

конкурентоспособны на внешнем рынке, является разработка «дружественных» к путевой структуре ходовых частей. Лидерами инноваций в проектировании тележек вагонов является научные школы Петербургского государственного университета путей сообщения, Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта, Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (ОАО «ВНИИЖТ»). Анализ разработанных в последнее время перспективных конструкций тележек грузовых вагонов с нагрузками на ось 23,5; 25 т и выше показал, что несмотря на многообразие модельного ряда, в производство запускаются тележки, во многом повторяющие технические решения прежних лет. Новые решения связаны в основном с введением износостойких элементов в пары трения и амортизаторов безззорных скользунов, в то же время принципиальная трехэлементная структура тележки на основе применения деталей крупногабаритного литья остается неизменной. Рост мощностей производства грузовых вагонов в республике ограничен объемом сборки ходовой части (тележек), для чего требуется закупка дорогостоящих и дефицитных в настоящее время элементов, в частности продукции крупногабаритного литья – боковых рам и надрессорных балок. В Республике Беларусь ведутся работы по наладке производства указанных литых элементов тележки, и уже на стадии создания опытных образцов остро стоит проблема оценки их прочностных качеств. В целом следует отметить, что эта проблема до недавнего времени была краеугольным камнем не только в части испытаний крупногабаритного литья, но и для выпускаемого подвижного состава в целом, что послужило катализатором интенсивного развития испытательной базы железнодорожной продукции в республике.

Таким образом, к основным путям решения проблемы обеспеченности перевозочного процесса железнодорожным подвижным составом можно отнести: оздоровление парка эксплуатируемых вагонов за счет проведения капитально-восстановительных работ с реализацией процедуры продления срока службы вагона; перепрофилирование невостребованных вагонов в специализированные модели, актуальные для грузоперевозчиков (рециклинг подвижного состава), а также разработка нового подвижного состава, отличающегося конкурентоспособностью на внешнем рынке. В спектре решения поставленной проблемы важно иметь собственную базу проведения полного цикла испытаний проектируемого подвижного состава и стратегически важных конструктивных элементов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Белорусские вагоны: прорыв в будущее // Информационный бюллетень Администрации Президента Респ. Беларусь. – 2011. – № 8. – С. 46–50.
- 2 Блохин, Е. П. О новом в Украине подвижном составе железных дорог / Е. П. Блохин, А. Н. Пшинько // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты : сб. науч. ст. – СПб. : ПГУПС, 2007. – С. 13–21.
- 3 Бороненко, Ю. П. Специализация универсальных и универсализация специализированных – эффективное направление повышения производительности грузовых вагонов / Ю. П. Бороненко // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты : сб. науч. ст. – СПб. : ПГУПС, 2009. – С. 5–16.
- 4 Бочкарев, Н. А. Ремонт вагонов по пробегу с установкой узлов и деталей с повышенными техническими характеристиками / Н. А. Бочкарев // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 8. – С. 61–68.
- 5 Восьмиосные вагоны / В. И. Филиппов [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 7. – С. 64–65.
- 6 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) / ГосНИИВ-ВНИИЖТ. – М., 1996. – 319 с.
- 7 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) / ГосНИИВ-ВНИИЖТ. – М., 1983. – 260 с.
- 8 Путьято, А. В. Теория и практика совершенствования конструкций кузовов вагонов с учетом взаимодействия с перевозимыми грузами / А. В. Путьято. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 295 с.

УДК 629.415-592

### РЕКУПЕРАТИВНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ НА АВТОНОМНОМ МОТОР-ВАГОННОМ ПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ

*В. В. СКРЕЖЕНДЕВСКИЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*Р. А. МАЛИШЕВСКИЙ*

*Локомотивное депо Молодечно Белорусской железной дороги*

Одним из перспективных направлений экономии энергии на транспорте является использование рекуперации энергии при торможении. На равнинном профиле, характерном для Республики Беларусь, наиболее перспективным с точки зрения рекуперативного торможения представляется пригородное движение. Для пригородного движения характерны частые остановки, и разгоны расстояние между остановочными пунктами составляет 2–5 км, что упрощает задачу накопления энергии, выделившейся при торможении, так как не требуется длительного ее хранения.

Результаты исследования с применением математической модели представлены в [1]. Установлено, что возможный потенциал экономии дизельного топлива при реализации рекуперативного торможения для пригородного движения составляет не менее 20 %. По нашей оценке, это эквивалентно экономическому эффекту около 200 млн р./год в расчете на один дизель-поезд. Другими словами, стоимость дополнительного оборудования при приемлемом сроке окупаемости от 5 до 7 лет ориентировочно может достигать 1 000 млн р., или 120 тыс. у. е. Указанная стоимость вполне достаточна для изготовления сложного технического устройства, которым является рекуператор.

Рекуперация энергии при торможении на автономном тяговом подвижном составе требует накопителя энергии, обладающего высокими КПД, мощностью и удельной энергоемкостью. В настоящее время на транспортных средствах применяют пневмогидравлические, кинетические (маховик) и электрические накопители энергии. Выполненные нами исследования показали, что для дизель-поезда ДР1А полнее можно использовать кинетический накопитель энергии.

Для получения высокой удельной энергоемкости применяют супермаховики, которые изготавливают из высокопрочных материалов, что позволяет существенно увеличить частоту вращения маховика и, как следствие, запастись большой энергией в единице массы. В таблице 1 приведена характеристика супермаховика, предлагаемого нами для системы рекуперации кинетической энергии дизель-поезда ДР1А. Данный супермаховик предполагается изготовить из углеродного волокна, так как это волокно является наиболее выгодным по показателю удельной прочности и стоимости [2]. На один дизель-поезд потребуется установить три рекуператора: по одному на моторных вагонах и один на прицепном.

Таблица 1 – Характеристики супермаховика

Энергоемкость, МДж	Масса, кг	Момент инерции, кг/м <sup>2</sup>	Частота вращения, об/мин		Радиус, м	Толщина, м
			максимальная	минимальная		
16,7	42,2	0,844	60000	20000	0,2	0,18

Из таблицы 1 видно, что частота вращения маховика имеет высокое значение и изменяется в широких пределах. Эти обстоятельства порождают целый ряд технических проблем. Для обеспечения высокого КПД маховика при таких частотах вращения необходимо использовать вакуумную камеру и магнитные подшипники. Передаточное число трансмиссии между колесной парой и маховиком должно бесступенчато изменяться от 60 до 540. Для этого можно применить электрическую передачу или механический вариатор. Мы решили остановить свой выбор на механическом вариаторе, так как при распределенных по поезду рекуператорах относительно небольшой мощности этот вариант имеет меньшую стоимость.

Наиболее близкой разработкой для наших целей является супервариатор [3] с десяти-двенадцатикратным диапазоном варьирования. В основе данного вариатора планетарный редуктор с коническими сателлитами. По мнению разработчиков вариатора, передаваемый крутящий момент может соответствовать мощности силовой установки до одного мегаватта, что вполне достаточно для нужд железнодорожного транспорта.

Все вышеупомянутое указывает на то, что применение рекуперации на автономном железнодорожном подвижном составе возможно, но этот вопрос требует более детальной проработки на уровне конкретных конструкторских решений. Эта проработка позволит окончательно определить экономическую целесообразность модернизации существующего автономного мотор-вагонного подвижного состава.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Повышение эффективности использования светлых нефтепродуктов на Белорусской железной дороге / В. Я. Негрей [и др.] // Энергоэффективность. – 2012. – № 8 (178). – С. 28–31.
- 2 Международная реклама [Электронный ресурс] / Волокна углеродные. – Режим доступа: <http://www.ru.all.biz/buy/goods/?group=1092226>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. рус.
- 3 Московский государственный индустриальный университет [Электронный ресурс] / Супервариатор – основа для перспективных бесступенчатых трансмиссий. – 2002. – Режим доступа: [http://www.msiu.ru/detalim/Nauch\\_rab/Stat/](http://www.msiu.ru/detalim/Nauch_rab/Stat/), свободный. – Загл. С экрана. – Яз. рус.

УДК 629.4.023.2

### КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА НА ТЕЛЕЖКАХ ТИПА У25 В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ "УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ"

А. А. СТЕЦКО, А. Ю. ЧЕРНЯК

Государственный экономико-технологический университет транспорта, г. Киев, Украина

Значительная часть перевозимых грузов может быть доставлена железнодорожным транспортом при условии решения ряда технических проблем. При перевозке грузов железнодорожным транспортом из стран