15 – поперечная тяга

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

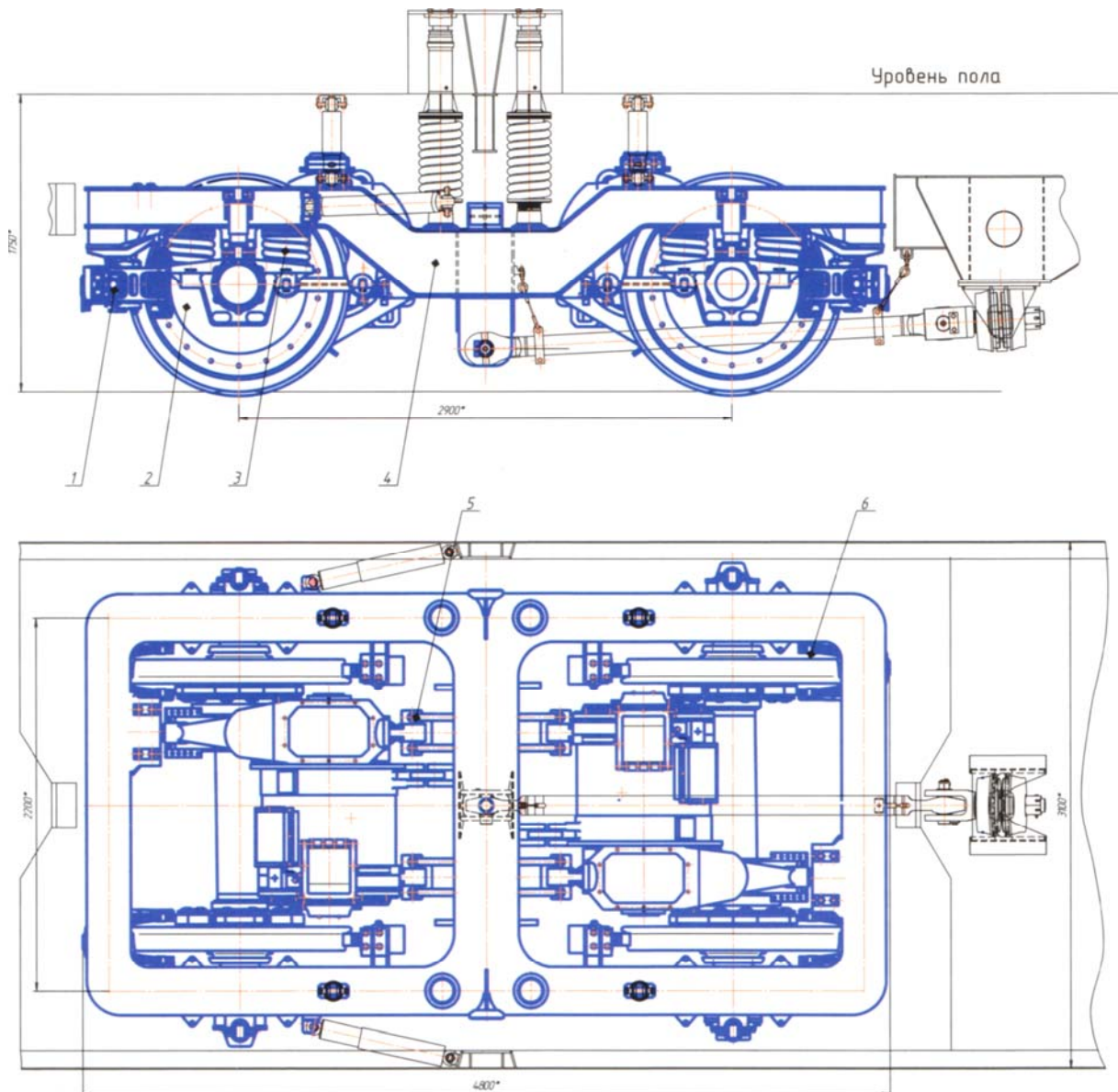


Рис. 8. Тележка электровоза серии ЭП20

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Басов, Г. Г. Теоретичні й експериментальні дослідження екіпажної частини тепловозів : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Г. Г. Басов, В. І. Нестеренко. – Луганськ : Ноулідж, 2011. – 247 с.
2. Блохин, Е. П. Динамические характеристики и рациональные значения параметров ходовых частей электровоза ДЭ1 / Е. П. Блохин, В. Д. Данович, Л. А. Недужая // Трансп. : зб. наук. пр. Дніпропетр. держ. техн. ун-ту залізн. трансп. – Д., 2002. – № 11. – С. 8–16.
3. Браташ, В. А. Тележка ДЭ1 / В. А. Браташ, В. А. Смородин, Ю. Ф. Палий // Трансп. : зб. наук. пр. Дніпропетр. держ. техн. ун-ту залізн. трансп. – Д., 2002. – № 11. – С. 21–23.
4. Горбунов, Н. И. Анализ факторов, снижающих тягово-сцепные качества локомотивов / Н. И. Горбунов, Е. А. Кравченко, М. В. Ковталец // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. Лазаряна. – Д., 2009. – Вип. 30. – С. 125–128.
5. Грузовой электровоз постоянного тока 2ЭС6 // Локомотив. – 2008. – № 2. – С. 31–33.
6. Дайлидка, С. Обновление локомотивного парка Литовских железных дорог /

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

- С. Дайлидка, С. В. Мямлін, Л. А. Недужая // 36. наук. пр. Донец. ін-ту залізн. трансп. – Донецьк, 2011. – № 28. – С. 174–179.
7. Дайлидка, С. Инновационные решения при создании магистрального локомотива для железных дорог Литвы / С. Дайлидка, С. В. Мямлин, Л. А. Недужая // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ, 2012. – № 3. – С. 52–58.
 8. Знакомьтесь: Электровоз ЭП20 // Локомотив. – 2013. – № 4. – С. 34–37.
 9. Механическая часть грузовых локомотивов семейства Prima // Железные дороги мира. – 2009. – № 5. – С. 32–45.
 10. Особенности электрических схем электровоза ЭП2К // Локомотив. – 2013. – № 3. – С. 22–26.
 11. Основные параметры и характеристики электровоза 2ЭС10 // Локомотив-информ. – 2012. – № 5. – С. 16–19.
 12. Тушканов, Б. А. Электровоз ВЛ85. Рук. по эксплуатации / Б. А. Тушканов, Н. Г. Пушкарев, Л. А. Позднякова. – М.: Транспорт, 1992. – 480 с.
 13. Султан, А. В. Исследование усталостной прочности рамы тележки электровоза ДСЗ методом конечно-элементного моделирования / А. В. Султан, Б. Н. Товт // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. Лазаряна. – Д., 2009. – Вип. 30. – С. 230–234.
 14. Электровоз двойного питания ЭП10: особенности конструкции и электрических схем // Локомотив. – 1999. – № 12. – С. 9–11.
 15. Gubacheva, L. Alternative fuels for transport / L. Gubacheva, A. Andreev, D. Shevchenko // TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. – 2011. – № 11 A. – P. 99–106.
 16. Myamlin, S. Construction Analysis of Mechanical Parts of Locomotives / S. Myamlin, M. Luchanin, L. Neduzha // TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. – 2013. – № 3. – P. 162–169.
 17. Myamlin, S. Mathematical Modeling of a Cargo Locomotive / S. Myamlin, S. Dailidka, L. Neduzha // Proc. of 16th Intern. Conf. Transport Means. – Kaunas, 2012. – P. 310–312.
 18. New diesel locomotives for the railways in Europe // Railway Gazette Intern. – 2006. – № 7. – P. 402–403.

С. В. МЯМЛІН¹, Л. О. НЕДУЖА^{2*}

¹Проректор з наукової роботи, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел./факс +38 (056) 793 19 03, ел. пошта sergeymyamlin@gmail.com

^{2*}Каф. «Будівельна механіка», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел./факс +38 (056) 793 19 03, ел. пошта plorhen@i.ua

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ХОДОВИХ ЧАСТИН ЛОКОМОТИВІВ

Мета. Для визначення динамічних якостей магістральних вантажних локомотивів, які характеризують безпечний рух по прямолінійних і криволінійних ділянках колії у всьому діапазоні експлуатаційних швидкостей, необхідний цілий комплекс досліджень, який включає вибір розрахункової схеми, розробку відповідної математичної моделі просторових коливань локомотива, складання комп'ютерної програми обчислювань, проведення теоретичних, а потім і експериментальних досліджень нових конструкцій. При цьому необхідно виконати зіставлення результатів з показниками існуючих конструкцій. Однією з необхідних умов якісного поліпшення тягового рухомого складу залізниць є визначення параметрів його ходових частин. Серед питань, пов'язаних з цією проблемою, важливе місце займає задача визначення динамічних якостей локомотивів на стадії проектування з урахуванням обраних технічних рішень в конструкції ходових частин. **Методика.** Дослідження математичного моделювання виконувалося методом числового інтегрування динамічної завантаженості магістрального локомотива з використанням програмного комплексу «Dynamics of Rail Vehicles» («DYNRAIL»). **Результати.** У результаті досліджень удосконалення конструкцій ходових частин локомотивів видно, що створення сучасного локомотива потребує від конструкторів і вчених реалізації наукових і технічних рішень, що забезпечують підвищення конструкційної швидкості з одночасним поліпшенням тягових, гальмівних і динамічних якостей; простоту та надійність конструкції, особливо ходової частини, що дозволяє знизити витрати на обслуговування і ремонт, низьку початкову вартість і експлуатаційні витрати в розрахунку на весь життєвий цикл; високу силу тяги, максимально наближену до граничної за зчепленням; можливість роботи в режимі кратної тяги; достатню конструкційну швидкість. **Практична значимість.** Актуальним при удосконаленні конструкцій рухомого

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

складу є узагальнення теоретичних, науково-методичних, експериментальних досліджень, спрямованих на подальше покращення ходових частин магістральних локомотивів перспективних конструкцій. Розглянуті удосконалення конструктивних особливостей елементів ходових частин деяких типів сучасних магістральних локомотивів, які забезпечують необхідні динамічні показники руху екіпажу, мають практичну цінність, можуть бути використані в подальших розробках.

Ключові слова: магістральний локомотив; конструкція; кузов; ходова частина; візок; зв'язки; похилі тяги; тягові зусилля; динамічні показники

S. V. MYAMLIN¹, L. O. NEDUZHA^{2*}

¹Vice-Rector, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel./fax +38 (056) 793 19 03, e-mail sergeymyamin@gmail.com

^{2*}Dep. «Structural Mechanics», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel./fax +38 (056) 793 19 03, e-mail nlorhen@i.ua

DESIGN IMPROVEMENT OF THE LOCOMOTIVE RUNNING GEARS

Purpose. To determine the dynamic qualities of the mainline freight locomotives characterizing the safe motion in tangent and curved track sections at all operational speeds, one needs a whole set of studies, which includes a selection of the design scheme, development of the corresponding mathematical model of the locomotive spatial fluctuations, construction of the computer calculation program, conducting of the theoretical and then experimental studies of the new designs. In this case, one should compare the results with existing designs. One of the necessary conditions for the qualitative improvement of the traction rolling stock is to define the parameters of its running gears. Among the issues related to this problem, an important place is occupied by the task of determining the locomotive dynamic properties on the stage of projection, taking into account the selected technical solutions in the running gear design. **Methodology.** The mathematical modeling studies are carried out by the numerical integration method of the dynamic loading for the mainline locomotive using the software package «Dynamics of Rail Vehicles» («DYNRAIL»). **Findings.** As a result of research for the improvement of locomotive running gear design it can be seen that the creation of the modern locomotive requires from engineers and scientists the realization of scientific and technical solutions. The solutions enhancing design speed with simultaneous improvement of the traction, braking and dynamic qualities to provide a simple and reliable design, especially the running gear, reducing the costs for maintenance and repair, low initial cost and operating costs for the whole service life, high traction force when starting, which is as close as possible to the ultimate force of adhesion, the ability to work in multiple traction mode and sufficient design speed. **Practical Value.** The generalization of theoretical, scientific and methodological, experimental studies aimed at further improvement of the running parts for the mainline locomotives of promising designs is urgent for improving the rolling stock design. The observed improvements of the design features of the running gear elements for some types of the modern mainline locomotives, providing the necessary dynamic parameters of the vehicle movement are relevant; they have the practical value and can be used for further developments.

Keywords: main locomotive construction; body; running parts; bogie; communication; oblique thrust; traction forces; dynamic performance

REFERENCE

1. Basov H.H., Nesterenko V.I. *Teoretychni i eksperymentalni doslidzhennia ekipazhnoi chastyny teplovoziv* [Theoretical and experimental study of the locomotive running gears]. Luhansk, Noulidzh Publ., 2011. 247 p.
2. Blokhin Ye.P., Danovich V.D., Neduzhaya L.A., Korotenko M.L., Litvin V.A., Reydemeyster A.G. Dinamicheskiye kharakteristiki i ratsionalnyye znacheniya parametrov khodovykh chastey elektrovoza DE1 [The dynamic characteristics and rational values of parameters of running gears for electric locomotive DE1]. *Transport*. [Transport], 2002, issue 11, pp. 8-16.
3. Bratash V.O., Smorodin V.O., Paliy Yu.F. Telezhka DE1 [Bogie DE1]. *Transport*. [Transport], 2002, issue 11, pp. 21-23.
4. Gorbunov N.I., Kravchenko Ye.A., Kovtanets M.V. Analiz faktorov, snizhayushchikh tyagovo-stsepnnye kachestva lokomotivov [Analysis of the factors reducing the traction-adhesion characteristics of the locomotives]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni*

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

- akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2009, issue 30, pp. 125-128.
5. Gruzovoy elektrovoz postoyannogo toka 2EC6 [Freight electric locomotive of direct current 2EC6]. *Lokomotiv - Locomotive*, 2008, no. 2, pp. 31-33.
 6. Dailidka S., Myamlin S.V., Neduzhaya L.A., Obnovleniye lokomotivnoho parka Litovskikh zheleznykh dorog [Renewal of locomotive stock of Lithuanian Railways]. *Zbirnyk naukovykh prats Donetskoho instututa zaliznychnoho transportu* [Proc. of Donetsk Railway Transport Institute], 2011, issue 28, pp. 174-179.
 7. Dailidka S., Myamlin S.V., Neduzhaya L.A. Innovatsyonnyye resheniya pri sozdanii magistralnogo lokomotiva dlya zheleznykh dorog Litvy [Innovative solutions when designing the main locomotive for the Lithuanian Railways]. *Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni V. Dalya* [Bulletin of the East Ukrainian National University named after V. Dahl], 2012, issue 3, pp. 52-58.
 8. Znakomtes: Elektrovoz EP20 [Meet: the electric locomotive EP20]. *Lokomotiv - Locomotive*, 2013, no. 4, pp. 34-37.
 9. Mekhanicheskaya chast gruzovykh lokomotivov semeystva Prima [The mechanical part of freight locomotives of the family Prima]. *Zheleznyye dorogi mira – Railways of the world*, 2009, no. 5, pp. 32-45.
 10. Osobennosti elektricheskikh skhem elektrovoza EP2K [Characteristics of the electric schemes electric of the locomotive EP2K]. *Lokomotiv - Locomotive*, 2013, no. 3, pp. 22-26.
 11. Osnovnyye parametry i kharakteristiki elektrovoza 2EC10 [The main parameters and characteristics of electric locomotive 2ES10]. *Lokomotiv-inform. – Locomotive-inform*, 2012, no. 5, pp. 16-19.
 12. Tushkanov V.A., Pushkarev N.G., Pozdnyakova L.A. *Elektrovoz VL85. Rukovodstvo po ekspluatatsii* [Electric locomotive VL85. Operating instructions]. Moscow, Transport Publ., 1992, 480 p.
 13. Sultan A.V., Tovt B.N. Issledovaniye ustalostnoy prochnosti ramy telezhki elektrovoza DS3 metodom konechno-elementnogo modelirovaniya [Investigation of the fatigue strength of the bogie frame for the electric locomotive DS3 using the method of finite-element modeling]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2009, issue 30, pp. 230-234.
 14. Elektrovoz dvoynogo pitaniya EP10: osobennosti konstruktсии i elektricheskikh skhem [Electric locomotive dual power supply EP10: special design and electric schemes]. *Lokomotiv – Locomotive*, 1999, no. 12, pp. 9-11.
 15. Gubacheva L., Andreev A., Shevchenko D. Alternative fuels for transport. *TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture*, 2011, no. 11 A, pp. 99-106.
 16. Myamlin S., Luchanin M., Neduzha L. Construction Analysis of Mechanical Parts of Locomotives. *TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture*, 2013, no. 3, pp. 162–169
 17. Myamlin, S., Dailidka S., Neduzha L. Mathematical Modeling of a Cargo Locomotive. Proc. of 16th Int. Conf. “Transport Means 2012”. Kaunas, 2012, pp. 310-312.
 18. New diesel locomotives for the railways in Europe. *Railway Gazette International*, 2006, no. 7, pp. 402-403.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. В. Л. Горобцом (Украина); д.т.н., проф. О. А. Бейгулом (Украина)

Поступила в редколлегию 22.08.2013

Принята к печати 11.09.2013