

Мямлин С. В., д. т. н., профессор, проректор по научной работе,
Недужая Л. А., к. т. н., доцент кафедры «Строительная механика»,
 Днепрпетровский национальный университет
 железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна

УДК [629.42:656.2.078]:338.47

Перспективы развития рынка локомотивов и их ходовых частей

Рассмотрено текущее состояние рынка локомотивов и их ходовых частей и намечены дальнейшие перспективы.

Несмотря на стадии мирового финансово-экономического кризиса и влияние многочисленных факторов (как внутренних, так и внешних) на развитие экономики в различных странах, роль транспорта остается одной из основополагающих. Экологичность и высокая провозная способность являются важными аргументами при выборе железнодорожного транспорта как оптимального вида транспорта для перевозок [1; 2]. На современном этапе перед железнодорожным транспортом ставятся такие основные стратегические задачи [3; 4]:

- увеличение массы грузовых поездов и осевых нагрузок грузовых локомотивов;
- модернизация тягового подвижного состава по современным проектам с использованием энергосберегающих технологий;
- обновление парка подвижного состава нового поколения, который бы соответствовал действующим европейским экологическим нормам;
- повышение уровня безопасности движения, снижение аварийности;
- улучшение технико-экономических показателей работы железных дорог бла-

годаря переходу на инновационный путь создания подвижного состава.

Эти задачи, а также требования к подвижному составу (в рамках действующих стандартов) обуславливают основное направление по совершенствованию конструкций локомотивов и особенно их ходовых частей, т. к. в основном именно они влияют на формирование динамических качеств локомотивов, от правильно выбранных технических характеристик зависят их основные эксплуатационные и экономические показатели. При этом все более

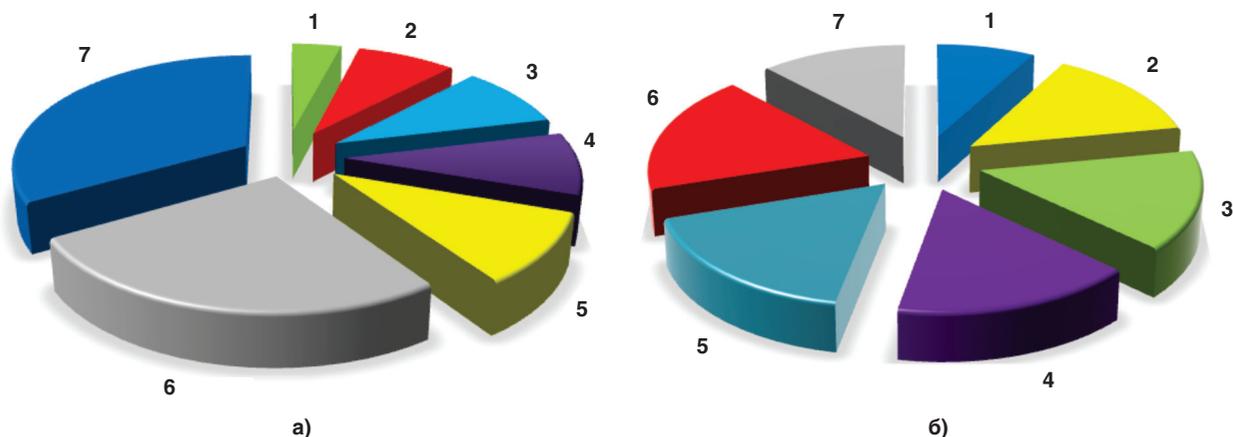


Рис. 1. Доли ведущих компаний-изготовителей на мировом рынке:
 а — новых локомотивов: 1 — Siemens, 4%; 2 — EMD, 8%; 3 — Bombardier, 9%;
 4 — ЗАО «Трансмашхолдинг», 10%; 5 — GETS, 10%; 6 — CNR/CSR, 26%; 7 — остальные, 33%;
 б — новых электровозов: 1 — Siemens, 8%; 2 — CSR, 14%; 3 — CLW, 15%; 4 — ЗАО «Трансмашхолдинг», 16%;
 5 — CNR, 17%; 6 — Bombardier, 18%; 7 — остальные, включая Alstom, 12%



Рис. 2. Общий вид тележки SF1

важным становится реализация принципов унификации, модульности и стандартизации при создании новых конструкций тягового подвижного состава.

В целом рост общемирового объема закупок новых локомотивов (рис. 1, а) остается стабильным [1]. Появление инновационных технических решений и отмечаемая во многих странах потребность в обновлении парка локомотивов способствуют дальнейшему росту рынка электровозов в ближайшие годы (рис. 1, б). За последние несколько лет доля электровозов в общей численности тягового подвижного состава заметно возросла (во всем мире сейчас насчитывается около 47 тыс. электровозов), однако в целом тепловозная тяга остается доминирующей, и число электровозов не превышает 30% суммарной численности локомотивов [2].

В последние годы свою нишу на рынке новых локомотивов непрерывно увеличивали две китайские локомотивовогостроительные корпорации: China North Locomotive and Rolling Stock (CNR) и China South Locomotive & Rolling Stock (CSR), которые стали ведущими поставщиками как тепловозов, так и электровозов [1]. На рынке электровозов (рис. 1, б), помимо CNR и CSR, доминирует компания Bombardier, крупными поставщиками электровозов являются Alstom и Siemens — третья часть рынка приходится на долю компаний

Bombardier, Siemens и Alstom, вместе взятых [2].

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 [3; 4].

Поскольку возрастает роль такого производителя, как Siemens, который все активнее продвигает на европейский рынок свои новые разработки (рис. 1), рассмотрим основные тенденции развития конструкций локомотивов этой, одной из ведущих компаний-изготовителей железнодорожной техники.

В конце XIX в. электрическая тяга находилась в стадии становления. На дорогах всего мира доминировала паровая тяга со скоростными локомотивами. Ускорению совершенствования электрической тяги и ее применения на транспорте во многом способствовала эта фирма во главе с ее основателем и руководителем Вернером Сименсом [5].

Выдающийся электротехник и предприниматель создал предприятие в 1847 г. Тогда это была мастерская, в которой сначала работало всего десять человек, производивших телефонные аппараты. Рост заказов на прокладку телеграфных линий привел к быстрому развитию мастерской, ставшей ведущей электротехнической фирмой мира [5]. В 1879 г. ее специалисты построили на выставке в Берлине первую в мире электрическую железную дорогу длиной 300 м. Электровоз мощностью 3 л. с., на котором размещался машинист, возил три вагончика с 18 пассажирами — посетителями выставки.

Гениальное чутье предпринимателя позволило В. Сименсу быстро оценить огромные преимущества и выгоды электрической тяги. Он выступал за широкое применение электрической тяги и обосновал ее основные преимущес-

тва перед паровой тягой на примере проекта городской «наземной» электрической железной дороги, расположенной на столбах Т-образной формы высотой 4,5 м; двигатели 15-местных пассажирских вагонов мощностью 5 л. с. должны были сообщать им скорость до 40 км/ч.

В начале 80-х гг. XIX в. фирма Siemens становится мировым лидером в области электротехники и электротяги и строит городские электрические железные дороги в Германии и других странах. Оборудование этих дорог непрерывно совершенствуется.

Экономичность, экологическая чистота, удобство эксплуатации и высокие скорости электроподвижного состава (ЭПС) должны были стать главными аргументами в конкурентной борьбе электрической тяги с паровой.

Особенно важным был последний довод, т. е. паровозы развивали скорость, превышавшую 100 км/ч. Поэтому перед разработчиками фирмы была поставлена задача достижения ЭПС скорости 200–220 км/ч. Для ее решения сконструировали 50-местный электровагон. Чтобы снизить воздушное сопротивление, его передняя и задняя поверхности имели скосы в верхних частях. Кузов установили на двух поворотных трехосных тележках, оборудовав каждую двумя тяговыми двигателями мощностью 250 л. с. [5].

Постепенно во второй половине XX в. электрическая и тепловозная тяги полностью заменили паровую.

Далее приведем анализ основных тенденций конструктивного исполнения локомотивов Siemens как одного из ведущих производителей, уделив основное внимание совершенствованию конструкции ходовых частей.

Тележка SF1 (рис. 2) была разработана для электровоза с максимальной скоростью движения 230 км/ч, может использоваться для пассажирского

Таблица 1. Технические данные тележек SF

Технические данные	SF1	SF2	SF3	SF6
Скорость движения, км/ч	230	140	160	140
Осевая нагрузка, т	21,5	22	22	21,5
Мощность на колесную пару, Вт	1600	1600	750	1080
Максимальное стартовое тяговое усилие на колесную пару, кН	75	75	62,5	70
База тележки, мм	3000	2900	2700	2000/2250
Ширина колеи, мм	1435	1435	1435	1435
Диаметр колеса нового/изношенного, мм	1150/1070	1250/1170	1100/1020	1250/1170
Минимальный радиус кривой, м	120	80	120/100	80
Вес с тормозами, т	18	17	14	25,5
Вторичная передача продольных сил	Шкворень	Кронштейн	Кронштейн	Тяговый стержень
Торможение	Дисковое/на отдельных тормозных валах	Дисковое	Дисковое	Дисковое

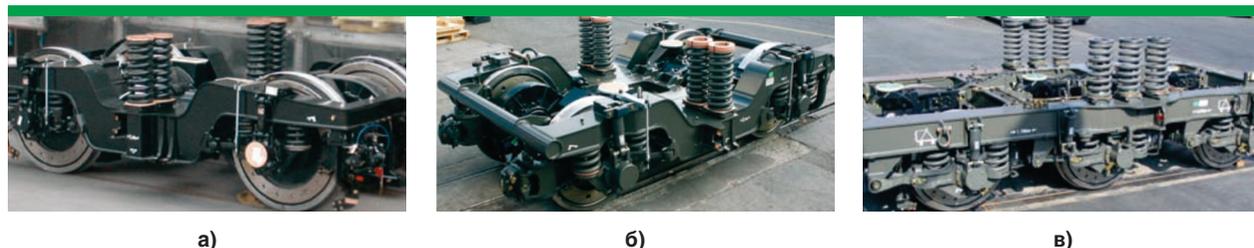


Рис. 3. Общий вид тележек SF: а — SF2; б — SF3; в — SF6

и грузового движения [6]. Одно из использований — локомотив «Таурус» Австрийских железных дорог. Тележка предназначена для работы на железных дорогах Европы и альпийских районов с большим количеством кривых. В табл. 1 приведены технические данные тележек этой серии.

Рама тележки серии SF — это полностью сварная конструкция, состоящая из двух боковин, поперечины и двух головных балок.

Принцип управления осями — трехточечное управление упругими буксовыми узлами. Это позволяет получить пассивную радиальную установку в кривых, что дает положительный эффект как по динамическим характеристикам, так и по износу.

Общие виды некоторых тележек серии SF представлены на рис. 3, а–в.

Передача тормозного и тягового усилий осуществляется через шестерню на ведущее колесо и через сцепное устройство и вал двигателя на колесную пару.

Пружины центрального подвешивания установлены под соответствующим углом для устранения воздействия ненужных нагрузок на боковины. Это позволяет уменьшить массу рамы. Точка передачи мощности лежит на высоте 420 мм от поверхности рельса.

Электровоз ДС был создан на Украине совместно с концерном Siemens на Днепропетровском электровозостроительном заводе (ДЭВЗ) при участии целого ряда научных и производственных организаций, в т. ч. и Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна (ДИИТ) [3; 4].

Ходовые части электровоза ДС3 (рис. 4, а) выполнены двухосными бесшкворневыми несочлененными и опорно-рамным подвешиванием тяговых электродвигателей [3; 4].

В состав тележки входят: рама, система тормозная, пара колесная с тяговым электродвигателем, подвешивание рессорное, гидродемфер, комплект гребнесмазывателей, кронштейн, тяговое устройство, колесно-моторные блоки на тележке [3; 4]. Рама тележки предназначена для распределения вер-

тикальной нагрузки между отдельными колесными парами (при помощи рессорного подвешивания) и передачи на раму кузова тяговых (тормозных) усилий, развиваемых колесными парами (рис. 4, б).

Рама тележки электровоза ДС3 состоит из двух продольных боковин, связанных между собой средним и двумя концевыми брусками: передним и задним. Боковины и бруска коробчатого сечения изготовлены из четырех листов. Сверху, посередине среднего бруса, соединен сваркой кронштейн для крепления промежуточных балок люлечного подвешивания кузова, а по концам боковин — кронштейны для крепления продольных тяг, соединенных с указанными выше промежуточными балками. Снизу к боковинам и брускам приварены литые кронштейны, предназначенные для крепления буксовых поводков, кронштейны для крепления тормозных подвесок, сварные кронштейны для установки гидроамортизаторов второй ступени рессорного подвешивания, кронштейны для крепления подвесок тяговых электродвигателей и кронштейны для крепления тяг тягового устройства.

Сбоку на боковинах и среднем бруске расположены кронштейны, предназначенные для крепления элементов тормозной рычажной передачи, на переднем бруске расположен кронштейн опоры пружин, бобышки — для крепления тормозного цилиндра, а также кронштейны, предохраняющие тяговый редуктор от падения на путь в случае обрыва подвески.

Кроме того, с внешней стороны боковин приварены две опоры для установки соответственно кронштейнов крепления гидроамортизаторов буксового подвешивания (первая ступень) и боковых упругих упоров.

Совместное предприятие группы «Синара» и концерна Siemens — ООО «Уральские локомотивы» выпустило магистральные грузовые электровозы серии 2ЭС6 постоянного тока с коллекторным тяговым двигателем «Синара» (рис. 5, а) и серии 2ЭС10 постоянного тока с асинхронным тяговым приводом «Гранит» (рис. 6, а).

Кузов каждой секции электровоза 2ЭС6 опирается на две двухосные бесшкворневые тележки (рис. 5, б). Кузов и тележки связаны между собой в вертикальном и поперечном направлениях с помощью упругих и демпфирующих элементов — 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. Колесные пары с рамой тележки связаны через буксовые пружины и односторонние буксовые поводки [3].

Магистральный грузовой электровоз 2ЭС10 (рис. 6, а) предназначен для эксплуатации в голове, в середине и в хвосте грузового поезда на существующих и подлежащих реконструкции железнодорожных магистралях с максимальной разрешенной скоростью движения 120 км/ч, а также на обычных железнодорожных линиях с установленными скоростями движения.

Электровоз выполнен в двухсекционном исполнении с четырьмя тележками (рис. 6, б) и имеет две кабины и комплект оборудования, обеспечивающий работу каждой секции и управление из любой кабины машиниста. Предусмотрена работа электровоза по системе многих единиц (СМЕ).

Кузов и тележки связаны между собой в вертикальном и поперечном направлениях с помощью упругих и демпфирующих элементов [3]. Рессорное подвешивание двухступенчатое с общим статическим прогибом не менее 130 мм.

Максимальные взаимные перемещения тележек и кузова электровоза 2ЭС10 в вертикальном и поперечном направлениях ограничены специальными упорами. Передача силы тяги и торможения от тележек к кузову осуществляется цельными наклонными тягами.

Для Литовских железных дорог (LG) компания Siemens поставила новые шестиосные грузовые тепловозы

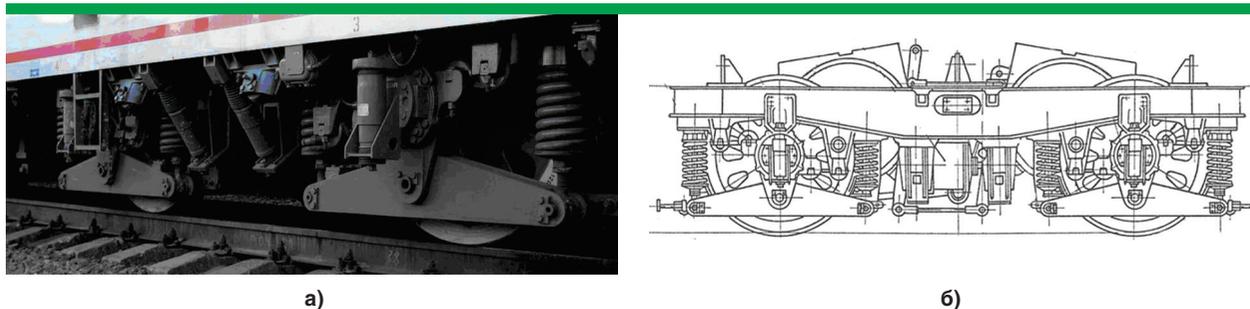


Рис. 4. Тележка электровоза ДС3: а) общий вид тележки; б) чертеж тележки

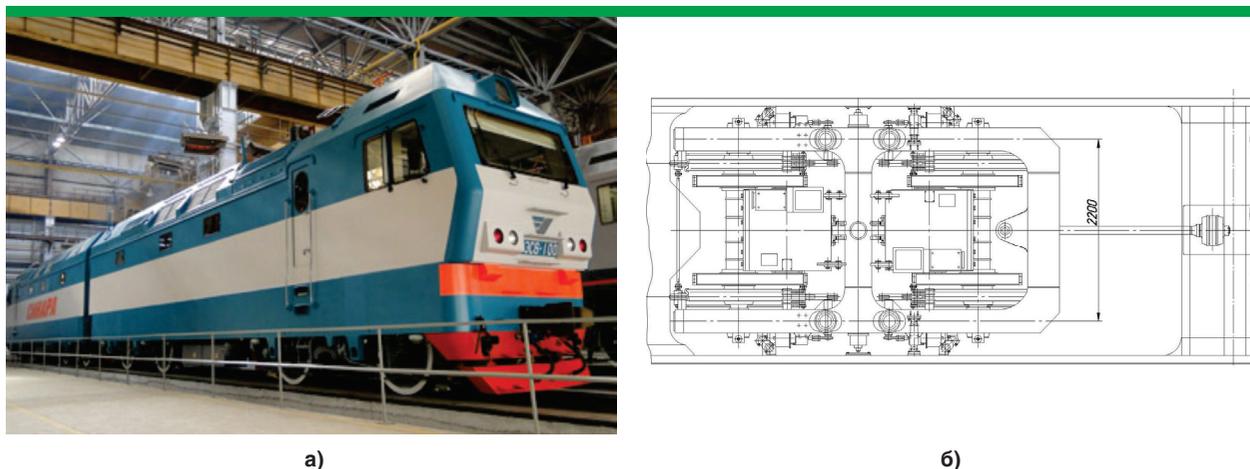


Рис. 5. Электровоз 2ЭС6 «Синара»: а) общий вид; б) чертеж тележки

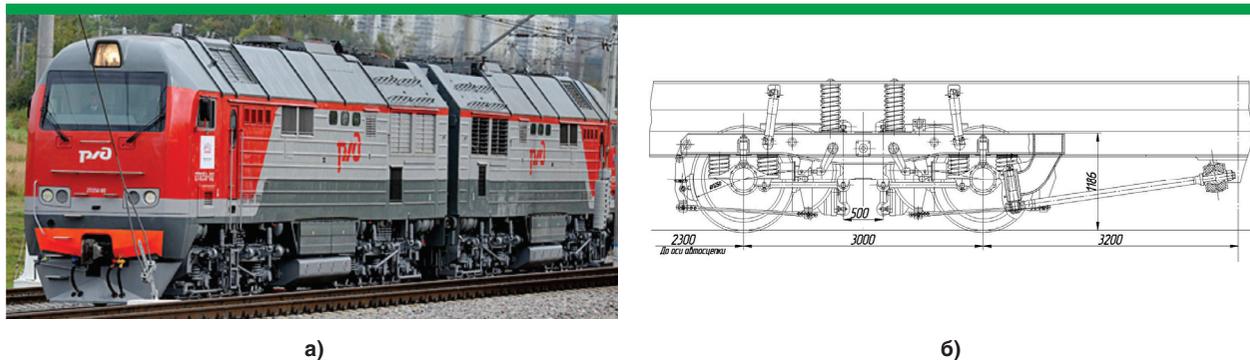


Рис. 6. Электровоз 2ЭС10 «Гранит»: а) общий вид; б) чертеж тележки

ER20CF. Так как длина сети магистральных линий LG с шириной колеи 1520 мм составляет ориентировочно 1771,2 км, из них электрифицированы (по системе однофазного переменного тока 25 кВ, 50 Гц) лишь 122 км пути. Поэтому естественно, что дизельная тяга является основой железнодорожного транспорта Литвы [7].

Магистральный грузовой тепловоз ER20CF производства Siemens AG Transportation Systems для колеи 1520 мм (диапазон температур от -34 до +40 °С); конструкционная скорость 120 км/ч;

нагрузка на ось 225 кН ± 3 % (масса тепловоза 135,7 т при 2/3 экипировки); мощность по дизелю 2000 кВт; скорость движения до 160 км/ч (мощность на колесах 1600 кВт) [7].

Предусмотрено, что общий вес грузового состава для тепловозов ER20CF при работе по системе двух единиц будет достигать 6 тыс. т, в то время как устаревшие машины 2М62 способны транспортировать только поезда общим весом 4 тыс. т. [7]. Тепловозы ER20CF с электрической передачей предназначены не только для вождения грузовых

поездов, но и для выполнения маневровой работы на всей сети LG. Их можно использовать для тяги поездов в режиме кратной тяги (до трех локомотивов).

Для тепловозов ER20CF используются тележки бесчелюстные (рис. 7) — индивидуальное двухступенчатое рессорное подвешивание с использованием винтовых пружин Flexicoil для соединения кузова с тележкой и гидравлических гасителей колебаний, передача тягового усилия с тележки на раму тепловоза через тяговую штангу. Подвешивание тяговых электродвигателей —

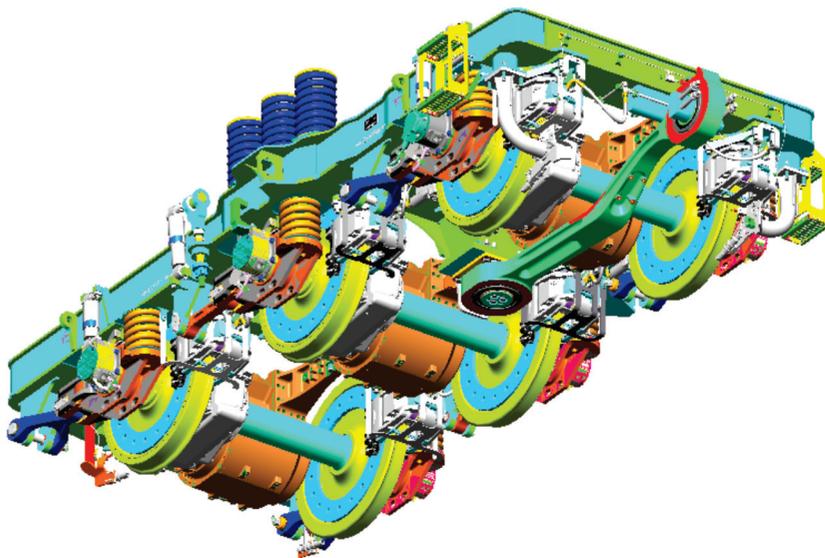


Рис. 7. Модель тележки тепловоза ER20CF



Рис. 8. Модель тележки электровоза ACS64

опорно-рамное с двухступенчатым тяговым редуктором с полым валом ведущей шестерни и опорными подшипниками качения.

При конструировании тележки и в особенности осей колесных пар были учтены различия в ширине колеи [7]. Конструкция оси позволяет без каких-либо изменений в тележке формировать колесные пары для колеи шириной 1435 или 1520 мм.

Электровоз ACS64 разработан на базе электровоза Vectron производства Siemens, появившегося в результате развития семейства Europrinter. Основным требованием к новым локомотивам являлось соответствие всем нормам Федеральной железнодорожной администрации (FRA). Для того чтобы не замедлять движение на участках, электровоз должен иметь максималь-

но допустимое ускорение, а также вести 18 пассажирских вагонов Amfleet на эксплуатационной скорости 201 км/ч. Локомотивы разработаны специально для работы в голове поезда, в подталкивании и по системе многих единиц [8].

Тележки электровоза ACS64 (рис. 8) со стальной рамой имеют пониженный центр тяжести. Каждый из четырех тяговых двигателей с принудительным воздушным охлаждением полностью подпрессорен и крепится к раме тележки, за счет чего уменьшена неподрессоренная масса локомотива. Двигатель и редуктор соединены между собой полым валом и крепятся к раме тележки с разных сторон [8].

Особая конструкция тележки и расположение шкворневой балки обеспечивают заниженный центр тяжести кузова. Передача тягового усилия от дви-

гателя на колесную пару осуществляется с помощью зубчатой передачи. Коробка передач необрессоренна, одной стороной насажена на ось колесной пары, а другой — на вал двигателя. Две многодисковые шестерни установлены между двигателем и приводом, что обеспечивает плавность хода [8].

Как следует из рассмотренных конструкций локомотивов и их ходовых частей, разработанными различными производителями, предпринимались попытки существенно улучшить динамические качества тягового подвижного состава при обеспечении необходимых тягово-энергетических характеристик. Приведены основные особенности конструктивного исполнения локомотивов Siemens как одного из ведущих производителей, при этом основное внимание уделено совершенствованию конструкции ходовых частей.

Локомотив

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мировой рынок локомотивов // Железные дороги мира. — 2010. — № 3. — С. 34–35.
2. Мировой рынок электровозов // Железные дороги мира. — 2012. — № 6. — С. 44–46.
3. Мямлин С. В. Совершенствование конструкции ходовых частей локомотивов / С. В. Мямлин, Л. А. Недужая // Наука та прогрес транспорту. Вісник ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. — 2013. — Вип. 5 (47). — С. 124–136.
4. Myamlin S. Construction Analysis of Mechanical Parts of Locomotives / S. Myamlin, M. Luchanin, L. Neduzha // TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. Vol. 13. — № 3. — 2013. — P. 162–169.
5. Касаткин Г. С., Вернер Сименс и его последователи / Г. С. Касаткин // Локомотив. — 2003. — № 11. — С. 47–48.
6. First Class Bogies. The complete programme for high-quality railway transportation // Siemens Transportation systems. — 2007. — P. 68.
7. Дайлидка С. Инновационные решения при создании магистрального локомотива для железных дорог Литвы / С. Дайлидка, С. В. Мямлин, Л. П. Лингайтис, Л. А. Недужая, В. Ястремскас // Вісник СНУ ім. В. Даля. — Луганськ: Вид-во СНУ. — 2012. — № 3. — С. 52–58.
8. Электровоз для Северо-Восточного коридора // Железные дороги мира. — 2012. — № 1. — С. 34–37.

УДК [629.42:656.2.078]:338.47

С. В. Мямлін, Л. О. Недужа

Перспективи розвитку локомотивів та їхніх ходових частин

Розглянуто поточний стан ринку локомотивів та їхніх ходових частин й намічено подальші перспективи.

UDK [629.42:656.2.078]:338.47

S. Myamlin, L. Neduzha

Development prospects of the locomotives and their running parts market

The article considers the current state of the locomotives and their running parts market and outlines its further prospects.

Матеріал отриман 18.07.2014

REFERENCES

1. Муроной рынок локомотивов. Railways World. (2010). 3, 34–35. (in Russian)
2. Муроной рынок электровозов. Railways World. (2012). 6, 44–46. (in Russian)
3. Myamlin, S. V., & Neduzha, L. O. (2013). Design improvement of the locomotive running gears. Science and Transport Progress, 5 (47), 124-136. doi: 10.15802/stp2013/17977. (in Russian)
4. Myamlin, S., Luchanin, M., & Neduzha, L. (2013). Construction Analysis of Mechanical Parts of Locomotives. TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture, Vol. 13, No 3, 162-169
5. Kasatkin, H. S. (2003). Verner Symens y ego posledovately. Locomotive, 11, 47-48. (in Russian)
6. First Class Bogies. The complete programme for high-quality railway transportation. Siemens Transportation systems, 68, (2007).
7. Dailidka, S., Myamlin, S., Lingaitis, L., Neduzhaja, L., & Jastremskas, V. (2012) Innovative solutions in creating a mainline locomotive for railways in Lithuania. Bulletin of the East Ukrainian National University named after V. Dahl. Issue 3, 52-58. (in Russian)
8. Электровоз длџа Северо-вostochnого korydora. Railways World. (2012). 1, 34-37. (in Russian)