

УДК 621.8, 625.144.1

В. Л. МОИСЕЕНКО, кандидат технических наук, Д. С. ПУПАЧЁВ, магистр технических наук, К. В. МАКСИМЧИК магистр технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ УСТРОЙСТВ СОБСТВЕННОЙ РАЗРАБОТКИ В ПУТЕВОМ ХОЗЯЙСТВЕ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Приводится описание ряда технологических операций, выполняемых в путевом хозяйстве Белорусской железной дороги, с учетом существующей проблематики проведения их механизации при помощи необходимого технического оборудования. Описываются конструкции разработанных устройств, призванных обеспечить частичную механизацию, а также безопасность проведения отмеченных путевых работ, даны их технические характеристики, особенности и показатели, подтверждающие их работоспособность.

Введение. Путевое хозяйство является основой работы всего железнодорожного транспорта. От эффективности его ведения и планирования зависит безопасность движения, рациональность использования финансовых и материальных ресурсов. Следовательно, задачи по совершенствованию технического уровня производства путевых работ являются одними из приоритетных.

Одним из основных направлений решения поставленных задач является механизация производственных процессов при выполнении ремонтов и текущем содержании пути, а также при осуществлении операций непосредственно на предприятиях путевого хозяйства (например, на звеноборочных линиях или при погрузке/разгрузке рельсошпальной решетки в путевых машинных станциях). Это сокращает время на выполнение отмеченных работ, повышает их качество и безопасность проведения.

На текущий момент путевое хозяйство Белорусской железной дороги располагает значительным парком специализированной техники и устройств, способных формировать технологические цепочки по производству основных работ по текущему ремонту и содержанию пути, но в то же время существует ряд операций, требующих разработки и внедрения устройств новой и даже типовой конструкции ввиду недостаточности насыщения ими (в заводском исполнении) предприятий, выполняющих отмеченные работы.

Поэтому специалистами РУП «Ремпуть Белорусской железной дороги» в кооперации с научными сотрудниками кафедры «Транспортно-технологические машины и оборудование» Белорусского государственного университета транспорта на постоянной основе проводятся изыскания по разработке средств механизации и устройств, позволяющих рационально и экономически эффективно оптимизировать работу путевого хозяйства, повысить возможности использования находящихся на балансе предприятия технических средств и ресурсов [1]. За последнее время в рамках такого взаимодействия были разработаны конструкции оборудования по балластировке и перераспределению балласта, а также платформы для перетяжки пакетов звеньев на производственных базах.

Устройство для перераспределения и планировки щебеночного балласта. Одними из основных работ, направленных на поддержание оптимального эксплуатационного состояния магистралей и осуществляемых на железных дорогах, имеющих балластное основание, являются балластировочные.

В рамках их проведения выполняются операции по формированию и отделке балластной призмы с приданием ей требуемого поперечного очертания, направление балластного материала в зону под шпалами путевой решетки, а также его перераспределение в шпальные ящики. При необходимости осуществляется уборка и перераспределение излишков балластного материала для обеспечения равномерной толщины уложенного щебня [2]. При этом правильная планировка и распределение балласта обеспечивают равноупругость и равнопрочность подшпального основания, а также сток воды с пути.

Для механизации отмеченных работ нашел применение такой класс машин, как планировщики-распределители балласта. К примеру, можно выделить ряд таких машин, как ПБ-01 и РПБ-01, СПЗ-5 и SSP-110SW [3]. Последняя, в частности, является скоростным планировщиком балласта и хорошо зарекомендовала себя на Белорусской железной дороге.

Однако данные высокопроизводительные самоходные экипажи имеют возможность работать только на железнодорожной колее 1520 мм. В то же время на Белорусской магистрали в западных приграничных областях республики активно эксплуатируются пути с колеей 1435 мм, которые также необходимо обслуживать для поддержания их в надлежащем состоянии. Но ввиду того, что их протяженность невелика в сравнении с общей протяженностью всех железнодорожных путей страны (составляет для Брестского и Барановичского отделений чуть больше 60 и 20 км соответственно, при путевом хозяйстве ГО «Белорусская железная дорога» более чем в 5,5 тыс. км), покупка достаточно специализированной самоходной техники под т. н. «европейскую» колею является экономически нецелесообразной [4]. Выходом из этой ситуации стала разработка работниками структурного подразделения «Путевая машинная станция Брест» РУП «Ремпуть Белорусской железной дороги» совместно со специалистами кафедры «Транспортно-технологические машины и оборудование» УО «БелГУТ» комплекта оборудования для перераспределения и планировки щебеночного балласта на путях с шириной колеи 1435 и 1520 мм на скреплениях типа КБ и СБ в виде адаптерных устройств, позволяющих как осуществлять выполнение возложенных на них операций, так и повысить функциональность уже имеющегося в парках путевого хозяйства специального самоходного подвижного состава.

Разработанное адаптерное устройство (рисунок 1) представляет собой рамную конструкцию, опирающуюся

ся на головки рельсов железнодорожного пути опорными роликами, и передвигается посредством перетаскивания стальными канатами за проушины любым специальным самоходным подвижным составом или хозяйственным поездом. Перераспределение и планировка балласта производится крыльями и отвалами при поступательном движении устройства вперед.

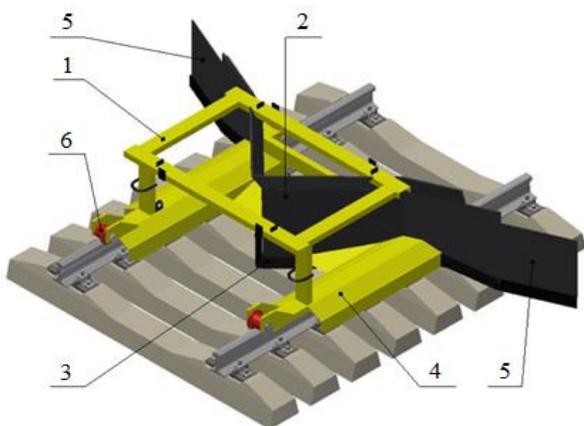


Рисунок 1 – Конструкция устройства для перераспределения и планировки щебеночного балласта:

1 – рама; 2 – отвал; 3 – ножи; 4 –защитный тоннель; 5 – съемное крыло; 6 – ролик

Рама 1 сварного типа состоит из металлических профилей переменного сечения. Для обеспечения жесткости конструкции непосредственно в раму вваривается отвал 2 (его центральные и боковые листы), тем самым образуется единый пространственный каркас устройства, предотвращающий скручивание и деформацию элементов устройства при работе.

На отвале 2 при помощи сварки монтируются ножи 3 специальной формы, обеспечивающие вырезание, перемещение и перераспределение балласта от центра железнодорожного пути к его краям. При этом для обеспечения защиты промежуточных креплений и рельсов от попадания на них балласта при его перераспределении на представленном устройстве предусмотрены защитные тоннели 4.

Рабочее оборудование устройства обеспечивает планировку плеча балластной призмы как в прямых, так и в кривых с любым возвышением наружного рельса. Крылья 5 съемные. Монтаж и их фиксация на устройстве осуществляются посредством болтовых соединений.

Опорные ролики обеспечивают снижение нагрузки при продвижении устройства по рельсам при работе и в то же время выступают направляющими, предотвращающими боковое смещение данной конструкции во время работы.

Для обеспечения устойчивости устройства при работе оно прижимается к пути балластным грузом (один противовес укладочного крана), размещаемым на верхней части рамы конструкции. От перемещения груза по раме в процессе движения применяются продольные и поперечные ограничители.

Перемещение устройства производится за счет тяговых проушин, на которых фиксируются тросы от самоходного подвижного состава. Для выполнения погрузочно-разгрузочных работ с устройством предусмотрены транспортировочные проушины. Улучшению

возможностей транспортировки также способствуют и съемные крылья 5.

Техническая характеристика разработанного устройства представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика устройства для перераспределения и планировки балласта (с учетом модификаций)

Показатель	Значение
Рабочая колея, мм	1520 / 1435
Тип скрепления	КБ / СБ-3
Тип рельсов	Р50 / Р65
Механизм передвижения	При помощи ССПС или хозяйственного поезда
Скорость движения рабочая, не более, км/ч	5
Минимальный радиус проходимых кривых, м	200
Применяемый балластный груз	Противовес крана
Масса балластного груза, кг	1000
Масса устройства без груза, не более, кг	695–750

В процессе разработки для обеспечения работоспособности оценивалось тяговое усилие, необходимое для перемещения устройства при работе, рассчитываемое по формуле

$$F = \sum W + (G\alpha_1\alpha_2k), \quad (1)$$

где $\sum W$ – сумма составляющих сопротивление перемещению, вызванных срезанием балласта и его перемещением, кН; G – вес устройства с пригрузом, Н; α_1 – коэффициент трения в подшипниках скольжения роликов, $\alpha_1 = 0,025$; α_2 – коэффициент трения роликов о рельс, $\alpha_2 = 0,09$; k – коэффициент, учитывающий увеличение сопротивления движению в кривых участках пути, на подъеме.

При этом было установлено, что перемещать разработанное оборудование сможет любой имеющийся в парке путевого хозяйства специальный самоходный подвижной состав.

Расчет на прочность конструкции осуществлялся на базе модели устройства в пакете Autodesk Inventor с учетом известных нагрузок и сопротивлений. Результаты расчета подтвердили полную работоспособность конструкции с учетом принятых материалов и изделий.

Платформы для перетяжки пакетов рельсошпальной решетки. Перетяжка пакетов звеньев является важной частью технологического процесса погрузки/разгрузки и транспортировки собранной рельсошпальной решетки для укладки в путь или после ее демонтажа по месту проведения работ на предприятиях путевого хозяйства.

При осуществлении такого типа операций в пути в составе путеукладочных поездов применяют лебедки, смонтированные на моторных платформах типа МПД и МПД-2 [5, 6].

Однако при работе на звеноборочных или звено-разборочных участках (или базах) количество таких машин ограничено, поэтому для обеспечения работоспособности структурных подразделений РУП «Ремпуть Белорусской железной дороги» были спроектиро-

ваны и в последствии построены конструкции устройств для перетяжки пакетов звеньев рельсошпальной решетки в виде лебедок, монтируемых на типовых грузовых платформах модели 13-401. Реализация данной конструкторской работы возымела ряд положительных эффектов: было осуществлено сохранение ресурса и остаточного срока службы имеющихся платформ МПД и МПД-2 за счет снижения интенсификации их применения в рамках производственных баз, а также введены в оборот использования простаивающие грузовые платформы модели 13-401.

При разработке учитывались имеющиеся на балансе предприятий компоненты и электрооборудование, которые могли использоваться в составе грузотранспортного оборудования. Как следствие, был сконструирован ряд платформ, отличающихся конфигурацией и расположением типовых элементов, однако обеспечивающих при этом необходимое тяговое усилие для выполнения возложенных на них операций.

Основной тяговый орган платформ представлен лебедкой (рисунок 2), которая состоит из следующих сборочных узлов: редуктора 3, барабана 6 с опорами 4, 7, муфт (упругой втулочной 2 и фланцевой 8) и электродвигателя 1, смонтированных на общей раме 5 сварной конструкции. Непосредственно на раме платформы крепится пусковая аппаратура привода лебедки.

Рабочим органом лебедки является барабан, служащий для намотки каната. Закрепление каната на барабане осуществляется с помощью закрепительных планок.

Редуктор лебедки – цилиндрический двухступенчатый горизонтальный. Предназначен для увеличения крутящего момента и уменьшения частоты вращения. Электродвигатель – асинхронный трехфазный. Состоит из следующих частей: статора, ротора, переднего и заднего подшипниковых узлов, вентилятора, кожуха вентилятора и коробки выводов. Для соединения валов компонентов лебедки, а также незначительной компенсации их радиальных смещений применяются два вида муфт: втулочно-пальцевая (типа МУВП) и фланцевая.

В зависимости от модификации возможна установка тормозов колодочных гидравлических типа ТКГ.

Фиксация лебедки на раме платформы осуществляется при помощи болтового соединения и сварки для реализации оптимальной надежности закрепления. Для

обеспечения защиты компонентов лебедки от атмосферных осадков возможна установка защитного навеса.

Полученные в итоге изделия предназначены для перетяжки 25-метровых звеньев рельсошпальной решетки, на линии разборки или сборки ж.-д. звеньев с железобетонными и деревянными шпалами.

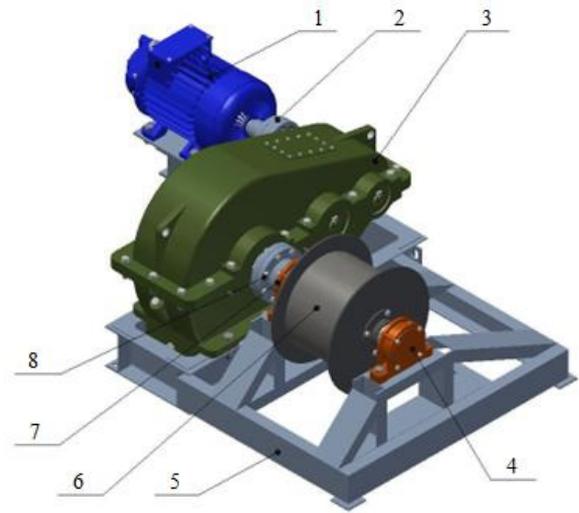


Рисунок 2 – Общий вид лебедки:
1 – электродвигатель; 2 – муфта МУВП; 3 – редуктор; 4 – опора глухая;
5 – рама; 6 – барабан; 7 – опора проходная; 8 – муфта фланцевая

Общий вид платформы с лебедкой представлен на рисунке 3.

Конструкция представляет собой несамohодную платформу модели 13-401 грузоподъемностью до 63 тонн (состоящую из рамы, опирающейся на две двухосные ходовые тележки) со смонтированной на ней лебедкой и элементами электрооборудования, необходимого для ее управления. Платформа имеет тормозную систему, а также автосцепки с поглощающим аппаратом.

Пакеты звеньев посредством лыж перетягиваются вдоль платформ по роликовым транспортерам с помощью лебедки.

Платформа для перетяжки звеньев транспортируется к месту работ тепловозом или другой тяговой подвижной единицей.

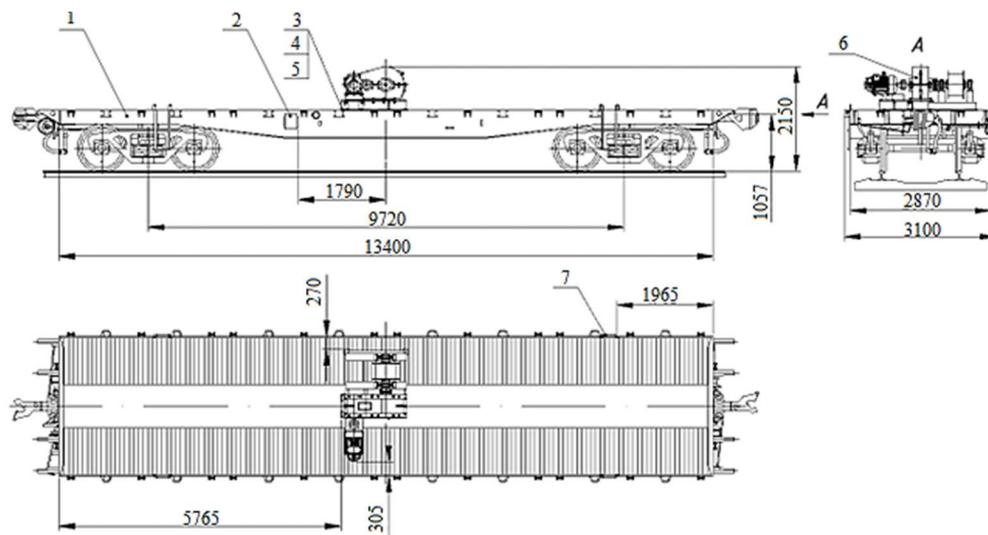


Рисунок 3 – Общий вид платформы для перетяжки пакетов звеньев рельсошпальной решетки:
1 – базовая платформа; 2 – ящик с электроаппаратурой; 3–5 – крепеж лебедки; 6 – тяговая лебедка; 7 – лестница

Ввиду того, что значительная часть компонентов (электродвигатели, редукторы, муфты и барабаны), применяемых в разработанной конструкции, аналогична тем, которые используются в заводских исполнениях (лебедки типа ЛМ или ТЛ), для определения работоспособности конструкции велся подбор и расчет необходимого каната с учетом максимально достигаемого тягового усилия по формуле [7]

$$F_0 \geq SZ_p, \quad (2)$$

где F_0 – разрывное усилие каната в целом, принимаемое по стандарту для данного типа каната, Н; S – наибольшее натяжение ветви каната, Н; Z_p – минимальный коэффициент использования каната в зависимости от группы классификации механизма.

Расчет на прочность металлоконструкции рамы лебедки при ее конструировании проводился на базе твердотельной модели, созданной в пакете Autodesk Inventor с учетом известных нагрузок и сопротивлений.

Технические характеристики для разработанной платформы представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Техническая характеристика платформы для перетяжки пакетов звеньев рельсошпальной решетки

Показатель	Значение
Модель вагона	13-401
Ширина колеи, мм	1520
Тяговое усилие лебедки, кН	Не менее 32
Привод лебедки	Электрический
Питание лебедки	От внешних источников
Тип электродвигателя	Асинхронный трехфазный МТФ/МТН/АИР
Мощность электродвигателя, кВт, не менее	7,5
Тип редуктора	Двухступенчатый цилиндрический
Скорость навивки каната на первом слое, м/с	До 0,3
Масса лебедки без каната, кг	Не более 1500

Получено 25.10.2022

V. L. Moiseenko, D. S. Pupachou, K. V. Maximchyk. Optimization of technological processes with own designed devices using in the track facilities of the Belarusian Railway.

A description of a number technological operations performed in the track facilities on the Belarusian Railway is given, taking into account the existing problems of carrying out their mechanization with the help of the necessary technical equipment. The designs of the developed devices that provide partial mechanization, as well as the safety of the noted track work, are described, their specification, features and performance indicators confirming their efficiency are given.

Заключение. В рамках проведенных работ на основании существующей проблематики были решены задачи по оптимизации технологических процессов, выполняемых в путевом хозяйстве работ за счет разработки конструкторской документации и последующего производства и внедрения спроектированных конструкций устройств, таких как планировщик-распределитель щебеночного балласта адаптерного типа и платформы для перетяжки пакетов звеньев путевой решетки, в структурных подразделениях РУП «Ремпуть Белорусской железной дороги».

Список литературы

- 1 О Государственной программе «Транспортный комплекс» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс] / Нац. правовой интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа : https://pravo.by/upload/docs/op/C22100165_1616792400.pdf. – Дата доступа : 29.09.2022.
- 2 Путевые машины : учеб. / М. В. Попович [и др.] ; под ред. М. В. Поповича, В. М. Бугаенко. – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2009. – 820 с.
- 3 **Егоров, А. С.** Механизация путевых работ : учеб. пособие / А. С. Егоров. – М. : Маршрут, 2006. – 90 с.
- 4 **Кулаков И. А.** Логистическое развитие железнодорожных станций Республики Беларусь / И. А. Кулаков, Л. О. Кулакова // Логистический аудит транспорта и цепей поставок : Четвертая междунар. науч.-практ. конф., 28 апреля 2021 г. – Тюмень, 2021. – Т. 2. – С. 88–95.
- 5 **Крейнис, З. Л.** Техническое обслуживание и ремонт железнодорожного пути : учеб. / З. Л. Крейнис, Н. Е. Селезнева. – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2012. – 568 с.
- 6 **Федосов, А. В.** Устройство, текущее содержание и ремонт железнодорожного пути : учеб. пособие / А. В. Федосов. – Минск : РИПО, 2020. – 427 с.
- 7 **Кузьмин, А. В.** Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин / А. В. Кузьмин, Ф. Л. Марон. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Выш. шк., 1983. – 350 с.