

В. В. АРСОНОВ, И. В. БИЛАН (Укрзалізниця, Киев), И. С. ГРУНИК (Львовская железная дорога), В. Л. ГОРОБЕЦ, Л. В. УРСУЛЯК, А. П. ТАТУРЕВИЧ (ДИИТ)

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ УЧАСТКА ЛАВОЧНОЕ–БЕСКИТ–ВОЛОВЕЦ ЗА СЧЕТ ИНТЕНСИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТОРМОЖЕНИЯ САУРТ-БАРС

В статье рассмотрены результаты работ, проведенных на полигоне Львовской железной дороги с целью оценки возможности исключения пневматического торможения на участке Лавочное–Бескит–Воловец и оценка возможности исключения из расписания движения поездов технической остановки по платформе Скотарское.

*Ключевые слова:* тяговый подвижной состав, электровоз, рекуперативное торможение, ходовые испытания, моделирование

Комплексная проблема повышения пропускной способности участков со сложным горным профилем пути, с безусловным соблюдением требований безопасности движения поездов, является неизменно приоритетной и актуальной. В соответствии с этим была проведена научно-исследовательская работа по оценке возможности исключения из графиков движения грузовых и пассажирских поездов технической остановки по пл. Скотарское, связанной с необходимостью возобновления давления в тормозной системе поезда и проведения осмотра состояния подвижного состава. Предусматривалось, что увеличение до трех количества локомотивов, которые рекуперировать на участке Лавочное–Бескит–Воловец с использованием системы САУРТ-БАРС, позволит не применять пневматическое торможение, тем самым не истощая тормозную магистраль и не допуская перегрева тормозных колодок и колес, что может быть решением данного вопроса.

В рамках проведенной работы было выполнено:

- анализ технических характеристик и функциональных возможностей системы рекуперативного торможения САУРТ-БАРС;
- исследование технического состояния пути на опытном участке;
- анализ организации движения и условий работы локомотивов-толкателей и соответствующей руководящей документации;
- выполнение опытных поездок в составе грузовых и пассажирских поездов;
- проведение теоретических расчетов с целью оценки уровней продольных сил, воз-

никающих при движении грузовых и пассажирских поездов типичного состава;

- исследование возможности увеличения интенсивности использования рекуперативного торможения путем переформирования грузовых поездов или уменьшения их весовых норм.

Участок Лавочное–Бескит–Воловец характеризуется сложнейшим планом-профилем (рис. 1), включающим тоннель 1 с полукруговой кривой, начинающейся непосредственно от его южного портала 2, трех мостовых сооружений 3, два из которых находятся по обе стороны платформы Скотарское 4, которая оборудована улавливающим тупиком 5.

### Обсуждение преимуществ рекуперативного торможения

Электровоз, движущийся с грузовым или пассажирским поездом, выполняет механическую работу по перемещению груза, затрачивая соответствующее количество электроэнергии и получая значительный запас кинетической энергии. При движении поезда на подъем дополнительно накапливается потенциальная энергия. Кинетическая и потенциальная энергии, при правильном их использовании, сводят к минимуму механическое подтормаживание и сокращают затраты электроэнергии.

На электровозах с рекуперативным торможением для подтормаживания на спусках или остановочных пунктах используют тяговые электродвигатели (ТЭД) как генератор, который превращает потенциальную и кинетическую энергию в электрическую, используемую на железной дороге при движении других поез-

дов в тяговом режиме или другими потребителями.

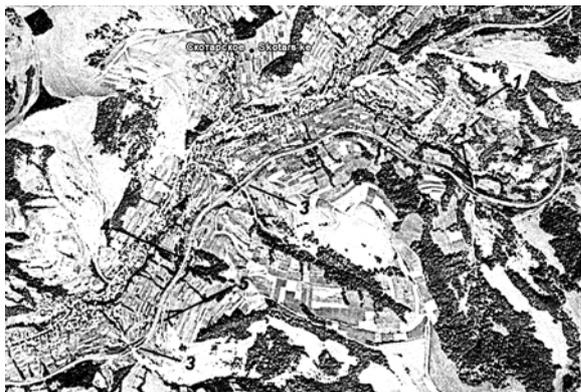


Рис. 1. Участок Лавочное–Бескит–Воловец (снимок со спутника)

Ввиду того, что в накопленной энергии, которую имеет движущийся поезд, преобладает кинетическая составляющая, для рекуперации важное значение имеет выбор машинистом скоростного режима ведения поезда. Особенно важно правильно управлять поездом при езде с площадки на подъем и ведение поезда по подъему или переходу из подъема на спуск, и ведении поезда по спуску. Применение рекуперации зависит от скорости движения перед началом торможения. Поэтому фактор дополнительного времени хода по перегонам разной длины во многих случаях играет негативную роль. Особенно большую отдачу может дать рекуперативное торможение на скоростном участке при увеличенной фрагментации движения или большом числе спусков и подъемов. В любом случае, повышение скорости движения более экономично делать на спусках и площадках, то есть при движении по спускам не следует терять время, которое можно будет использовать на площадках и подъемах.

Экономический эффект, одной из составляющих которого является экономия электроэнергии зависит не только от мастерства вождения поездов локомотивными бригадами, но и от технического состояния электровозов.

### **Технические характеристики системы рекуперативного торможения САУРТ-БАРС**

Электровозы ВЛ11м, которые осуществляют основные грузовые и пассажирские перевозки на участке Лавочное–Бескит–Воловец, оборудованы штатной системой рекуперации САУРТ-34, а также блоком автоматизированной стабилизации режима движения БАРС.

Система САУРТ-34 обеспечивает выполнение следующих операций:

- автоматический перевод электровоза из режима выбега в режим рекуперации после команды машиниста;
- стабилизацию тока рекуперации или скорости движения при соблюдении ограничений по предельно допустимому напряжению в контактной сети и условиям коммутации тяговых электродвигателей (по соотношению тока якоря и тока возбуждения) на заданном уровне;
- защиту от юза колесных пар;
- автоматическое снижение тормозного усилия при срабатывании датчиков буксования;
- работу двух и более секций по системе многих единиц (СМЭ).

Система автоматизированного управления БАРС предусматривает расширение функций:

- режим ограничения скорости движения при рекуперативном торможении в соответствии с заданным значением;
- автоматическое управление режимом работы вентиляторов охлаждения тяговых двигателей;
- индикацию текущих параметров электрооборудования БАРС.
- автоматического регулирования электрических параметров ТЭД при переходе на рекуперацию и в режиме рекуперативного торможения;
- ограничение скорости движения электровоза с последующей ее стабилизацией на уровне заданного значения в режиме рекуперативного торможения при движении под уклон;
- отображение текущих контролируемых параметров;
- автоматический перевод электровоза из режима выбега в режим рекуперации;
- стабилизацию тормозного усилия путем управления током рекуперации или ограничения скорости движения при соблюдении ограничений по предельно допустимому напряжению в контактной сети и условиям коммутации (по соотношению тока якоря и тока возбуждения);
- защиту от юза колесных пар автоматическим снижением тормозного усилия при поступлении сигналов от противобуксовочной защиты;
- автоматический выбор режима работы вентилятора охлаждения ТЭД в режиме тяги или рекуперативного торможения;

- работу электровоза по системе многих единиц (СМЕ).

### Выполнение опытных поездок в составе грузовых и пассажирских поездов

Экспериментальные исследования условий эксплуатации электровозов ВЛ11м, оборудованных системой САУРТ-БАРС на участке Лавочное–Бескит–Воловец выполнялись в составе грузовых (рис. 2) и пассажирских поездов, сформированных по схемам, приведенным на рис. 3.

Характеристика опытных поездок, выполненных в рамках данной работы, приведена в табл. 1.

При этом, основное внимание закономерно уделялось грузовым поездом, учитывая, что наибольшую экономию энергии получают именно в данном случае. Поездка в составе пассажирского состава была проведена для оценки возможности ведения поезда в чистом режиме рекуперативного торможения. Примеры регистрации динамических процессов при испытаниях приведены на рис. 4.



Рис. 2. Опытный грузовой поезд на станции Лавочное (вид из кабины заднего локомотива-толкача)



Рис. 3. Схемы формирования опытных поездов: верхний чертеж – грузовой состав, нижний – пассажирский

Таблица 1

Характеристика опытных поездок

№ пор.	Характеристики поезда					Комментарии
	Тип	№	Вес, кН	Оси	Формирование	
1	2	3	4	5	6	7
1	груз.	1603	45560	200	поз. 1. Рис. 3	Рекуперативное торможение $I = 400 \text{ А}$ , дважды – пневматическое торможение
2	груз.	2107	44550	216	поз. 2. Рис. 3	1640 км сброса режима рекуперации, угроза юза
3	груз.	2143	44000	240	поз. 1. Рис. 3	Рекуперативное торможение $I \leq 305 \text{ А}$ , трижды – пневматическое торможение
4	груз.	2113	45070	224	поз. 2. Рис. 3.	Разбор рекуперативной схемы секции Б, четырехкратное пневматическое торможение
5	груз.	1603	45600	204	поз. 4. Рис. 3.	Рекуперативное торможение $I \leq 305 \text{ А}$ , $I = 350 \div 400 \text{ А}$ , пятикратное пневматическое торможение
6	пас.	81	-	76	поз. 1. Рис. 3.	Рекуперативное торможение. При входе на пл. Скотарское, скорость – 33 км/ч. Однократное пневматическое торможение

Было подтверждено, что основными причинами применения пневматического торможения является:

- чрезмерно быстрый набор скорости состава при недостаточной силе со-

противления от рекуперации двумя локомотивами;

- угроза юза;
- разборка схемы рекуперации по превышению допустимого напряжения в контактной сети,

Анализ результатов опытных поездок

№ пор.	№ поезд-ки	№ поезда	Количество пневматических торможений	Анализ результатов
1	2	3	4	5
1	1	1603	2	Пневматическое торможение применено по набору скорости.
2	2	2107	1	Пневматическое торможение применено по м.
3	3	2143	3	Пневматическое торможение применено по набору скорости.
4	4	2113	4	Пневматическое торможение применено по разборке схемы рекуперации (превышено допустимое напряжение в контактной сети).
5	5	1603	5	Пневматическое торможение применено по частичной разборке схемы рекуперации (превышено допустимое напряжение в контактной сети).
6	6	81	1	Пневматическое торможение применено по набору скорости.

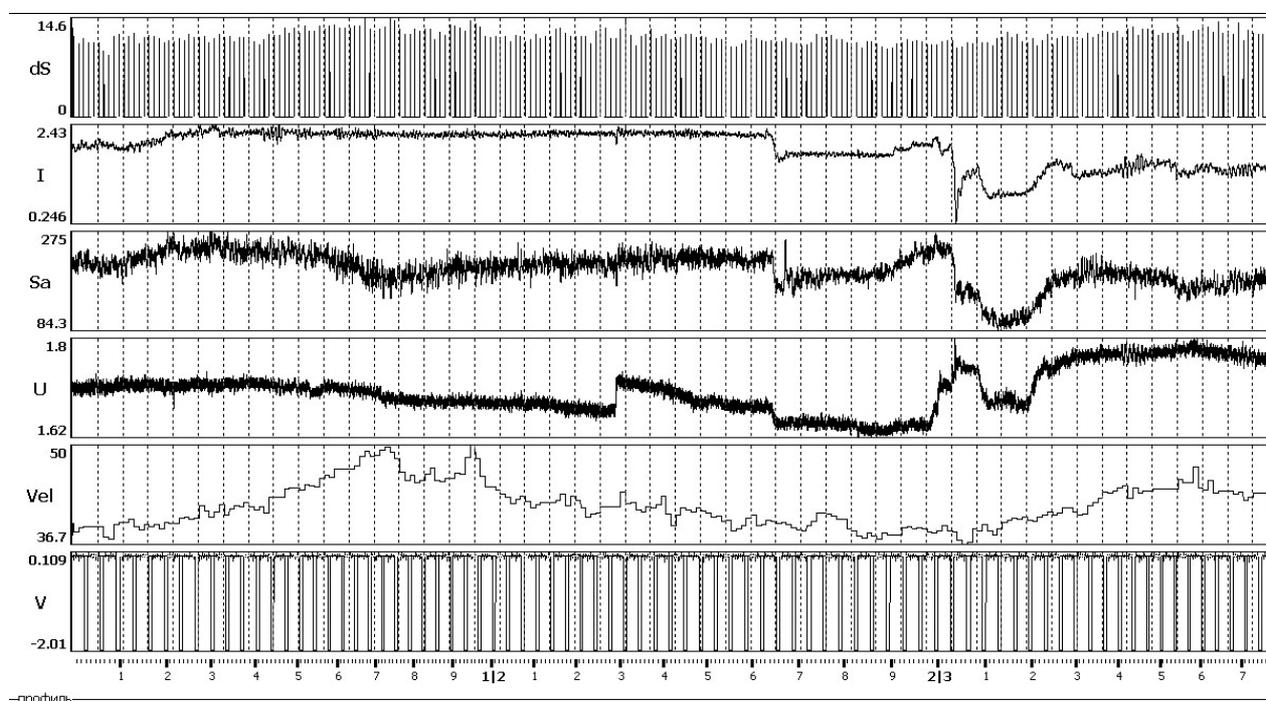


Рис. 4. Пример динамических процессов (поездка 5, грузовой поезд, хвостовой толкач): V – импульсы частоты вращения привода speedометра; Vel – скорость GPS; U – напряжение в контактной сети; Sa – усилие в астоцепке; I – ток якоря тягового двигателя; Ds – давление в тормозной магистрали

а также, вероятно:

- распределение веса поезда;
- настройка системы САУРТ-БАРС;
- технические характеристики единиц тягового подвижного состава;
- состояние тормозной системы в грузовом поезде.

В соответствии с утвержденной Заказчиком работы Программой-методикой выполнения ходовых испытаний, в процессе их проведения

фиксируются следующие динамические процессы:

- скорость движения опытного сцепа (двумя способами – по частоте срабатывания геркона, замыкаемого приводом speedометра (рис. 5), а также по данным спутниковой GPS навигации – рис. 6);
- давление в тормозной магистрали (рис. 7);

- географические координаты опытного локомотива (без требований к метрологическим характеристикам) – рис. 6;
- усилие в автосцепном устройстве опытного локомотива (рис. 7);
- сила тока в якоре тягового двигателя;
- напряжение контактной сети.

Кроме того, фиксировались дополнительные данные:

- схема формирования и вес опытного поезда;
- схемы установки измерительных приборов на опытных единицах ТПС;
- принятые обозначения процессов и порядок их записи на ПЭВМ;
- результаты тарирования и масштабные множители;
- название маршрута движения;
- номера опытов;
- скорость движения;
- километровые столбы и пикеты;
- характеристики участков (прямая, кривая, стрелки);
- режим движения (выбег, тяга, торможение);
- погодные условия во время испытаний;
- сбои в работе аппаратуры или изменения масштабов.

Анализ режимов ведения опытных поездов (табл. 3) выявил две основные причины отключения системы САУРТ-БАРС:

- превышение допустимого по [1, 2] напряжения в контактной сети;
- угроза буксования.

### Исследование технического состояния пути на опытном участке

Перед началом динамических испытаний опытного локомотива (электровоза ВЛ11м), оборудованного системой рекуперативного торможения САУРТ-БАРС в составе графиковых поездов, была проведена проверка испытательных участков путеизмерительным вагоном на участке Лавочное–Бескит–Скотарское–Воловец.

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что на всех опытных участках состояние рельсовой колеи удовлетворяет безопасному движению поездов в режимах рекуперативного торможения по главным показателям, а именно: ширине рельсового пути, уровню и по направлению в плане.

Наибольшие степени отклонений от норм устройства и содержания не превышали IV сте-

пень, за исключением просадок на 1634 км и рихтовки на 1536 км 1-й главной колеи участка Лавочное–Бескит (V ступень).



Рис. 5. Герконовый датчик скорости 1



Рис. 6. GPS датчик 1 географической координаты и скорости



Рис. 7. Датчики давления в тормозной магистрали 1 и усилия в автосцепке 2

Ввиду того, что установленная скорость движения поездов на этих участках не превышала 50 км/ч, а фактическая скорость движения и того меньше, есть основания для вывода, что на этих участках полностью обеспечена безопасность движения поездов.

При этом следует заметить, что неисправности V степени были устранены в первоочередном порядке, что позволило обеспечить движение поездов с установленными скоростями без ограничений за исключением 1530 км нечетного главного пути участка Лавочное–Бескит, где была установлена скорость движения 15 км/ч (кстати, наиболее благоприятная для реализации рекуперативного торможения).

Кафедра «Путь и путевое хозяйство» ДИИТа занималась проблемой исследований особенностей действия на путь подвижного состава при рекуперативном торможении на горных перевальных участках Львовской, Закав-

казской, Южно-Уральской, Дальневосточной, Восточносибирской железных дорог. Исследования проводились в период с 1967 года до 1973 года, а также в 1978 и 1990 годах.

Выводы этих исследований содержатся более чем в шести отчетах и опубликованы в сборниках научных трудов ДИИТа, в газете «Гудок» № 7 от 09.01.1980 года, в журналах «Путь и путевое хозяйство», «Вестник ВНИИЖТ» (напр., [3–9]).

На основе проведенных исследований были сделаны очень важные выводы, а именно:

- по условиям прочности и устойчивости пути необходимо ограничивать максимально допустимую тормозную силу, приведенную к голове поезда до 550...600 кН, в связи с чем нужна и переработка инструкций относительно применения электрического торможения поездов.
- режимы рекуперативного (и реостатного) торможения поездов, по сути, не контролируются никакими устройствами, главное – не фиксируется индикаторами и приборами в кабине машиниста, особенно в случае ведения поездов 4-я локомотивами по системе три в голове и один в хвосте, за исключением скорости движения. В данном случае отсутствует также автоматическая синхронизация действий всех 4-х машинистов электровозов, особенно головных и хвостовых.

К сожалению, система САУРТ-БАРС при ее внедрении на электровозах ВЛ11м не решает указанную проблему. Система БАРС работает как совокупность независимых регуляторов скорости (или тока) тяговых электродвигателей и, естественно, не прогнозирует аспекты взаимодействия системы «путь–локомотивы–состав вагонов», ее «интеллектуальных функций» недостаточно, чтобы обеспечить рекуперацию поездом в широком кругу внешних возмущений и условий ведения поезда.

Вопрос допустимости рекуперативного и реостатного торможения в пределах стрелочных переводов до сих пор не решен. Движение поездов по стрелочным переводам отличается от их движения в кривых большой длины, поскольку стрелочные переводы по сравнению с обычными кривыми имеют меньшую длину, а кривизна пути под каждой единицей подвижного состава различна даже между тележками 4-осных вагонов. Поэтому при движении поезда в пределах стрелочных переводов постоянно изменяются углы поворотов автосцепок, в том

числе, и в обратном направлении. При этом продольные силы в поезде в течение достаточно коротких промежутков времени увеличиваются до критических значений. Частично исследования данной проблемы были выполнены кафедрой «Путь и путевое хозяйство» ДИИТа, а также ВНИИЖТ [10–12]. При этом исследовались особенности действия на стрелочные переводы локомотивов с осевыми повышенными нагрузками на рельсы (250 кН), в том числе и при наличии неисправностей по направлению в плане [10, 12].

### **Возможность увеличения интенсивности использования участка организационными средствами**

С учетом особенностей и ограничений при эксплуатации локомотивного парка на участке Лавочное–Бескит–Воловец рассматриваются следующие варианты способов ведения грузовых поездов:

- переформирование поезда с одним локомотивом (поездным) в голове и постановкой трех толкачей в хвост поезда с целью его спуска с преимущественным действием растягивающих сил для избегания выжимания вагонов в голове поезда;
- уменьшение весовой нормы на локомотив, обусловленной приказом [1] до величины, когда рекуперативное торможение в голове поезда обеспечит безопасность его движения с установленными скоростями;
- увеличение общего количества локомотивов-толкачей для ведения поезда со сменной системы рекуперированных локомотивов без переформирования состава.

Переформирование состава поезда при подходе к перевалу (не учитывая даже потерь времени на выполнение необходимых технологических операций) невозможно из-за отсутствия необходимых условий, а именно, на участке Лавочное–Скотарское все станции и разъезды расположены на подъеме, что предельно усложняет трогание поезда после его переформирования. Сам перегиб профиля находится внутри однопутного тоннеля, где любая маневровая работа невозможна.

Уменьшение весовой нормы на локомотив, по сравнению с обусловленной приказом [1], автоматически приводит к увеличению количества поездов, локомотивов-толкачей и локомотивных бригад с соответствующими подвязками их под маршруты. Увеличение количества

поездов приведет также к фактическому уменьшению пропускной способности участка, что противоречит начальной, поставленной в работе задаче.

Выполнение требований безопасности движения поездов, а именно, обеспечение свободного маршрута на улавливающий тупик по пл. Скотарское, при увеличении количества поездов дополнительно уменьшит пропускную способность данного участка.

Увеличение количества толкачей для реализации ведения поезда по схеме «три в голове – три в хвосте» без переформирования поезда, при отмене служебной остановки по пл. Скотарское, приведет к существенному увеличению потребности в локомотивах как за счет увеличения количества толкачей (и локомотивных бригад) на каждый грузовой состав, так и за счет увеличения плеч обращения толкачей до ст. Воловец.

Учитывая указанное, рассмотренные предложения нельзя признать способствующими улучшению эффективности эксплуатации участка Лавочное–Воловец.

#### **Теоретические расчеты по оценке уровней продольных сил, возникающих при движении поездов по опытному участку**

Моделирование характера и параметров движения пассажирских и грузовых поездов на опытном участке проводилось с использованием программного обеспечения, разработанного в ДНУЗТ [13] для исследования продольной динамики поездов.

В математической модели поезда были учтены реальные параметры плана-профиля опытного участка, тяговые, тормозные и рекуперативные характеристики электровоза ВЛ11м.

Было рассмотрено два типичных состава поездов:

- однородный грузовой поезд весом 4600 т, составленный из 50 загруженных полувагонов и 4 локомотивов в соответствии с приказом [1];
- пассажирский поезд, составленный из 22 населенных вагонов и двух (поездной и толкач) локомотивов.

После проведения предыдущих численных экспериментов были определены такие режимы их ведения.

Для пассажирского поезда:

- начало движения на выбеге, скорость 30 км/ч;

- при достижении установленной в [1] отметки пути, головной локомотив при скорости 35 км/ч включает 5 позицию рекуперации соединения «С», при скорости 40 км/ч 8 позицию рекуперации соединения «С» без применения пневматического торможения.

Для грузового поезда, режим 1:

- начало движения на выбеге, скорость 30 км/ч, напряжение в контактной сети 3 кВ;
- при достижении установленной приказом [1] отметки пути, хвостовой толкач включает 20 позицию рекуперации, соединения «СП» при скорости 35 км/ч;
- действия поездного и головных толкачей: первый с головы включает пневматическое торможение при скорости 45 км/ч, второй не выполняет никаких действий, поездной локомотив включает позиции рекуперации 20 – при скорости 40 км/ч, 25 – при скорости 40 км/ч.

Для грузового поезда, режим 2:

- начало движения на выбеге, скорость 30 км/ч, напряжение в контактной сети 3 кВ;
- при достижении установленной приказом [1] отметки пути хвостовой толкач включает 20 позицию рекуперации, соединения «СП» при скорости 35 км/ч;
- действия поездного и головных толкачей: первый с головы включает пневматическое торможение при скорости 45 км/ч, второй не выполняет никаких действий, поездной локомотив – по режиму 1.

Для грузового поезда, режим 3:

- начало движения на выбеге, скорость 30 км/ч, напряжение в контактной сети 3,5 кВ;
- при достижении установленной приказом [1] отметки колеи хвостовой толкач включает 20 позицию рекуперации, соединения «СП» при скорости 35 км/ч.
- действия поездного и головных толкачей: первый с головы – включает пневматическое торможение при скорости 45 км/ч, второй не выполняет никаких действий, поездной локомотив по режиму 1.

Для грузового поезда, режим 4:

- начало движения на выбеге, скорость 30 км/ч, напряжение в контактной сети 3,5 кВ;
- при достижении установленной приказом [1] отметки пути, хвостовой толкач

включает 20 позицию рекуперации, соединения «СП» при скорости 35 км/ч.

- действия поездного и головных толкачей: первый с головы действий не выполняет, второй не выполняет никаких действий, поездной локомотив включает позиции соответственно режиму 1.

Выбранный режим движения пассажирского поезда обусловлен тем, что при рекуперации на соединении «СП», 15 позиция, ее применение вызывало потерю скорости с последующей остановкой поезда.

Результаты моделирования движения пассажирского состава приведены на рис. 8–10, грузового – на рис. 11–14.

Ведение грузового поезда по участку Бескит–Скотарское при номинальном напряжении контактной сети (случай 1) вызывает повышение скорости его движения до 70 км/ч при допустимых уровнях продольных сил сжатия в голове поезда (650 кН) с их временной стабилизацией при подходе к пл. Скотарское.

При номинальном и повышенном до 3,5 кВ напряжении контактной сети (случаи 2, 3) и применении комбинированного (рекуперативного и пневматического) торможения возможно стабилизировать скорость движения поезда на уровне 40...50 км/ч. Максимальные усилия в составе также имеет допустимые величины (до 650 кН).

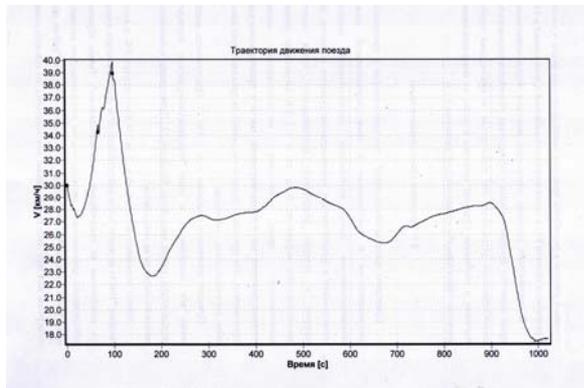


Рис. 8. График скорости движения пассажирского поезда

В случае рекуперации одновременно тремя локомотивами (случай 4) скорость движения поезда стабилизируется на уровне 55 км/ч. При повышенном напряжении контактной сети максимальные силы в голове поезда после преодоления им перегиба профиля стабильно составляют величины 900...1000 кН и создают угрозу выжимания вагонов.

Полученные результаты свидетельствуют о следующем.

Ведение пассажирских поездов с применением исключительно рекуперативного торможения на участке Лавочное–Скотарское возможно. При этом достижение желаемой скорости движения на перегоне обеспечивается за счет соответствующей последовательности периодов рекуперативного торможения.

Применение комбинированного торможения позволяет выбрать допустимые параметры движения поезда, при этом, величины продольных сил в поезде не превышают критических значений для выжимания (1000 кН для грузовых вагонов).

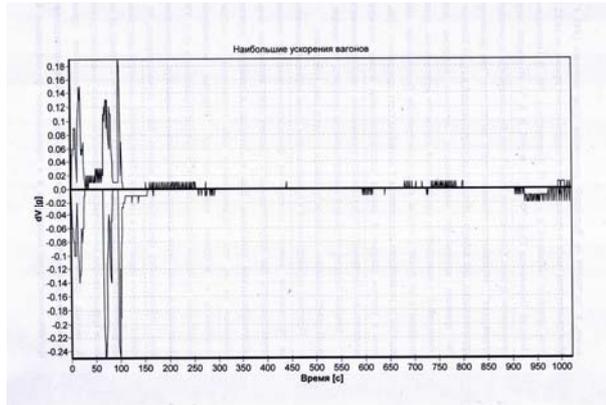


Рис. 9. Максимальные по составу вагонов пассажирского поезда ускорения в каждый момент его движения (и далее в подобных случаях)

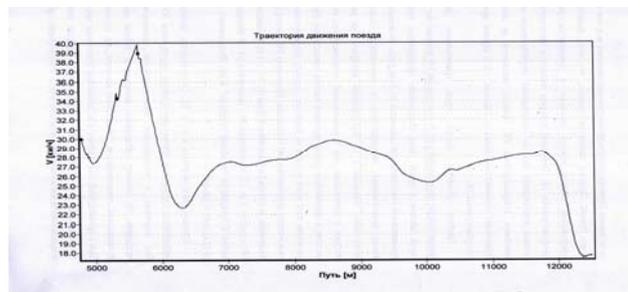


Рис. 10. Скорость движения пассажирского поезда как функция пройденного пути

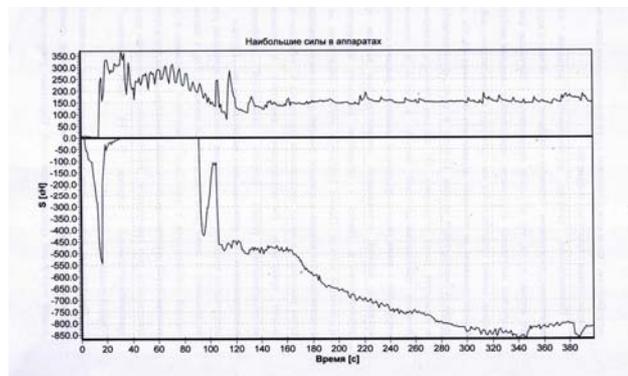


Рис. 11. Максимальные силы по составу вагонов грузового поезда силы. Случай 1

## Выводы

1. Повышение пропускной способности участка Лавочное–Бескил–Воловец не может быть достигнуто за счет исключения технической остановки по пл. пл. Скотарское из ниже-следующих позиций:
  - выполнения требований безопасности движения поездов по пл. Скотарское;
  - реализации близкого к критическому уровня продольных сил в грузовом поезде при рекуперации тремя локомотивами;
  - потери эффективности работы толкачей при исключении возможности их отцепки по пл. Скотарское;
  - повышения напряжения в контактной сети, которая провоцирует непредвиденные отключения схем рекуперации.
2. Ведение пассажирских поездов с использованием исключительно рекуперативного торможения (без исключения технической остановки по пл. Скотарское) возможно, но при условии обеспечения рекуперации по параметрам напряжения в контактной сети.
3. Предлагается дальнейшее проведение исследований по решению вопросов уменьшения угона железнодорожного пути, эффективного использования сэкономленной электроэнергии, а также уточнения условий применения рекуперативного и реостатного торможения, в первую очередь, в пределах стрелочных переводов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Наказ № 755-Н від 12.12.2005 р. Про порядок формування та руху пасажирських, вантажних поїздів через Карпатські перевали електровозами серії ВЛ10,ВЛ11м із застосуванням рекуперативного гальмування [Текст]. – Л.: Львівська залізниця, 2005. – 21 с.
2. Наказ № 555-Н від 01.01.2008 р. Про порядок застосування на Львівській залізниці окремих пунктів та положень Правил технічної експлуатації залізниць України, Інструкції з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України та Інструкції з сигналізації залізниць України [Текст]. – Л.: Львівська залізниця, 2008. – 163 с.
3. Цыганенко, В. Определение горизонтальных поперечных сил в кривых с учетом продольных сил, действующих в составе [Текст] / В. Цыганенко // Сб. науч. тр. ДИИТа. – Вып. 88. – Д.: ДИИТ, 1968.
4. Исследования условий работы пути на участках рекуперативного торможения поездов [Текст] / М. Фришман [и др.] // Сб. науч. тр. ДИИТа. – Вып. 99. – Д.: ДИИТ, 1969.

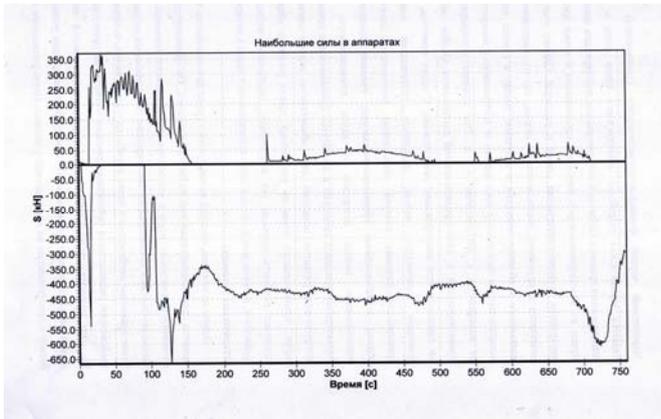


Рис. 12. Максимальные силы по составу вагонов грузового поезда силы. Случай 2

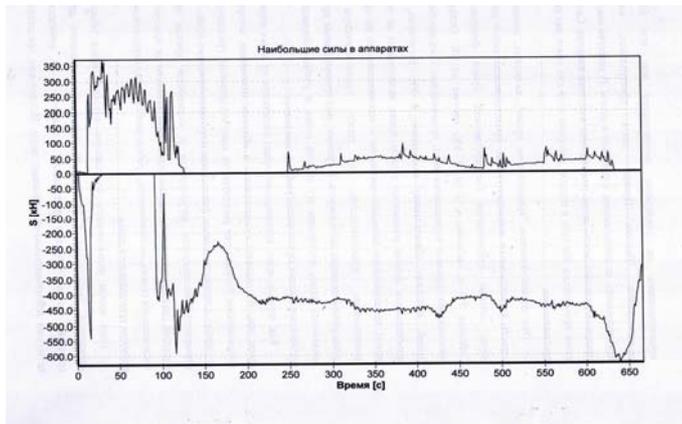


Рис. 13. Максимальные силы по составу вагонов грузового поезда силы. Случай 3.

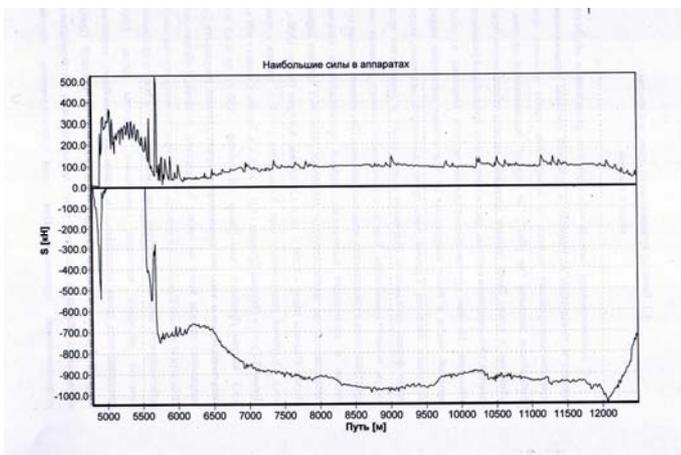


Рис. 14. Максимальные силы по составу вагонов грузового поезда. Случай 4.

Применение рекуперативного торможения тремя локомотивами при напряжении в контактной сети 3,5 кВ приводит к возникновению избыточных продольных усилий, которое может вызывать выжимания вагонов в голове поезда.

5. Климов, В. Экспериментальное определение боковых сил в кривой при рекуперативном торможении поездов [Текст] / В. Климов, В. Цыганенко // Сб. науч. тр. ДИИТа. – Вып. 99. – Д.: ДИИТ, 1969.
6. Фришман, М. Результаты экспериментальных исследований поперечных горизонтальных сил взаимодействия пути и подвижного состава на перевальных участках [Текст] / М. Фришман, А. Орловский, А. Татуревич // Сб. науч. тр. ДИИТа. – Вып. 138. – Д.: ДИИТ, 1972.
7. Цыганенко, В. О боковом взаимодействии на путь в кривых электровоза ВЛ10 в режиме рекуперативного торможения [Текст] / В. Цыганенко // Сб. науч. тр. ДИИТа. – Вып. 138. – Д.: ДИИТ, 1972.
8. Воздействие на путь при рекуперативном торможении [Текст] / М. Фришман [и др.] // Путь и путевое хозяйство. – 1973. – № 8.
9. Уманов, М. И. Определение допускаемых значений продольных сил в составе поезда при движении в кривых малых радиусов [Текст] / М. И. Уманов // Межвуз. сб. науч. тр. ДИИТа. – Вып. 228/25. – Д.: ДИИТ, 1983.
10. Татуревич, А. П. Особенности воздействия на стрелочные переводы локомотивов с повышенными осевыми нагрузками [Текст] / А. П. Татуревич // Межвуз. сб. науч. тр. ДИИТа. – Вып. 223/24. – Д.: ДИИТ, 1982.
11. Цыганенко, В. В. О боковом воздействии подвижного состава на стрелочные переводы при рекуперативном торможении [Текст] / В. В. Цыганенко, Ю. В. Луцкий, Л. П. Луцкая // Межвуз. сб. науч. тр. ДИИТа. – Вып. 283/32. – Д.: ДИИТ, 1991.
12. Экспериментальная оценка неровностей пути в плане в зоне стрелочных переводов [Текст] / Г. Г. Желянин [и др.] // Межвуз. сб. науч. тр. ДИИТа. – Вып. 283/32. – Д.: ДИИТ, 1991.
13. Расчеты и испытания тяжеловесных поездов [Текст] / Е. П. Блохин [и др.]; под. ред. Е. П. Блохина. – М.: Транспорт, 1986. – 263 с.

Поступила в редколлегию 11.11.2012.  
Принята к печати 15.11.2012.

В. В. АРСОНОВ, І. В. БІЛАН, І. С. ГРУНИК, В. Л. ГОРОБЕЦЬ, Л. В. УРСУЛЯК,  
А. П. ТАТУРЕВИЧ

## **ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ДІЛЬНИЦІ ЛАВОЧНЕ–БЕСКИТ–ВОЛОВЕЦЬ ЗА РАХУНОК ІНТЕНСИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ РЕКУПЕРАТИВНОГО ГАЛЬМУВАННЯ САУРТ-БАРШ**

У статті розглянуто результати робіт, проведених на полігоні Львівської залізниці з метою оцінки можливості виключення пневматичного гальмування на ділянці Лавочне–Бескит–Воловець і оцінки можливості виключення з розкладу руху поїздів технічної зупинки по платформі Скотарське.

*Ключові слова:* тяговий рухомий склад, електровоз, рекуперативне гальмування, ходові випробування, моделювання

V. V. ARSONOV, I. V. BILAN, I. S. GRUNIK, V. L. GOROBETS, L. V. URSULYAK,  
A. P. TATUREVICH

## **ESTIMATE OF THE POSSIBILITY OF THE TRACK CAPACITY INCREASE OF THE SECTION LAVOCHNE–BESKYT–VOLOVETS AT THE EXPENSE OF INTENSIVE APPLICATION OF REGENERATIVE BRAKING SYSTEM SAURT-BARS**

In the paper the outcomes of operations performed on the proving track section of Lviv Railways aimed at estimating the possibility of exclusion of pneumatic braking on the section Lavchne–Beskyt–Volovets as well as the possibility of exclusion of an engineering stop at the platform Skotarske from the train schedule are observed.

*Keywords:* tractive rolling stock, electric locomotive, regenerative braking, run tests, modeling