

ная и перспективная работа предприятия обеспечивается высококвалифицированными специалистами, подготовка которых является также важной стратегической задачей. Следует отметить, что в Белорусском государственном университете транспорта делается немало в этом направлении. Так, уже в период подготовки инженера-вагонника специалисты университета привлекают заинтересованных в получении дополнительных знаний и навыков будущей профессии студентов к научно-исследовательской работе, как правило, приводящей к разработке нового технического решения. Подтверждением тому является выход многих студентов на дипломное проектирование с имеющимися научными публикациями и патентами. Кроме того, вводится дополнительная специализация студентов-вагонников по вагоностроению, в рамках которой выделяется подгруппа студентов, которые более углубленно изучают вопросы расчета, проектирования и испытания вагонов. Здесь очень важно университету иметь лабораторную базу с современным оборудованием, а также тесно взаимодействовать с вагоностроительными предприятиями в части практического ознакомления студентов с производством.

Таким образом, создание испытательного центра на базе учебного заведения, совместные научно-технические и научно-практические работы университета с вагоностроительными предприятиями, организация и проведение конференций, симпозиумов и круглых столов по проблемам вагоностроения, в совокупности позволяет реализовать единство системы «образование – наука – производство».

УДК 629.463.3

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*В. И. СЕНЬКО, А. В. ПУТЯТО, И. Л. ЧЕРНИН, А. В. ПИГУНОВ, Е. Н. КОНОВАЛОВ, Н. Г. СЕНЬКО, В. В. БЕЛОГУБ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В связи с установившейся динамикой возрастания объемов перевозочной работы ($\approx 6,5\%$ в год) стал проявляться дефицит подвижного состава, и одним из основных направлений долгосрочной стратегии развития в области железнодорожных перевозок Республики Беларусь, определенных Государственной программой развития железнодорожного транспорта на 2011–2015 годы, является увеличение его количества. Программой предусмотрено приобретение новых грузовых вагонов в количестве 2500 единиц ежегодно, что позволит к 2015 году, с учетом исключения вагонов, увеличить инвентарный парк на 17%. В то же время обеспечение перевозочного процесса подвижным составом может осуществляться несколькими путями: поддержание работоспособности эксплуатируемого подвижного состава (эффективное использование ресурса), рециклинг и закупка новых вагонов.

Типичной ситуацией для большинства вагонов как восстанавливаемых объектов является наличие в них составных частей, подлежащих замене или восстановлению при плановом виде ремонта, в то время как основная часть конструкции вагона помимо установленного заводом-изготовителем срока службы должна служить до исчерпания его полного ресурса, зависящего от условий эксплуатации вагона и, как следствие, его технического состояния. Рассмотрение обозначенного пути следует вести в аспекте модернизационных работ как самих конструкций подвижного состава, так и совершенствования технологий ремонта и технического обслуживания вагонов. Как отмечено в докладе начальника службы вагонного хозяйства И. С. Бычека на научно-практической конференции «Содержание и развитие парка грузовых вагонов Республики Беларусь», прошедшей в апреле текущего года, по мере появления новых инновационных разработок реализация рассматриваемого пути выполняется поэтапно. Среди внедренных и внедряемых в ближайшие годы решений следует отметить поэтапное увеличение межремонтных пробегов до 250 тыс. км и межремонтных сроков до 4 лет за счет перехода на комбинированную систему ремонта грузовых вагонов по сроку эксплуатации и по фактически выполненному объему работ, модернизации тележек модели 18-100, в том числе по проекту С.03.04 с установкой износостойких элементов в узлы трения и с применением боковых скользунов постоянного контакта, установки буксовых подшипников кассетного типа, поглощающих аппаратов повышенной энергоемкости, безрезьбовых соединений воздухопроводов тормозной магистрали, применения пружин с увеличенным количеством рабочих циклов и прочих инноваций. В то же время объем модернизационных работ должен быть экономически оправдан. Так, модернизация типовой тележки модели 18-100 в настоящее время предлагается в четырех вариантах, причем максимальный вариант зачастую не самый выгодный [4].

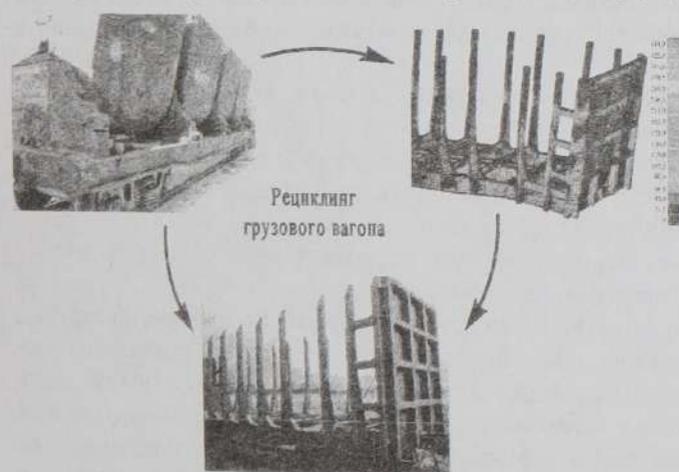
Нельзя не затронуть проблему продления срока службы вагонов. К настоящему времени допускается поэтапное продление срока службы грузовых вагонов до значения полуторного нормативного срока службы вагона в соответствии с «Положением о продлении сроков службы грузовых и рефрижираторных вагонов в государстве-участниках Соглашений о совместном использовании грузовых и рефрижираторных вагонов в международном сообщении» и Едиными методическими указаниями по техническому диагностированию. При выполнении работ по продлению срока службы большинство специализированных организаций для

обоснования назначения нового срока службы в настоящее время пользуются результатами ресурсных испытаний различных моделей вагонов, проведенных в годы становления и активного развития рассматриваемой процедуры. В частности, в Республике Беларусь подобные испытания до настоящего времени не проводились, и для обоснования назначения нового срока службы используется база данных по ресурсным испытаниям различных моделей грузовых вагонов ОАО «НВЦ «Вагоны»» (г. Санкт-Петербург). Следует отметить, что за последние годы созданная база данных по ресурсным испытаниям на всем просторе колеи 1520 мм существенных обновлений как по моделям, так и возрасту испытанных вагонов не претерпевала. Учитывая, что многие модели вагонов не единожды прошли процедуру продления срока их службы, зачастую распространение протоколов ресурсных испытаний, проведенных уже около 10 лет назад, не вполне корректно. В связи с этим, по нашему мнению, железнодорожным администрациям следует более строго контролировать процедуру продления срока службы вагонов инвентарного парка и парка вагонов собственников, указанную в «Единых методических указаний по техническому диагностированию...» в части проведения ресурсных испытаний специализированными организациями.

Еще одним важным направлением решения проблемы обеспеченности подвижным составом для Республики Беларусь на протяжении последних лет является проведение капитально-восстановительного ремонта с продлением срока службы вагона. В рамках проведения указанного вида работ наряду с восстановлением несущей способности металлоконструкции предусматриваются работы по модернизации как ходовой части так и элементов кузовов.

Мировой тенденцией развития грузового подвижного состава является специализация вагонов, которая позволяет сократить время и трудоемкость погрузки-выгрузки, а также обеспечить сохранность подвижного состава и груза [3]. В условиях недостаточности средств для закупки новых специализированных вагонов для перевозки специфических для Республики Беларусь грузов, а также с целью обеспечения грузовых перевозок надлежащим подвижным составом представляются вполне приемлемыми принимаемые технические решения по переоборудованию имеющихся в наличии неиспользуемых вагонов грузового парка для обеспечения перевозки более востребованных в сложившихся условиях грузов. Это позволяет обеспечить перевозки по республике, странам дальнего и ближнего зарубежья дополнительным подвижным составом, высвобожденным от ненужных внутренних перевозок, частично сократить потребности в затратах на приобретение новых специализированных вагонов, уменьшить необходимый объем новых закупок.

В этом аспекте рассмотрен вопрос о переконструировании невостребованных четырехосных платформ для перевозки нефтебитума модели 17-494 постройки Днепродзержинского вагоностроительного завода, изготовленных по техническим условиям ТУ 24.05.426-84, в вагоны для перевозки леса. Перепрофилирование бункерного вагона для перевозки нефтебитума в специализированную платформу включает операции по замене его конструктивных



узлов: демонтаж емкостей для нефтебитума и промежуточных опорных частей; закрепление заранее заготовленных сварных, обшитых металлическим листом, армированных торцовых стенок в вертикальных плоскостях концевых балок рамы вагона; приварка равномерно вдоль рамы вагона на расстояниях, необходимых для размещения лесоматериалов заданной длины, промежуточных, оппозитно расположенных на боковых балках указанной рамы и жестко скрепленных между собой попарно в поперечном направлении, вертикальных стоек в виде комплекта лесных рам бокового ограждения кузова.

Таким образом, предлагаемый способ перепрофилирования бункерного вагона с заменой его конструктивных узлов, на который получен

Рисунок 1 – Схема рециклинга вагона для перевозки нефтебитума

патент на изобретение в Российской Федерации, позволяет осуществить модернизацию железнодорожных специализированных нефтебитумных вагонов для их использования по новому назначению, в частности для перевозки лесных грузов (лесоматериалов), а также сократить затраты на закупку новых специализированных вагонов. Общий вид базового и перепрофилированного вагонов показан на схеме рециклинга (рисунок 1).

Характерно, что срок службы принятой к производству конструкции перепрофилированного вагона составил 30 лет с отсчетом времени от момента постройки вагона базовой модели 17-494, но результаты выполненных исследований показали, что несущая конструкция обладает запасом ресурса, и по истечении срока службы ее эксплуатация может быть продолжена при условии проведения работ, предусмотренных соответствующей нормативной документацией по продлению срока службы вагонов. Перепрофилированный вагон прошел необходимый объем испытаний, в том числе и сертификационных. В настоящее время перепрофилировано 157 вагонов, успешно эксплуатирующихся на сети железных дорог колеи 1520 мм.

Изложенный подход рециклинга грузового вагона использован при перепрофилировании универсального вагона-платформы в вагон для перевозки минеральных удобрений совместно с предприятием «ПЕСА» (Польша), вагона для перевозки нефтебитума в вагон-платформу (вагон-прикрытие), универсального полувагона в весопроверочный вагон.

Несмотря на указанные выше направления оздоровления и поддержания парка вагонов, как у нас в стране, так и в ряде других стран СНГ подвижной состав железных дорог находится в состоянии затянувшегося старения [2]. Так, амортизация грузовых вагонов инвентарного парка Белорусской железной дороги составляет 66,5 %.

Анализ рынка подвижного состава стран СНГ показывает, что принятый курс развития собственного производства продукции вагоностроения стратегически верен и перспективен, и наряду с обеспечением собственной потребности в подвижном составе и снижением импортной составляющей «поставленная на ноги» вагоностроительная отрасль займет одну из ведущих позиций по увеличению экспортной составляющей белорусского машиностроения [1].

В то же время следует отметить, что рынок железнодорожной техники разделен между семью крупными многопрофильными транспортными корпорациями. На тройку лидеров (Bombardier, Siemens, Alstom) приходится более 50 % всей выпускаемой продукции транспортного машиностроения. Значительная часть структуры мирового рынка железнодорожного подвижного состава по регионам приходится на страны Западной Европы, Азии, Северной Америки и Россию. В связи с этим, развитие мощностей выпуска вагонов в соседних странах стимулирует производство продукции, имеющей высокую конкурентную способность. Примером тому является создание за последние несколько лет производства новых вагонов в ЗАО «Промтрактор-Вагон» (Россия), АО «Акмолинский вагоноремонтный завод» (Казахстан), ОАО «Ташкентский завод по ремонту вагонов» (Узбекистан), АО «Электровагоноремонтный завод» (Грузия) и пр. К основным требованиям при создании новых грузовых вагонов следует отнести повышение их производительности, качества перевозки грузов, надежности и сроков службы узлов вагонов, а также улучшение системы погрузки и выгрузки.

В настоящее время широкое распространение в деле повышения производительности вагона получил путь увеличения допустимой нагрузки на ось за счет создания тележек «нового поколения», отличающихся повышенными нагрузками на ось до 30 т. Это направление активно развивается, но очевидно, что указанный путь экстенсивный и имеет свои ограничения, связанные с обеспечением надежности путевого хозяйства. К качественному решению поставленного вопроса можно отнести уже апробированный ранее, но не нашедший, по известным уже причинам, к настоящему времени столь массового развития подход, связанный с увеличением погонной нагрузки [5]. К вопросу создания, например, 8-осных вагонов, на наш взгляд, следует вернуться, пропустив возникавшие проблемы с конструкциями кузовов в эксплуатации сквозь современный уровень научно-технического развития. Так, при проектировании кузовов новых конкурентоспособных вагонов и их совершенствовании после длительной эксплуатации необходимо рассматривать вагон как элемент сложной технической системы, взаимодействующий не только с внешними объектами (межвагонные взаимодействия, взаимодействие с рельсовой колеей и пр.), но и с перевозимым грузом, зачастую имеющим возможность существенной относительной подвижности [8].

В настоящее время при проектировании и расчете на прочность грузовых вагонов руководствуются требованиями «Норм для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)» в редакции 1996 г. [6]. Результаты многолетнего технического диагностирования вагонов позволили выявить типичные эксплуатационные повреждения конструкций кузовов, которые связаны как с недоработкой при выполнении конструкторских и технологических работ на стадии проектирования и изготовления, так и со сверхнормативными нагружениями в процессе эксплуатации. Кроме того, большинство конструкций грузовых вагонов, эксплуатируемых в настоящее время, были построены по конструкторской документации, разработанной в соответствии с нормативной документацией в редакции 1983 г. [7], которая в ряде случаев имеет существенные отличия от ныне действующей. В то же время анализ актуальной нормативной базы расчета и проектирования грузовых вагонов, которая уже более 15 лет не претерпевала существенных изменений, показал, что она не в полной мере учитывает реальное распределение силового нагружения от перевозимых грузов при переходных режимах движения. В частности, при выполнении прочностных расчетов вагонов, предназначенных для перевозки навалочных и сыпучих грузов, статическое и динамическое воздействие от последних определяется по зависимостям, полученным на основе классической теории Кулона, которые не позволяют учесть особенности реального распределения сил при экстремальных динамических режимах, сопровождающихся высокими градиентами ускорений (соударение вагонов, экстренное торможение и т. п.), а также распределения давления от груза при расчетах кузова вагона с поверхностями, имеющими переменный радиус кривизны (например, «каплевидный» профиль). При перевозке грузов наливом возможны большие перемещения жидкости относительно кузова, приводящие к повышенным гидродинамическим давлениям, а следовательно, к изменению напряженно-деформированного состояния вагона. Таким образом, нерешенной является задача оценки прочности на основе учета реальных силовых нагружений металлоконструкции вагонов при взаимодействии с перевозимыми грузами, имеющими возможность подвижности относительно кузова, и при разработке новых перспективных конструкций вагонов. Особенно важно учитывать эти особенности при проектировании длиннобазных вагонов с повышенными погрузочными объемами.

Учитывая современный уровень развития вычислительной техники, появилась необходимость создания науч-

ной основы разработки конструкций вагонов, позволяющей определять их динамико-прочностные характеристики с учетом силовых взаимодействий в общей транспортной системе «вагон – подвижный груз – железнодорожный путь». В качестве такой основы нами предлагается методология разработки конструкций вагонов, заключающаяся в использовании анализа технического состояния подвижного состава после длительной эксплуатации при выборе направлений модификации конструктивных элементов грузовых вагонов, а также включающая методы прочностных расчетов, обеспечивающие комплексный учет силового взаимодействия кузовов вагонов с относительно подвижными перевозимыми грузами. Ее реализация позволила разработать комплекс технических решений для грузового подвижного состава, выпускаемого в настоящее время на вагоностроительных и вагоноремонтных предприятиях Республики Беларусь и стран СНГ [8].

Выполненные разработки показали, что при высокой производительности труда, экономии материальных и энергетических ресурсов можно изготавливать готовые детали различной конфигурации (с допустимой погрешностью) из листового металлопроката путем свободной гибки фасонных усиливающих частей элементов жесткости металлических листов обшивки элементов кузовов вагонов. Это направление в технологии вагоностроения, вагоноремонта и изготовления запасных частей подвижного состава является первым приближением к использованию на предприятиях бесштамповой технологии изготовления элементов металлоконструкций кузовов полувагонов, платформ и др. Изготовление гофрированных металлических листов обшивки кузовов вагонов требует использования дорогостоящих штампов, а наличие гофрированных элементов кузова значительно усложняет ремонтное производство и изготовление запасных сменных частей кузовов грузовых вагонов. Следует учитывать, что в ремонтной практике непременно должен решаться вопрос равнодолговечности элементов конструкций. Например, технические решения по конструкции крыш вагонов, используемые при проведении капитального ремонта с продлением срока службы вагонов, из гладких листов металла толщиной 3 мм с продольными элементами жесткости из металлопроката не оправдали себя на практике. Гофрированную тонколистовую металлическую обшивку восстанавливаемых крыш более целесообразно заменять на обшивку из листов толщиной 1,5 мм, снабженных гнутыми элементами продольной жесткости, выполненными из полотна используемого листа. Это позволяет обеспечить требуемую продольную устойчивость конструкции, экономию металла и реализовать принцип обеспечения равнодолговечности имеющихся отремонтированных элементов кузова и вновь изготовленной крыши при проведении ремонта вагона в депо.

Указанное принципиальное техническое решение использовано при конструировании крышек разгрузочных люков полувагонов, бортов универсальных платформ, стен полувагона, кузовов вагонов-лесовозов. Эффективность разработанных конструкторских решений обоснована комплексом виртуальных испытаний на статические и динамические нагрузки в общей системе вагона, непрерывно взаимодействующего с перевозимым грузом, рельсовой колеей и соседними вагонами в поезде и применением при проектировании и изготовлении грузовых вагонов белорусского производства. Так, на рисунке 2 приведены фрагменты испытаний опытных образцов вагона для перевозки минеральных удобрений модели 19-9774 и вагона-лесовоза модели 13-9832-01 постройки СЗАО «Могилевский вагоностроительный завод» (СЗАО «МВЗ»).

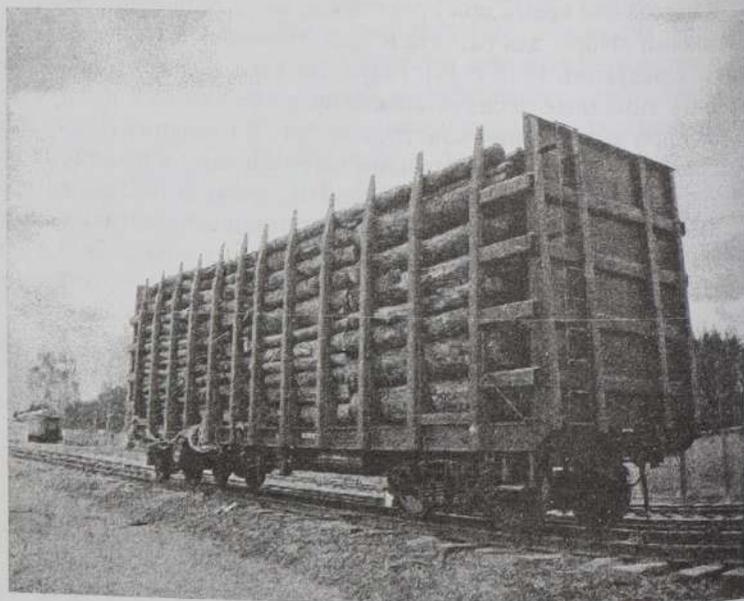


Рисунок 2 – Вагон для перевозки минеральных удобрений модели 19-9774 и вагон-лесовоз модели 13-9832-01 постройки СЗАО «МВЗ»

Комплекс разработанных конструктивных и технологических решений защищен более чем 20 патентами на изобретения и полезные модели Республики Беларусь и Российской Федерации. Следует отметить, что к одним из главных проблем создания вагонов нового поколения, которые будут

конкурентоспособны на внешнем рынке, является разработка «дружественных» к путевой структуре ходовых частей. Лидерами инноваций в проектировании тележек вагонов являются 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 беззазорных 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.