

A yellow Komatsu wheel loader is shown from a front-three-quarter view, parked on a pile of dark gravel. The loader's bucket is raised and filled with a lighter-colored material. The background consists of a dense forest of tall, thin trees. The text "KOMATSU" is visible on the windshield, and "WA400" is on the side of the engine compartment.

# НАУКА – ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ

Материалы  
I Международной  
научно-практической конференции

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

# НАУКА – ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ

Материалы I Международной научно-практической конференции  
магистрантов, студентов и учащихся колледжей  
(25 февраля, 2022 г.)

Под общей редакцией канд. техн. наук *П. В. КОВТУНА*

Гомель 2022

УДК 625

Изложены материалы докладов I Международной научно-практической конференции магистрантов, студентов и учащихся колледжей «Наука – транспортной инфраструктуре».

Для научных работников, магистрантов, аспирантов, студентов старших курсов технических вузов, а также инженерно-технических работников железнодорожных и автодорожных предприятий и проектных организаций.

Рецензенты: начальник производственно-технического отдела Гомельской дистанции пути *К. В. Покаташкин* (БелЖД); д-р техн. наук, профессор *А. К. Головнич* (БелГУТ)

Редакционная коллегия:

*П. В. Ковтун* (отв. редактор), *Д. Ю. Александров* (секретарь),  
*Г. В. Ахраменко*, *И. М. Царенкова*, *А. С. Лапушкин*

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ШПАЛ**

*А. В. АНИЩЕНКО* (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *В. И. ИНИУТИН*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Незначительный срок службы деревянных шпал и их низкая дефектостойкость увеличивают расходы на ремонты и текущее содержание железнодорожного пути особенно в сложных эксплуатационных условиях (повышенная влажность, агрессивная среда, высокие нагрузки от подвижного состава). Представляет интерес произвести обзор патентной и технической литературы по применению вторичного сырья для изготовления композитных шпал.

Известны результаты исследования шпал композитных, материалом которых является полимерная матрица из переработанного полиэтилена высокой плотности в качестве основного компонента со стеклонаполненным полимером [1]. Так же отмечается, что рельсовая колея на участках с композитными шпалами имеет большую стабильность по ширине, уровню и подуклонке за счет высокой износо- и дефектостойкости этих шпал относительно деревянных. При необходимости может выполняться ремонт шпал в зоне отверстий от крепежных элементов заливкой ремонтной смеси без потери прочности конструкции. Преимущество шпал из композиционного материала перед деревянными в части сопротивления поперечному сдвигу обеспечивается за счет текстурирования боковых поверхностей и нижнего основания.

Физико-механические характеристики, влияющие на эксплуатационную надежность и работоспособность шпал композитных из переработанного полиэтилена высокой плотности в качестве основного компонента со стеклонаполненным полимером, выше, чем у шпал деревянных. Шпалы из полимерных материалов, нашедшие широкое применение на железных дорогах мира, при технико-экономическом обосновании могут заменить деревянные на участках, где укладка железобетонных шпал нецелесообразна. В первую очередь на пучинистых участках и участках со слабым подбалластным основанием, а также при разрядке «кустов» с дефектными деревянными шпалами.

Известна конструкция армобетонных железнодорожных шпал с преднапряженной композитной арматурой, которые могут быть использованы при строительстве железнодорожных путей, в том числе для высокоскоростных магистралей и метрополитена [2]. Технический результат – повышение долговременной прочности армобетонной шпалы. Он достигается тем, что в армобетонной шпале с преднапряженными композитными армирующими элемен-

тами, последние выполнены пропиткой волокнистого материала полимерной смолой и расположены в двух плоскостях сечения армобетонной шпалы. Количество армирующих элементов в шпале в ее верхнем и нижнем сечении составляет не менее двух. При этом армирующие элементы расположены на расстоянии от 10 до 25 мм от периферийных участков армобетонной шпалы.

Разработанная армобетонная шпала имеет долговременную прочность (сохранение первоначальных параметров, например, прочность на изгиб в течение длительной эксплуатации). Она достигается путем однородности состава композитной арматуры по профилю. Таким образом, достигается технический результат: повышение долговременной прочности армобетонной шпалы, что приводит к увеличению ее срока службы.

Для изготовления железнодорожной шпалы рекомендован композиционный полимерный материал на основе полиэтилена высокого давления (ПЭВД) – около 80 % и резиновой крошки – около 20 % с применением стабилизаторов, концентратов и других присадок при определенных технологических параметрах спекания, остывания и т. д. Смесь композиционного полимерного материала готовится таким образом, чтобы максимально сохранить известные физико-химические свойства первичного полимера: химическая стойкость, морозостойкость, высокие диэлектрические и изоляционные свойства, нечувствительность к удару (амортизатор), эластичность [3].

Проведенный обзор патентов и технической литературы показал, что композиционные материалы находят широкое применение для изготовления железнодорожных шпал.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Хвостик, М. Ю.** Шпалы композитные как альтернатива деревянным // Вестник ВНИИЖТ. – 2016. – № 3. – С. 179–182.

2 Армобетонная шпала с композитными армирующими элементами : пат. RU 147067 U1 / В. Н. Николаев, А. Д. Антипов. – Оpubл. 27.10.2014.

3 Шпала композитная : пат. RU 132452 U1 / О. М. Хадарцев, Д. Г. Константиноиди. – Оpubл. 20.09.2013.

УДК 625.746.533.8

#### СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ

*И. Г. БАЛБУЦКИЙ, И. С. ДРОБОТ (С-42)*

Научный руководитель – ст. преп. *Д. Ю. АЛЕКСАНДРОВ*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Безопасности дорожного движения в Республике Беларусь уделяется повышенное внимание со стороны как проектировщиков, так и Государственной автоинспекции. Проектные институты на основании технического нормативно-правового акта [1] выполняют большой объем работ по разработке схем

расстановки знаков, нанесения разметки, проектирования и определения местоположения дорожных ограждений различных видов и т. д.

Дорожная разметка в системе обеспечения безопасности движения играет особую роль – она служит ориентиром и источником информации для водителя, ежедневно взаимодействует с колесами транспортных средств и противогололедными реагентами в зимнее время. Обычная дорожная разметка быстро истирается и практически каждую весну требует восстановления. Существуют материалы способные противостоять истирающему воздействию подвижной нагрузки – термопластики горячего или холодного нанесения (рисунок 1).



Рисунок 1 – Разметка, выполненная термопластиком

Например, в Беларуси термопластики применялись при реконструкции участков дороги М-5 Гомель – Минск и на других объектах. Но чаще всего разметка осуществляется краской, так как такой вариант наименее затратен. При этом разметка из термопластика имеет ряд преимуществ перед другими материалами:

- высокая долговечность;
- возможность создания текстур, которые изменяют уровень шума при наезде на них, что позволяет привлечь внимание водителя при пересечении границ проезжей части;
- возможность создания разметки из штучных или рулонных материалов;
- в некоторых случаях упрощает технологию производства работ по нанесению разметки;
- возможность введения светоотражающих элементов.

Система технических средств организации дорожного движения и сама архитектура автомобильной дороги (сочетание элементов плана и профиля, характеристика местности за пределами полосы отвода и т. д.) могут также утомлять водителя, снижать внимание и концентрацию. Поэтому необходимы такие элементы системы безопасности дорожного движения (знаки или разметка), которые могут изменяться во времени. Например, интерактивные знаки заметны издалека, выделяются на фоне, могут отражать скоростные

режимы и иную необходимую информацию в зависимости от складывающихся условий.

Перспективной считается идея об использовании термохромных красок для устройства разметки в особо опасных местах при комбинации нескольких негативных факторов (в частности выпадение дождя на переохлажденное покрытие с образованием гололеда). Установить на каждом опасном участке интерактивный знак или информационное панно, а также метеостанцию не представляется возможным.

Термохромные краски способны изменять цвет в зависимости от температуры. Погодные условия могут изменяться достаточно быстро, а водитель, находясь в автомобиле, может не заметить этого. Например, резкое образование гололеда и туман приводят к массовым дорожно-транспортным происшествиям, потому что водитель лишен соответствующих ориентиров на дороге. Использование меняющей цвет разметки эффективно на подходах к мостам и путепроводам, перед пешеходными переходами на автомагистралях, на особо опасных участках.

Использование термохромных красок требует разработки соответствующего СТБ, регламентирующего технические условия к материалу. Требования к начертанию знака, наносимого на покрытие, устанавливает действующий нормативный документ.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1 **СТБ 1300–2014.** Технические средства организации дорожного движения. Правила применения = Тэхнічныя сродкі арганізацыі дарожнага руху. Правілы прымянення. – Взамен СТБ 1300–2007; введ. 2014–09–01. – Минск : Госстандарт, 2014. – 137 с.

УДК 625.172

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДОКУМЕНТООБОРОТА ПО УЧЕТУ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ**

*М. А. БАЙДА, М. Н. БАТРАКОВ (СП-41)*

*Научный руководитель – ст. преп. В. В. РОМАНЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Основной организацией путевого хозяйства на Белорусской железной дороге (БЖД) является дистанция пути (ПЧ). Производственной деятельностью ПЧ наряду с обеспечением безопасности движения поездов за счет своевременного выполнения путевых работ, диагностики и мониторинга железнодорожного пути является ведение технической документации [1].

Технические документы (формы) можно разделить на формы первичного учета, оперативного учета и отчетные [2]. Каждая из форм имеет свое назначение, структуру и строгий регламент их заполнения. Учетные формы заполняются на околотках ПЧ как правило техниками участка и мастерами. Формы оперативного учета ведутся согласно системе диагностики должностными лицами. На основании учетных форм в техническом отделе составляются отчетные формы ПО, отчет по путевому хозяйству АГО-1 и технический паспорт организации путевого хозяйства АГУ-4. Вся эта система образует так называемый документооборот.

Таким образом, технический документооборот ПЧ – это движение учетных документов от составления на околотках, передачи их в технический отдел, где на их основании составляются отчеты до предоставления основного документа АГУ-4 в службу пути БЖД.

К основным документам путевого учета (ПУ) относятся:

- ПУ-2, рельсовая книга;
- ПУ-5, книга учета шпал, лежащих в пути;
- ПУ-6, книга учета стрелочных переводов и глухих пересечений, лежащих в пути;
- ПУ-18, книга учета конструкции и состояния балластного слоя;
- ПУ-19, журнал учета подрельсового основания и скреплений, лежащих в пути.

К основным документам путевого оперативного учета относятся:

- ПУ-2а, журнал учета дефектных рельсов, лежащих в главных и приемо-отправочных путях;
- ПУ-2б, журнал учета острodefектных рельсов, обнаруженных в главных и приемо-отправочных путях;
- форма ПУ-27, журнал учета работы средств дефектоскопии, обнаружения дефектных и острodefектных рельсов;
- ПУ-28, книга записи результатов проверки пути, сооружений, путевых устройств и земляного полотна;
- ПУ-29, книга записи результатов проверки стрелочных переводов и глухих пересечений;
- ПУ-30, книга записи результатов осмотра искусственных сооружений.

При заполнении документов, например, по учету рельсов, значительная доля информации дублируется, что занимает достаточно много рабочего времени (рисунок 1).

Поиск оптимального объема информации, с одной стороны полно отражающей характеристику элементов верхнего строения пути, а с другой – исключая дублирование, заключается в моделировании обобщающих форм, например – книги учета элементов верхнего строения железнодорожного пути.



ПК	Звено	Нит	№ промера перезвона	№ нити Год промера	Дата укладки	Тип рельса	Примеч. укладки	Характеристика переуложенных рельсов		Марка заезда	Категория качества	Группа	Выд. рельса	Длина рельса	Дата промера	Величина износа			
								Вид ремонта	Группа годности							вертикальной	боковой	вертикальной	боковой
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	пр																		

Место, где лежит дефектный рельс						Характеристика рельса				Характеристика дефекта					
№ око- лотка	№ пу- ти	Код или название станции	№ ПК	№ звена (или правая или левая)	Нит	Марка/ завод	Год проката	Тип рельса	Длина рельса	Код дефекта	Глубина (Н), мм	Длина (L), мм			
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			

Рисунок 1 – Дублирование учетной информации в формах ПУ-2 и ПУ-2а

Такая книга должна объединять данные форм ПУ-2, ПУ-5, ПУ-6, ПУ-18 и ПУ-19, а также отражать данные по положению пути в плане, ситуации, конструкции пути, температурной работе бесстыкового пути, и данные о типе и длине рельсов, роде шпал и их количестве соответственно эпюре, виде подрельсового основания, роде балласта.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **СТП 09150.56.010–2005**. Текущее содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ : утв. приказом Нач. Бел. ж. д. от 29.06.2006 №221Н. – Минск, 2006. – 284 с.

2 **СТП 09150.56.167–2011**. Учетные и отчетные формы путевого хозяйства. Порядок заполнения : утв. приказом зам. Нач. Бел. ж. д. от 29.07.2011 № 815НЗ. – Минск, 2011. – 358 с.

УДК 65.011.56

## МОДЕЛИРОВАНИЕ УЧЕТНЫХ ДАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ ДЛЯ ИХ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ

*М. Н. БАТРАКОВ, М. А. БАЙДА (СП-41)*

Научный руководитель – ст. преп. *В. В. РОМАНЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время на Белорусской железной дороге ведется разработка подсистемы планирования автоматизированной системы управления путевым хозяйством АС «Путь», которая позволит осуществить планирование объемов ремонтных работ и работ по текущему содержанию железнодорожного пути в автоматическом режиме, опираясь на данные, полученные посредством мобильных средств диагностики, натурных измерений и автоматизированной

системы комплексной диагностики железнодорожной инфраструктуры АСКД-И «Эксперт».

В связи с этим необходима переработка основных первичных учетных форм путевого хозяйства, которые будут отражать все контролируемые параметры состояния железнодорожных путей. Это позволит усовершенствовать системное и экономически обоснованное планирование закупок и использование дорогостоящих материалов верхнего строения пути, таких как рельсы и элементы стрелочных переводов, а также в полной мере отслеживать их жизненный цикл.

Технический документооборот в дистанциях пути представляет собой ряд отчетных (ПО, АГУ, АГО) и учетных (ПУ) форм [1]. Все эти формы представляют большое количество документов, которые должны быть составлены на околотках дистанции, согласованы с техническим отделом и отправлены в определенные сроки в службу. Инженерам и техникам технического отдела необходимо на составлении затратить большое количество рабочего времени форм первичного учета, в то время когда машина справится с этой задачей за очень короткий срок.

Таким образом, одна из основных проблем, определивших появление систем электронного технического документооборота, состоит том, что в современных реалиях создается столько информации, что вручную переработать ее в полном объеме зачастую затруднительно. Поэтому при моделировании системы автоматизированной обработки существуют основные принципы, которые позволяют помочь пользователю контролировать анализируемую информацию:

- моделирование формы учетного документа, позволяющей однозначно его идентифицировать (модель автоматизированного документа должна соответствовать установленной форме действующего документа);

- выделение приоритетов, а также возможность параллельного выполнения операций, которое позволит сократить как время движения учетных документов в рамках дистанции пути, так и разработку основанных на них отчетных документов; повышения оперативности исполнения;

- четкая идентификация ответственного за исполнение документа (задачи) в каждый момент времени его разработки до момента архивации;

- единая база документной информации учетных данных, проработанная по всем направлениям эксплуатации железнодорожного пути, позволяющая исключить возможность дублирования как отдельных данных, так и всего документа в целом; при этом необходимо разработать архитектуру программного продукта, увязывающую натурные характеристики участка железнодорожного пути и расчетные параметры от них зависящие (рисунок 1);

– эффективно организованная система поиска документа либо конкретной информации (в том числе составленной из нескольких документов), позволяющая находить их, обладая минимальной информацией;

– моделирование системы учетных данных, позволяющей составить отчеты по различным статусам и атрибутам документов, позволяющей контролировать их движение по процессам документооборота и принимать управленческие решения по прогнозированию состояния рельсовой колеи, основываясь на данных из отчетов.

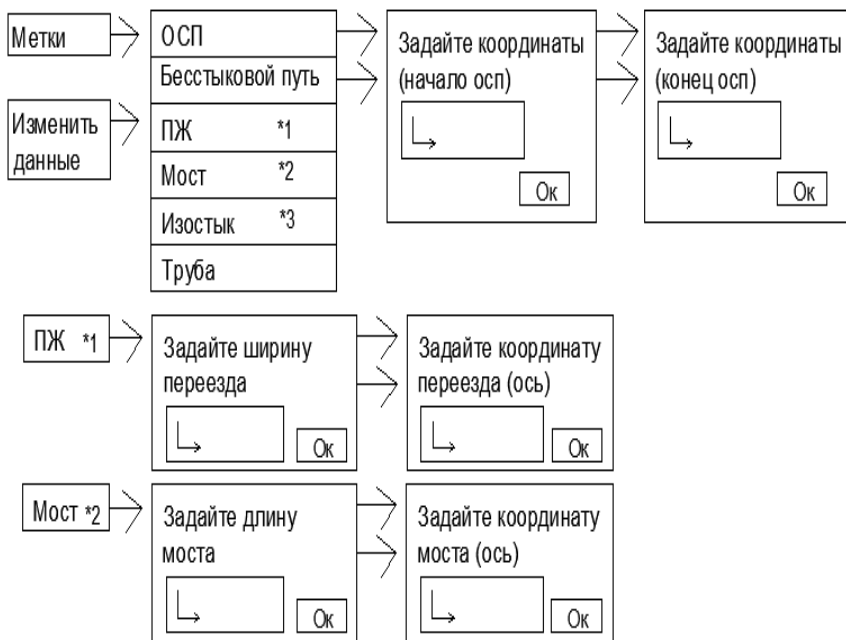


Рисунок 1 – Моделирование учетных данных элементов пути

Эти принципы выполняются для моделирования большинства систем.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 СТП 09150.56.167–2011. Учетные и отчетные формы путевого хозяйства. Порядок заполнения : утв. приказом зам. Нач. Бел. ж. д. от 29.07.2011 № 815НЗ. – Минск, 2011. – 358 с.

## **ПРОДЛЕНИЕ СРОКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЛЬСОШПАЛЬНОЙ РЕШЕТКИ**

*В. А. БРУЦКИЙ, М. В. ГУТВИН (СП-41)*

Научный руководитель – ст. преп. *О. В. ОСИПОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время в связи со снижением объема перевозок актуальным становится вопрос продления сроков эксплуатации рельсошпальной решетки. Для этого в зависимости от фактического состояния участка пути согласно СТП БЧ 56.388–2018 «Положение о системе ведения путевого хозяйства Белорусской железной дороги», утвержденного Приказом от 17.12.2018 г. № 1072 НЗ, могут быть выполнены следующие виды работ:

- восстановительный ремонт на новых или старогодных материалах;
- средний ремонт железнодорожного пути;
- планово-предупредительная выправка железнодорожного пути;
- сплошная замена рельсов;
- шлифование рельсов.

Анализ фактического состояния железнодорожного пути на контрольных участках в Минской дистанции пути показал необходимость проведения ряда мероприятий.

На участке 1 Помыслище – Фаниполь выявлены выплески загрязненного щебеночного балласта, дефектность шпал, смещение шпал относительно первоначальной эпоры укладки, недостаточные размеры плеча балластной призмы, потребность в закреплении гаек клеммных и закладных болтов в связи с угоном рельсовых плетей, наличие неисправностей геометрических параметров рельсовой колеи по результатам прохода вагона-путеизмерителя, дефектность элементов промежуточного рельсового скрепления. Эти отступления от норм содержания являются показаниями для проведения среднего ремонта пути на этом участке. Наличие вертикальных и горизонтальных «ступенек» в стыках необходимо устранить наплавкой рельсовых концов уравнильных пролетов и одиночных рельсовых рубок в составе плетей бесстыкового пути. Это обеспечит снижение динамического воздействия колес подвижного состава на зону рельсовых стыков для снижения интенсивности образования просадок и перекосов пути.

На участке 2 Минск Сортировочный – Помыслище в местах недостаточных размеров плеча балластной призмы необходимо его (плеча) пополнение для повышения устойчивости бесстыкового пути, профилактики предотвращения отступлений по рихтовке пути в период повышенных температур воздуха. Восстановление дренирующих и прочностных свойств балластной приз-

мы и обеспечение равноупругости подрельсового основания в местах обнаруженных выплесков загрязненного щебеночного балласта необходимо осуществить вырезкой такого балласта на 20 см ниже подошвы шпал с последующей его заменой с применением путевой машины COMPELLVAC-500RD. Сплошная замена рельсов новыми на участках с дефектными рельсовыми плетями и одиночными рельсовыми рубками в составе плетей бесстыкового пути позволит снизить объемы путевых работ по текущему содержанию рельсового хозяйства участка. Проведение механизированной выправки пути с применением ВПП-09-3Х на участках с отступлениями геометрических параметров рельсовой колеи от норм содержания, возникших вследствие силовых воздействий подвижного состава, также позволит снизить объемы путевых работ по текущему содержанию пути.

На участке 3 Степянка – Минск Восточный необходимо пополнение плеча балластной призмы на участках, где есть его (плеча) недостаточные размеры, с целью повышения устойчивости бесстыкового пути, профилактики предотвращения отступлений по рихтовке пути в период повышенных температур воздуха. В местах выгрузки вагонов хоппер-дозаторов для снижения доли ручного труда необходима планировка щебеночного балласта быстроходным планировщиком ССП-110. В местах выплесков загрязненного щебеночного балласта также необходима его вырезка на 20 см ниже подошвы шпал с последующей заменой с применением путевой машины COMPELLVAC-500RD для восстановления дренающих и прочностных свойств балластной призмы и обеспечения равноупругости подрельсового основания. В местах наличия вертикальных и горизонтальных «ступенек» в стыках для снижения динамического воздействия колес подвижного состава на зону рельсовых стыков для снижения интенсивности образования просадок и перекосов пути необходима наплавка рельсовых концов уравнительных пролетов и одиночных рельсовых рубок в составе плетей бесстыкового пути. Выполнение планово-предупредительной выправки приведет состояние участка пути в соответствие с требованиями. Кроме того, наличие угона рельсовых плетей, ослабление гаек клеммных и закладных болтов, дефектность элементов промежуточного рельсового скрепления говорят о необходимости разрядки температурных напряжений рельсовых плетей бесстыкового пути и введении рельсовых плетей бесстыкового пути в оптимальный температурный интервал закрепления.

Таким образом, рассмотренные мероприятия позволят продлить срок эксплуатации рельсошпальной решетки на данных контрольных участках.

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОДЛЕНИЯ СРОКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЛЬСОШПАЛЬНОЙ РЕШЕТКИ**

*М. В. ГУТВИН, В. А. БРУЦКИЙ (СП-41)*

Научный руководитель – ст. преп. *О. В. ОСИПОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Экономическую целесообразность продления срока эксплуатации рельсошпальной решетки в пути на величину до 30 % от нормативного значения пропущенного тоннажа можно определить путем сравнения стоимости восстановительного ремонта пути на новых материалах со стоимостью запланированного к проведению среднего ремонта пути и затрат на ежегодное текущее содержание рассматриваемого участка пути.

Стоимость восстановительного ремонта пути на новых материалах рассчитывается исходя из фонда оплаты труда работников путевых машинных станций, задействованных в восстановительном ремонте, и стоимости материалов верхнего строения пути для восстановительного ремонта. На выполнение восстановительного ремонта пути на новых материалах в объеме 1 км исходя из типового технологического процесса затрачивается 5 дней (машинисты задействованы 1 день). При этом фонд оплаты труда работников ПМС, задействованных в восстановительном ремонте, составит 15623,04 руб., а затраты на материалы верхнего строения пути при производстве восстановительного ремонта бесстыкового пути составляют 423023,3 руб.

Стоимость среднего ремонта пути рассчитывается также исходя из фонда оплаты труда работников путевых машинных станций, задействованных в среднем ремонте, и стоимости материалов верхнего строения пути для среднего ремонта. На выполнение среднего ремонта пути в объеме 1 км исходя из типового технологического процесса затрачивается 5 дней (машинисты задействованы 1 день). Тогда фонд оплаты труда работников ПМС при среднем ремонте составит 12520 руб., а затраты на материалы верхнего строения пути при производстве среднего ремонта бесстыкового пути составят 33326,77 руб.

Эксплуатационные затраты на содержание 1 км участка пути в течение года рассчитываются на основании фонда оплаты труда монтеров пути, занятых текущим содержанием, и затрат на закупку материалов верхнего строения пути. Численность работников, занятых текущим содержанием пути и искусственных сооружений, определяется на основании Приказа № 235Н от 28.07.2017 г. «Об утверждении нормативов численности работников, занятых текущим содержанием пути и искусственных сооружений». При определении численности работников устанавливаются нормативы численности работников, занятых текущим содержанием пути и искусственных сооружений, на

1 км развёрнутой длины. Норматив численности работников для грузонапряженности рассматриваемого участка пути составляет 0,441 чел·год. Тогда расчетная численность монтеров пути составит:

$$1 \cdot 0,441 = 0,441 \text{ монтера пути.}$$

В свою очередь, фонд оплаты труда за год составит:

$$5,82 \cdot 168 \cdot 12 \cdot 0,441 = 4857,51 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы верхнего строения пути при текущем содержании пути со скреплением КБ (в годовом разрезе) составляет 1220,03 руб.

Таким образом, эксплуатационные затраты на содержание 1 км пути участка в течение года составят:

$$4857,51 + 1220,03 = 6077,54 \text{ руб.}$$

Для того чтобы продлить срок эксплуатации рельсошпальной решетки в пути на величину до 30 % от нормативного значения пропущенного тоннажа потребуется 8 лет. Следовательно, суммарные эксплуатационные затраты на содержание 1 км пути участка в течение 8 лет составят:

$$8 \cdot 6077,54 = 48620,32 \text{ руб.}$$

На основании расчетных данных на рисунке 1 представлена итоговая диаграмма суммарных затрат.

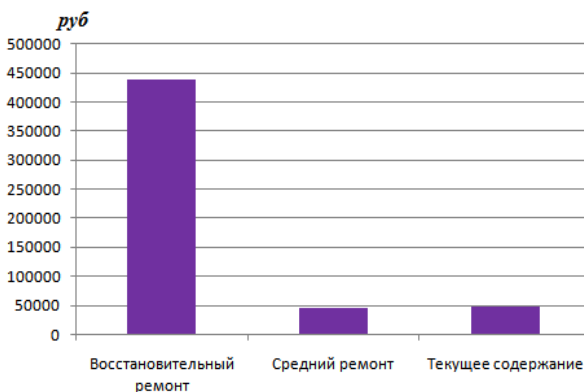


Рисунок 1 – Диаграмма суммарных затрат

Исходя из приведенных выше расчетов можно сделать вывод о том, что продление срока эксплуатации рельсошпальной решетки в пути на величину до 30 % от нормативного значения пропущенного тоннажа заданного участка экономически целесообразно.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Об утверждении нормативов численности работников, занятых текущим содержанием пути и искусственных сооружений : приказ Бел. ж. д. от 28.07.2017 № 235Н.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*С. И. ДОРОШ (ИН2026)*

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *А. В. ГУБАРЬ*  
*Украинский государственный университет науки и технологий, г. Днепр*

Совмещенная колея – соединение колеи с разной шириной на одном земляном полотне.

В Украине основная ширина колеи железных дорог – 1520 мм, а в западных странах-соседах – 1435 мм.

Наиболее витиеватой конструкцией являются сплетения с пересечением одной колеи другой. Сама по себе конструкция используется нечасто. Потребность в этой конструкции возникает, когда одна колея шириной 1520 мм, а обе нитки колеи 1435 мм должны ее пересечь.

Использование совмещенного пути по сравнению с двумя отдельными путями для соответствующей ширины позволяет экономить площадь и средства на строительство искусственных сооружений (земельные насыпи, мосты, тоннели), а также контактной сети и устройств сигнализации. В Украине используется четырехниточный совмещенный железнодорожный путь для совмещения колеи шириной 1435 и 1520 мм на одной подрельсовой основе. На рисунке 1 изображено расположение рельсовых нитей на входе из участка с совмещенным путем.

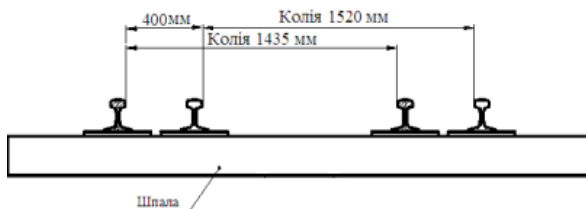


Рисунок 1 – Схема расположения рельсовых нитей совмещенного пути перед сплетением

Колея стандарта 1435 мм в Украине эксплуатируется на участках суммарной длиной более 100 км.

С появлением магистрального совмещенного пути возникает необходимость в конструкциях, обеспечивающих разветвление пути, сплетение колеи 1520 мм со стрелочными переводами колеи 1435 мм, пересечение колеи 1520 мм колею 1435 мм или вплетение одного пути в другой.



## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ СКРЕПЛЕНИЙ

Д. А. ЕФИМОВ (СЖД-19140)

Научный руководитель – канд. экон. наук, доц. *Н. В. ПШЕНИСНОВ*  
Филиал Самарского государственного университета путей сообщения,  
г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Одним из основных элементов устройства железнодорожного пути являются промежуточные скрепления, которые обеспечивают крепление рельсов к подрельсовым опорам и во многом гарантируют сохранение геометрических параметров рельсовой колеи, то есть являются базовой основой безопасности железнодорожных перевозок.

Костыльное скрепление используют в основном при звеньевом пути. Основным достоинством подобного скрепления считается его простота, сравнительно небольшая масса. Оно удобно при сборке и разборке рельсошпальной решетки. Минусом является невозможность крепкой связи подкладок со шпалами, так как при работе под подвижной нагрузкой костыли наддергиваются, что содействует мощной вибрации подкладок, ускоряющей износ шпал и снижающей сопротивляемость угону пути.

Скрепление типа КБ (рисунок 1) применяется на железнодорожном транспорте свыше 50 лет. Прототипом скрепления типа КБ было скрепление типа К2, в основу которого было положено немецкое скрепление типа К.

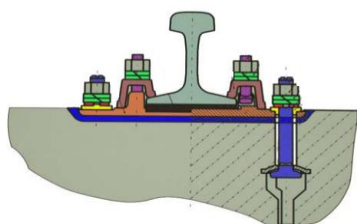


Рисунок 1 – Скрепление КБ  
при железобетонных шпалах

Однако при эксплуатации скрепления К2 был выявлен ряд недостатков и со второй половины 50-х гг. XX в. стали применять его измененный вариант в виде скрепления типа КБ. Данное скрепление имеет наибольшее распространение на сети дорог стран СНГ.

Металлическая подкладка клеммно-болтового скрепления КБ с высокими ребрами укладывается с заглублением в бетон на изолирующую прокладку из резины и прикрепляется к шпале двумя закладными болтами, которые Т-образными головками зацепляются за закладные шайбы, замоноличенные в шпале. Рельс, уложенный на прокладку-амортизатор из резины, прикрепляется двумя жесткими клеммами

и клеммными болтами. Под гайки клеммных и закладных болтов устанавливаются пружинные шайбы. Для электроизоляции на закладной болт в сечении подкладки надеваются изолирующие втулки, а на них – плоские шайбы.

Недостатками конструкции креплений КБ являются:

- многодетальность (21 деталь в каждом узле креплений);
- материалоемкость (общая масса металлических и полимерных деталей на 1 км пути составляет соответственно 41,6 и 2,1 т);
- наличие около 16 тыс. болтов на 1 км пути, содержание которых (очистка от грязи, смазка, подтягивание гаек) требует больших затрат;
- высокая сравнительная стоимость креплений КБ-65.

Еще в 1960–1970-е годы были разработаны и испытаны конструкции упругих креплений, принципиально отличающихся от крепления КБ. Одно из таких креплений под индексом ЖБР (рисунок 2) с пластинчатыми пружинными клеммами было уложено на протяжении около 1500 км на Северо-Кавказской железной дороге. Отдельные участки с этим креплением эксплуатируются и сейчас.

В 1987 г. ВНИИЖТом было разработано бесподкладочное крепление под индексом ЖБР 3 с пружинными прутковыми клеммами. Передача боковых сил от рельса на бетон шпал в этом варианте крепления осуществляется через металлическую упорную скобу шириной 100 мм. Для облегчения работы упругих прокладок, укладываемых между упорной скобой и бетоном шпал, было предусмотрено заглубление под-рельсовой площадки в железобетонной шпале на величину 45 мм.

Начиная с 1997 г., исследования по креплению ЖБР-3 были возобновлены. Параллельно с проведением полигонных испытаний в таком варианте крепления были уложены на опытных участках Горьковской, Западно-Сибирской и Сахалинской железных дорог.

По результатам полигонных испытаний и первого периода эксплуатации опытных участков на железных дорогах была проведена корректировка конструкции крепления. Разработаны конструкторская и нормативно-техническая документация с целью увеличения объема внедрения. В откорректированном варианте креплению был присвоен индекс ЖБР-65. На конец 2001 г. объем укладки крепления ЖБР-65 составил около 500 км пути.

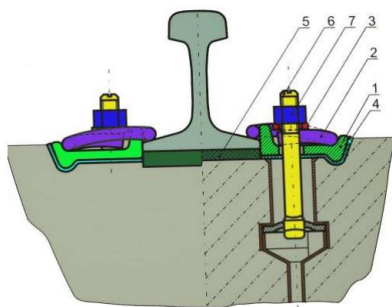


Рисунок 2 – Крепление ЖБР-65:

- 1 – скоба упорная; 2 – клемма пружинная ЖБР-3;
- 3 – скоба прижимная;
- 4 – прокладка упругая; 5 – прокладка ЖБР;
- 6 – болт; 7 – гайка

Созданное Московским государственным университетом путей сообщения анкерное промежуточное рельсовое скрепление APC (рисунок 3) относят к числу бесподкладочных упругих скреплений и считают необходимым для использования на бесстыковом пути грузонапряженных линий магистральных железных дорог, в том числе на высокоскоростных магистралях, а также метрополитенах.

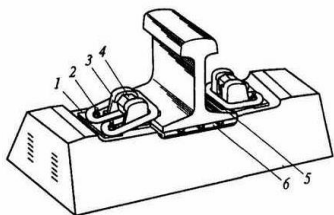


Рисунок 3 – Анкерное бесподкладочное промежуточное рельсовое скрепление APC:

- 1 – клемма; 2 – подклемник;  
3 – анкер; 4 – монорегулятор (регулятор с фиксатором); 5 – изолирующий угольник; 6 – резиновая прокладка

Массовое внедрение анкерного рельсового скрепления APC позволяет, в отличие от всех других видов скреплений, применяемых на железных дорогах России, решить две главные задачи, длительное время стоящие перед путевым хозяйством сети, а именно: перейти на малолюдную технологию текущего содержания пути и резко снизить вероятность угона рельсовых плетей бесстыкового пути, причины возникновения которого связаны с конструкционными недостатками скреплений, применяемых в России, и массовым выходом из строя клеммных и закладных болтов из-за неудовлетворительного их содержания.

Система VOSSLOH – это износостойкое решение на бетонных шпалах для верхнего строения пути на балласте и для безбалластных путей. Шпальные уступы в так называемой W-образной конструкции шпал обеспечивают упор для колеи и скреплений и отводят образуемые подвижным составом усилия. Эластичное щебеночное основание в свою очередь равномерно передает эти нагрузки в нижнее строение пути. Кроме того, оно поглощает шумы и вибрацию, создаваемые подвижным составом.

С 2017 г. совместное предприятие «Фоссло» и АО «БЭТ» по выпуску элементов рельсовых скреплений VOSSLOH (рисунок 4) работает в городе Энгельсе Саратовской области. Для реализации уширения колеи в кривых используются боковые упоры различной ширины. Скрепление позволяет произвести регулировку до +16 мм с шагом 1 мм. Для безбалластного пути требуется скрепление с высокой стабильной эластичностью, так как основание обладает большей жесткостью по сравнению с традиционным путем на балластном основании. Ключевым решением для безбалластного основания является тип Система 300.

Дополнительно Система 300 может комплектоваться пластинами для регулировки высоты, которые устанавливаются на шпалу под весь узел скрепления, что позволяет провести регулировку по высоте от –4 до +76 мм. Для установки пластин не нужно полностью разбирать узел скрепления, достаточно ослабить шуруп на несколько оборотов и приподнять рельс домкратом. Пластины фиксируются между собой специальными замками.

Особенности системы крепления рельсов VOSSLOH:

- не требует регулярного технического обслуживания;

- позволяет регулировать высоту при помощи уравнивающих пластин;

- позволяет осуществлять регулировку колеи  $\pm 10$  мм с шагом 2,5 мм путем применения различных углонаправляющих плиток;

- обладает полной электрической защитой;

- все компоненты крепления заменяемы, включая и дюбеля в бетонных шпалах.

Конструкция скрепления Пандрол-350 (рисунок 5) предусматривает закрепление рельса к подрельсовому основанию безболтовым способом с помощью анкера и двух пружинных прутковых клемм. Необходимое усилие прижатия достигается, когда клемма приводится в рабочее положение. Это исключает необходимость в приложении точного момента затяжки, в отличие от скреплений с резьбовыми и шурупными соединениями.



Рисунок 5 – Промежуточное рельсовое скрепление Пандрол-350

Прокладка изготавливается из термоэластопласта с выступами для препятствия ее смещению.

Для узла скрепления Пандрол-350 были спроектированы конструкции железобетонных шпал типа ШП-350, изготавливаемых как на классических шпальных линиях ОАО «Могилевский завод «СТРОММАШИНА», так и на автоматизированных шпальных линиях «OLMI». Применение таких шпал с использованием регулировочных боковых изоляторов без дополнительных затрат обеспечивает возможность плавного отвода ширины колеи в переходной кривой.



Рисунок 4 – Промежуточное рельсовое скрепление VOSSLOH

На П-образном изгибе в средней части клеммы зафиксирован прижимной изолятор, обеспечивающий электроизоляцию подошвы рельса и анкера. Боковые изоляторы устанавливаются на анкера, обеспечивают стабильность ширины рельсовой колеи и электроизоляцию подошвы рельса от выступов анкеров. В узле скрепления Пандрол-350 используется подрельсовая прокладка толщиной 10 мм.

Достоинствами такого скрепления являются:

- простота обслуживания элементов скрепления;
- закрепление всех элементов в узле скрепления во время ремонтных работ;
- высокая стойкость элементов воздействию агрессивных сред;
- малодетальность;
- вандалоустойчивость;
- возможность перехода на автоматизированные технологии технического обслуживания.

Одним из определяющих факторов выбора типа используемых скреплений кроме технологических является стоимость самих скреплений (таблица 1).

*Таблица 1 – Стоимость скрепления в расчете на одну шпалу (текущие цены по состоянию на 16.02.2022)*

Скрепление	Стоимость на одну шпалу, руб.
КБ	3672
ЖБР-65	1900
АРС-4	1046
Vossloh	2680
Пандрол-350	4460

В связи с вышеизложенным представляет практический интерес экономический расчет эффективности от использования скрепления АРС в сравнении со скреплением КБ.

Предварительный экономический анализ показывает, что использование АРС-4 в целом вдвое удешевляет эксплуатационные расходы на содержание промежуточных скреплений, однако для более развернутой оценки необходимо дополнительное исследование.

Кроме того, надежность и безотказность – основополагающие факторы при определении типа промежуточных скреплений для того или иного участка пути (таблица 2).

*Таблица 2 – Надежность типов промежуточных скреплений*

Скрепление	Удельный вес выхода из строя, %, по данным Горьковской дирекции инфраструктуры за 2021 г.
КБ	3,7
ЖБР-65	1,2
АРС-4	0,2
Vossloh	0,9
Пандрол-350	1,1

Очевидно, что при прочих равных условиях предпочтение должно быть отдано скреплениям АРС-4. Однако данные расчеты не учитывали технологические аспекты, связанные с отсутствием универсальности подрельсовых опор и т. д. Данный аспект изучаемого вопроса чрезвычайно важен и представляет практический интерес для дальнейшего рассмотрения.

## ЛОГИСТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ В УПРАВЛЕНИИ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Н. С. ЖАРИН (СА-51)*

*Научный руководитель – канд. экон. наук, доц. И. М. ЦАРЕНКОВА  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

На протяжении многих лет происходит эволюция в области планирования работы цепи поставок, чему во многом способствуют такие новые разработки, как реинжиниринг процессов и масштабные прорывы технологического характера. В настоящее время во многих компаниях планирование работы цепи поставок обычно неотделимо от планирования ключевого вида бизнеса, причем степень их слияния такова, что многие компании рассматривают цепь поставок как часть своих ключевых компетенций и как источник конкурентного преимущества в соперничестве с другими организациями. В структуре дорожного хозяйства функционируют организации подрядной деятельности, выполняющие работы по возведению и ремонту автомобильных дорог, а также производственные, промышленные и другие предприятия, обеспечивающие эффективное выполнение задач, стоящих перед отраслью. В их деятельности развитие ключевой компетенции «управление цепями поставок» играет важную роль в современных экономических условиях возрастания конкуренции на рынке дорожно-строительных услуг. В цепи поставок имеются все функции, необходимые для разработки продукта, закупки материалов, производства и отправки потребителям.

Любые неэффективные участки, связанные с информацией, приводят к невыполнению требований заказчиков и потенциально к утраченным объемам работ. Из-за сложной природы таких сетевых цепей поставок, особенно на участках от крупных производственных предприятий до подрядчиков и от источников, откуда поставляются материалы, до объектов производства работ, возникают большие сложности. Однако новые решения в области планирования и работы цепи поставок позволяют вести мониторинг и оперативное управление событиями и благодаря этому лучше управлять ситуациями, выходящими за уровень типовых.

Если не учитывать постоянно возрастающую сложность и неустойчивость операционной среды, можно выделить ряд базовых принципов, препятствующих желательной степени контроля над работой цепей поставок. Во-первых, цепи поставок, если исходить из их определения, – это процессы, стыкуемые друг с другом: процессы, охватывающие подразделения, организации, виды бизнеса и отрасли. Во-вторых, в отношении цепей поставок нивелирующую роль играет закон среднего. Статистическая природа реального мира препятствует всем попыткам ввести контроль над потоками материалов. Планирова-

ние работы цепи поставок предназначено для того, чтобы учесть мультипликативный эффект взаимозависимостей процесса и внутренних колебаний, имеющих место в цепи поставок.

Распространение логистических информационных систем позволяет строить эффективные цепи поставок и транспортировки основных строительных материалов, учитывая специфику дорожного строительства. При организации строительства дорог реализуются модели, направленные на обеспечение рационального сочетания процессов труда с вещественными элементами производства. Это ставит очевидной необходимость совершенствования механизмов взаимодействия как по временным параметрам, так и по экономическим затратам. Многообразие используемых ресурсов требует поиска новых путей интеграции в рамках функционирующих цепей поставок. Особую роль при этом призвана сыграть правильная оценка имеющихся в наличии и требуемых ресурсов, реализация скрытых возможностей предприятия для достижения конкурентного преимущества. Традиционно сформировавшиеся в дорожном хозяйстве схемы поставки основных дорожно-строительных материалов требуются рассмотреть, оптимизируя расходы за счет возможности определения стратегических контрагентов, рационального выбора поставщиков, постоянного сотрудничества с ними в цепи поставок в режиме реального времени. При этом конкурентные преимущества предприятия, выраженные в рамках поставленной задачи в оптимальной организации строительства, определяются как сумма двух слагаемых: совершенства традиционных процессов в рамках сформированной организационной структуры и интеграции всех участников строительного производства, что в конечном итоге обеспечит совершенство произведенного продукта с высокой ценностью [1].

Цепь поставок в дорожном строительстве представляет собой сеть стратегически связанных партнеров и заинтересованных предприятий, которые посредством связей между заказчиками, подрядчиками, поставщиками и другими участниками строительного производства, а также различных процессов и действий формируют добавленную стоимость в сфере доставки материальных ресурсов для дорожного строительства, оказания услуг по реализации транспортных и технологических процессов и дальнейшего «сопровождения» готового участка дороги пользователям с необходимой ценностью [1].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Царенкова, И. М. Расширение сферы компетенций дорожно-строительного предприятия / И. М. Царенкова // Перспективы развития транспортного комплекса : материалы II междунар. заоч. науч.-практ. конф., Минск, 4–6 окт. 2016 г. / Белорус. науч.-исслед. ин-т трансп. «Транстехника» ; редкол.: А. В. Королев, В. С. Миленский, С. Б. Соболевский. – Минск, 2016. – С. 173–177.

## **ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛИНГА**

*Н. С. ЖАРИН, В. И. ХУДЕНКО (СА-51)*

*Научный руководитель – канд. экон. наук, доц. И. М. ЦАРЕНКОВА  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В Республике Беларусь большую часть в составе дорожной сети занимают автомобильные дороги третьей и ниже технической категории с невысокой интенсивностью движения. Эта важнейшая часть автодорожной инфраструктуры играет системообразующую роль и формирует структуру национальной дорожной сети, обеспечивая транспортное сообщение и доступность регионов. В последние годы транспортно-эксплуатационное состояние таких дорог интенсивно ухудшается. Традиционная технология ямочного ремонта обеспечивает ликвидацию данного дефекта, однако является дорогостоящей по сравнению с более современными методами и другими вариантами улучшения дорожных покрытий. По данным Министерства транспорта и коммуникаций, квадратный метр ямочного ремонта стоит в восемь раз дороже, чем метр нового покрытия. Исходя из этого вопросы повышения экономической эффективности ремонтных мероприятий являются актуальными и своевременными.

Исследование зарубежного опыта позволяет предложить технологии ремонта методом холодного ресайклинга. Широкий спектр вариантов позволяет наиболее эффективно использовать материал старой дорожной одежды, устранять трещины в старом покрытии на всю или большую часть глубины, что замедляет появление трещин на новом покрытии. Кроме того, проведение работ без разогрева материала наносит минимальный вред окружающей среде. Рассматривая ресайклинг, следует отметить, что это англоязычное название разнообразного диапазона методов и технологий по восстановлению слоев дорожной одежды с максимально возможным использованием существующего слоя [1].

Первый метод – холодный ресайклинг на месте. При таком методе слой дорожной одежды разрыхляется на глубину 50 сантиметров, на месте восстанавливают технические свойства фрезерованного материала, после чего распределяют и уплотняют заново. По уложенному слою устраивается защитный слой от 2,5 до 7,5 сантиметров.

В качестве альтернативного варианта применяется метод, когда материал старого слоя транспортируется к мобильной установке для приготовления холодной смеси. Транспортируемый материал перемешивается со вспененным битумом, также при необходимости добавляются цемент с водой, в результате



получается новый материал, который готов к укладке. Сама установка смонтирована на низкорамном полуприцепе и оборудована собственными агрегатами, что позволяет упростить транспортировку с одной площадки на другую.

Один из вариантов – восстановление покрытия на всю глубину. На ремонтируемом участке удаляется весь асфальтобетон, затем верхний слой основания разрыхляется и укрепляется за счет вяжущих или каменных материалов. Весь асфальтобетон, который сняли, измельчается, нагревается, а затем происходит улучшение его характеристик за счёт добавления битума и других материалов. После этого новая смесь укладывается заново [1, 2].

Сравнение холодного ресайклинга с традиционными методами восстановления дорожного покрытия демонстрирует ряд преимуществ.

Уменьшение закупки нового материала за счет повторного использования существующего покрытия позволяет снизить расходы на добычу, доставку, перевозку и переработку. Сокращаются затраты на хранение и транспортировку сфрезерованного материала в связи с его повторным использованием на месте. Сроки проведения ремонта становятся короче, что уменьшает ограничения в движении транспортных потоков. В технологическом плане становится доступна возможность обработать участок за один проход, частично снижается неоднородность материала. Укрепление верхних слабых слоев земляного полотна на глубину до 50 сантиметров происходит непосредственно во время работ.

Недостатки холодного ресайклинга связаны, в основном, с необходимостью обеспечения высокой точности всех операций и безоговорочного выдерживания всех технологических требований.

Существуют ситуации, когда не рекомендуется использовать фрезерование и холодный ресайклинг. Примером может служить: несоответствие характеристик материала слоя; высокое содержание глинистых материалов; низкая несущая способность основания, которое не в состоянии выдержать нагрузку от используемой техники; наличие геотекстиля; в городских условиях при наличии люков и решеток на проезжей части; когда свойства материалов нестабильны [3].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **PIARC**. Pavement Recycling Guidelines 78.02.E for In-place recycling with cement; In-place recycling with emulsion or foamed bitumen; Hot mix recycling in plant // La Defence Cedex. – France. – 20 p.

2 **FHWA**. University of Rhode Island. Development of Performance Based Mix Design for Cold-In Place Recycling (CIR) of Bituminous Pavements Based on Fundamental Properties // Research Report Findings CIR-02-01, FHWA. September – 20 p.

3 **ARRA**. Guidelines for cold-in-place recycling // Asphalt Recycling and Reclaiming Association. – Annapolis, USA, 2001. – 176 p.

## **ЦЕЛЕВЫЕ ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ КАК РЕСУРС ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*А. Р. ИЗМАЙЛОВА (СЖД-19140)*

*Научный руководитель – канд. экон. наук, доц. Н. В. ПШЕНИСНОВ  
Филиал Самарского государственного университета путей сообщения,  
г. Нижний Новгород, Российская Федерация*

Транспортная безопасность при организации железнодорожных перевозок является одним из ключевых вопросов всей транспортной отрасли, в том числе и железных дорог России. За последние годы, с ростом массы поездов и увеличением скорости их движения актуальность вопросов безопасности организации движения поездов многократно возросли.

Сегодня транспортная безопасность ставится приоритетной задачей при решении вопросов, связанных с организацией графика движения поездов, технологией работы устройств СЦБ, надежностью железнодорожного пути и т. д. В каждом из этих направлений идут широкомасштабные научно-исследовательские работы, апробируются те или иные решения, направленные в конечном счете на безопасность участников движения. Если говорить о путевом хозяйстве, то основные направления изысканий – это стабилизация геометрических параметров рельсовой колеи, опережающее выявление зарождающихся дефектов рельсов, стабилизация балластного слоя, надежность земляного полотна, защита земляного полотна от деформаций в сложных природных условиях.

Одним из возможных вариантов обеспечения транспортной безопасности является адаптация водопропускной трубы для возможности пропуска животных, людей и колесного транспорта.

Водопропускная труба – одно из самых распространенных искусственных сооружений. Она располагается в теле земляного полотна и изначально предназначена для пропуска талых и паводковых вод, небольших ручьев и рек (рисунок 1).



Рисунок 1 – Водопропускная труба, рассчитанная на пропуск колесного транспорта

Помимо усложнения самой конструкции водопропускной трубы данный тип сооружений требует сооружение подъездных путей и укладку дорожного покрытия для движения транспортных средств внутри трубы. В то же время широкое применение таких труб позволит минимизировать пересечение транспортных потоков в одной горизонтальной плоскости, возведение устройств безопасности и сигнализации на переездах и переходах. Однако массовое применение данного инженерного решения вызывает необходимость преодоления двух пока нерешенных вопросов.

1 Стоимость возведения такой трубы, рассчитанной на пропуск автомобильного транспорта, достигает 4 млн руб. без учета работ по монтажу и демонтажу верхнего строения пути, которые практически удваивают стоимость водопропускной трубы и ее возведение в теле земляного полотна. В качестве промежуточного решения данного вопроса рекомендуется возводить или модернизировать такие искусственные сооружения во время капитального ремонта пути, что в свою очередь требует корректировки технологических карт капитального ремонта.

2 Окончательно не определена минимально допустимая высота земляного полотна над водопропускной трубой. Действующий технический регламент определяет ее как 60 см, однако он не учитывает относительность этой величины к общей высоте насыпи по обе стороны от трубы, механические свойства грунтов в каждой из конкретных почвенно-климатической зон, заданные параметры пропуска тоннажа в межремонтный период.

Другим направлением, имеющим растущую популярность при организации движения железнодорожного и автомобильного транспорта в разных горизонтальных плоскостях, является совмещение балочного или рамного железнодорожного моста и сборной водопропускной трубы прямоугольного сечения в поймах рек и иных переувлажненных зонах (рисунок 2).



Рисунок 2 – Организация проезда колесного транспорта между опорами моста или в водопропускной трубе при подъезде к мосту

Данное решение позволяет также минимизировать пересечение транспортных потоков в одной горизонтальной плоскости, количество железнодорожных переездов и устройств СЦБ, аварийных ситуаций. В тоже время данная модернизация искусственных сооружений существенно усложняет конструкцию, стоимость как самого сооружения, так и его строительства, ремонта и содержания, оставляя две пока не до конца разрешенные дилеммы.

1 Как и в случае с водопропускными трубами модернизация моста таким образом в чистом виде как отдельная операция крайне затруднительна и затратна. Поэтому гораздо целесообразнее такой подход использовать либо при строительстве нового моста, либо при реконструкции старого. В любом случае в нормативную документацию необходимо внесение сведений о новом комбинированном искусственном сооружении с разработкой всех основных типовых параметров.

2 Поскольку проезд для автомобилей располагается между опорами моста (между устоем и опорой) возникает угроза подтопления в период половодья. В данной ситуации необходимо либо предусмотреть временный (сезонный) пропуск воды в трубе (между опорами), исключив или ограничив на этот период пропуск автомобилей и усилив конструкцию сооружения водозащитными сооружениями, либо при возведении дополнительных вододерживающих стен исключить пропуск талых вод через автомобильный проезд, увеличив водопропускную возможность и надежность основных пролетов моста. Оба варианта ведут к серьезным изменениям проектной документации и технологии строительных работ, поэтому крайне важна их детальная проработка на начальных этапах при индивидуальном проектировании сооружения исходя из реальных условий.

Нерешенным остается вопрос ведомственной принадлежности данных комбинированных сооружений, поскольку сейчас водопропускные трубы и мосты находятся на балансе разных структурных подразделений и требуется внесение целого ряда изменений в директивные документы, перераспределение материальных и финансовых потоков для ремонта и содержания.

В любом случае технологический прогресс во все времена вносит свои коррективы и в технику, и в технологии в том числе и на железнодорожном транспорте. Естественно, что эволюция искусственных сооружений продолжится, и изменения такого характера принесут рост как качества искусственных сооружений, так и рост уровня безопасности их использования. В связи с этим дальнейшее изучение перечисленных проблем и нерешенных вопросов представляет практический интерес для путевого хозяйства.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

*Д. О. КАЗ (301-П)*

Научный руководитель – преп. *И. Н. ЛАЗАРЕВИЧ*

*Оршанский колледж – филиал учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта», г. Орша*

Вода является большой проблемой для железнодорожного полотна, если не принимать правильных мер. Увлажненный грунт необходимо стабилизировать или произвести защиту грунта от воздействия воды. Под воздействием атмосферных факторов, собственного веса и динамических нагрузок могут возникать повреждения и загромождения, подмывы и размывы, пучины, оседания, расползания, выпирания, оползни, обвалы, лавины, осыпи, сдвиги, деформации основной площадки, оседания земляного полотна, расползание насыпи, провалы насыпи.

Защита земляного полотна от водного воздействия может быть выполнена одерновкой, засевом травой, зелеными насаждениями, каменной наброской и отсыпями, мощением, асфальтовым и железобетонным покрытиями.

Для отведения поверхностных вод используются нагорные и водоотводные каналы, продольные лотки и резервы.

Грунтовые воды, которые могут нарушить устойчивость и прочность железной дороги, отводят при помощи дренажных канав и колодцев, лотков, дренажей и штолен.

Для укрепления грунтов применяются силикатизация, клинкеризация, цементация и электрохимический способ.

Пропуск воды через земляное полотно производится посредством мостов, труб, дюкеров, акведуков, лотков, фильтрующих насыпей.

Мосты являются устройством для пропуска воды через большие постоянные водотоки. Выбор местоположения моста должен учитывать ландшафтные, гидрологические, гидрогеологические, геологические и экологические местные условия.

Для периодических водотоков применяются малые водопропускные сооружения. Их геометрическими характеристиками являются величина и форма отверстия, расстояние от дна до низа пролетного строения моста или свода трубы, ширина моста и длина трубы. Гидравлическими характеристиками, определяемыми при проектировании, являются расход воды, проходящий через сооружение; глубина воды на входе, в самом сооружении и на выходе из него; скорость течения воды на этих участках.

Расположение должно быть таким, чтобы строительство и эксплуатация водопропускных сооружений не вызывало нарушений экологической среды и

хозяйственных интересов местного населения и предприятий. Но обязательным условием является обеспечение гарантированной полной безопасности движения поездов.

Водопропускные трубы, как правило, работают в безнапорном режиме. Предусматриваются полунапорный и напорный режимы работы водопропускных труб, располагаемых на железных дорогах общей сети, для пропускания только наибольшего расхода, при этом под оголовками и звеньями следует предусматривать фундаменты, а при необходимости – также противофильтрационные экраны. При напорном режиме предусматриваются специальные входные оголовки и водонепроницаемые швы между торцами звеньев и секциями фундаментов, укрепление русла, устойчивость насыпи против напора и фильтрации воды. Предотвращение размыва русла гарантируется нормированием скоростей.

Водопропускные трубы проектируются с входными и выходными оголовками. Металлические трубы допускается проектировать без устройства оголовков.

Трубы различных конфигураций обладают разными водопропускными способностями, которые зависят не только от размеров отверстия, но и от формы поперечного сечения, устройств, вводящих и выводящих воду из трубы (оголовков), и степени шероховатости русла в трубе. Высота трубы определяется горизонтом воды и не зависит от высоты насыпи.

Водопропускные трубы – самые массовые искусственные сооружения на железных дорогах. При небольших расходах воды их строительство экономически выгоднее, чем мосты. Кроме того, трубы менее чем мосты чувствительны к возрастанию временных нагрузок.

Обеспечение безопасности движения поездов гарантируется прочностью, устойчивостью и стабильностью сооружений под воздействием нагрузок. Это означает, что трубы и мосты применяются для определенного диапазона насыпей (требования ужесточаются для металлических гофрированных труб), то есть ограничивающим фактором применения искусственных сооружений являются наименьшая и наибольшая высоты насыпи в совокупности с топографическими, гидрогеологическими, геологическими и другими местными условиями.

При проектировании железных дорог необходимо детально рассматривать разные варианты применения устройств и сооружений для конкретного места с учетом всех условий и экономических затрат.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТНОШЕНИЯ ВАГОНОВ В ПОЕЗДЕ ПО ВЕСУ ОТ СООТНОШЕНИЯ ИХ ПО КОЛИЧЕСТВУ**

*Ю. П. КАЛЕНКОВИЧ, И. В. ЛУЩИК (ЗСс-61),*

*П. Н. БАРАБОЛКИН (СП-31)*

*Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. Н. В. ДОВГЕЛЮК  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Выполнение задач по увеличению провозной способности возможно за счет дальнейшей электрификации Белорусской железной дороги с учетом введения длинно-составных тяжеловесных поездов и вводом в действие Белорусской АЭС, что повлечет уменьшение стоимости электроэнергии на тягу поездов в условиях растущей стоимости дизельного топлива.

Введение в обращение на дороге длинно-составных тяжеловесных поездов следует рассматривать как составную часть развития транспортного комплекса, связанную с модернизацией железной дороги, обладающую высокой пропускной и провозной способностью и улучшением качества обслуживания пользователей. Изучение зарубежного опыта показывает, что страны с высоким транзитным потенциалом уделяют большое внимание развитию железнодорожной инфраструктуры.

Ставится задача получения зависимости соотношения вагонов в составе по весу от их соотношения по количеству для использования в дальнейших расчетах по определению основного удельного сопротивления состава, состоящего из различных групп вагонов, входящего в формулу определения его массы. Провозная способность может быть повышена за счет увеличения полезной длины приемоотправочных путей, изменения структуры путевого развития, увеличения скорости движения поездов. Увеличение массы состава предусматривает увеличение полезной длины приемоотправочных путей от существующей до максимальной в перспективе, используя обращение сдвоенных поездов. Поэтому трасса железной дороги для реализации данной стратегии должна проектироваться с длиной площадок отдельных пунктов, допускающих увеличение длины путей до перспективной.

Из-за различий в весовых характеристиках доля вагонов той или иной группы в составе по массе  $\beta$  не равна их доле в количественном выражении  $\gamma$ . Обычно известной является величина  $\gamma$  (в процентах или в долях единицы), а для определения основного средневзвешенного сопротивления состава и при решении других задач тяговых расчетов надо знать  $\beta$ . Количественная оценка зависимости между  $\beta$  и  $\gamma$  является задачей исследования. Оно выполняется в случае, когда в составе поезда имеется только две группы вагонов в количестве  $n_j$  и  $n_k$  с массой одного вагона каждой группы соответственно  $q_j$  и  $q_k$ .

Соотношение вагонов в составе по весу определяется по формулам:

$$\beta_j = Q_j/Q \quad \text{и} \quad \beta_k = Q_k/Q,$$

где  $Q_j$  и  $Q_k$  – масса вагонов;  $Q = Q_j + Q_k$  – масса состава,

$$\beta_j = n_j q_j / (n_j q_j + n_k q_k); \quad \beta_k = n_k q_k / (n_j q_j + n_k q_k). \quad (1)$$

Поскольку  $\beta_j + \beta_k = 1$ , то достаточно определить по формуле (1) весовую долю лишь одной группы вагонов.

Исключив из формулы (1) абсолютные значения  $n_j$  и  $n_k$ , учитывая, что

$$n_j/n = \gamma_j \quad \text{и} \quad n_k/n = \gamma_k,$$

где  $n = n_j + n_k$  – общее число вагонов в составе, получим

$$\beta_j = \gamma_j q_j / (\gamma_j q_j + \gamma_k q_k). \quad (2)$$

Поделив числитель и знаменатель на  $\gamma_j q_j$  и, заменив  $\gamma_k$  равной величиной  $(1 - \gamma_j)$ , получим

$$\beta_j = 1 / [1 + (1 / \gamma_j - 1)q_k/q_j]. \quad (3)$$

Обозначим отношение массы вагонов через  $m$ , т. е. примем  $q_k/q_j = m$ :

$$\beta_j = 1 / [1 + (1 / \gamma_j - 1)m]. \quad (4)$$

На основе расчетов по формуле (4) при разных  $m$  можно построить кривые  $\beta = f(\gamma)$ , являющиеся итогом исследования (таблица 1).

Из формулы (4) следует, что если  $\gamma = 0$ , то и  $\beta = 0$ ; аналогично, если  $\gamma = 1$ , то  $\beta = 1$  (при любых  $m$ ). Таким образом, в системе координат  $\beta - \gamma$  известным является положение двух точек.

В зависимости от значений  $q_k$  и  $q_j$  величина  $m$  может быть и меньше, и больше единицы. В частном случае, когда  $m = 1$  ( $q_k = q_j$ ), т. е. в составе только однотипные вагоны, при любом  $\gamma$  будет иметь место равенство  $\beta = \gamma$ . Соотношения между  $\beta$  и  $\gamma$  при  $m < 1$  и  $m > 1$  представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значение  $\beta$  при разных  $\gamma$  и  $m$

$\gamma_i$	Значение $\beta$ при $m$ , равном						
	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4
0	0	0	0	0	0	0	0
0,2	0,14	0,15	0,17	0,20	0,24	0,29	0,38
0,4	0,29	0,32	0,36	0,40	0,45	0,53	0,63
0,6	0,48	0,53	0,56	0,60	0,63	0,71	0,79
0,8	0,71	0,74	0,77	0,80	0,83	0,87	0,90
1,0	1	1	1	1	1	1	1

Разработана методика определения зависимости соотношения вагонов в составе по весу от их соотношения по количеству.



## **ВЛИЯНИЕ ОСНОВНОГО УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ГРУЗОВОГО ПОЕЗДА НА МАССУ СОСТАВА**

*Ю. П. КАЛЕНКОВИЧ, И. В. ЛУЩИК, С. В. ОРЕШКО (ЗСс-61)*

*Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. Н. В. ДОВГЕЛЮК  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Одной из задач в программах развития железнодорожного транспорта Республики Беларусь на 2021–2025 годы и на перспективу до 2030 года является повышение пропускной и провозной способности отдельных участков Белорусской железной дороги. Провозная способность участков железной дороги зависит от числа поездов, скорости и средней массы состава грузового поезда. Задача повышения массы состава привела к вождению поездов повышенной массы и длины.

При пропуске длинно-составных поездов необходимо удлинение приемо-отправочных путей на некоторых отдельных пунктах для возможности остановки поезда при необходимости или пропуска поездов встречного направления. Введение поездов повышенной массы и длины дает ощутимый народнохозяйственный эффект за счет уменьшения количества поездов, пропускаемых участком железной дороги.

Установление зависимости массы состава грузового поезда от основного средневзвешенного сопротивления движению при различных руководящих уклонах является целью исследования.

Для установления зависимости массы состава ( $Q$ ) от основного сопротивления воспользуемся известной формулой определения массы состава при движении поезда по руководящему уклону в сторону подъема при равномерном движении с расчетной скоростью:

$$Q = \frac{F_k - Pg(w_0^1 + i_p)}{(w_0^2 + i_p)g}, \quad (1)$$

где  $F_k$  – расчетная сила тяги локомотива, Н;  $P$  – масса локомотива, т;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $w_0^1$  – основное удельное сопротивление движению локомотива, Н/кН;  $i_p$  – расчетный подъем, ‰;  $w_0^2$  – средневзвешенное удельное сопротивление состава, Н/кН.

Вариантные расчеты выполнены для различных руководящих уклонов, локомотивов ВЛ80К и БКГ2 и удельных сопротивлений движению состава с использованием формул Правил Тяговых расчетов.

Помимо значений массы состава определяются абсолютное и относительное изменения массы состава в зависимости от изменения (увеличения или уменьшения) основного сопротивления. Из данных расчета установлено, что при увеличении основного сопротивления движению состава на 50 % масса состава уменьшается на 514 т (8,5 %), а при уменьшении сопротивления на 50 % – увеличивается на 612 т (10,2 %) при руководящем уклоне 6 ‰; при руководящем уклоне 9 ‰ соответственно уменьшается на 263 т (6,2 %) и увеличивается на 296 т (7 %).

В таблице 1 приведены значения массы составов грузовых поездов с локомотивами ВЛ80К и БКГ2 при различных руководящих уклонах.

*Таблица 1 – Масса состава грузового поезда с локомотивами ВЛ80К и БКГ2*

$i_p, ‰$	6	9	12
$Q$ , т, для ВЛ80К	6100	4265	3260
$Q$ , т, для БКГ2	6604	4670	3565

Повышение массы состава возможно за счет использования внутренних резервов имеющегося технического оснащения, что не требует значительных капитальных вложений (повышение массы состава за счет более полного использования кинетической энергии поезда).

Реконструктивные же мероприятия требуют изменения основных технических параметров дороги и значительных капитальных вложений: обращение более мощных локомотивов и более совершенных устройств связи и СЦБ (технических средств, используемых для регулирования и обеспечения безопасности движения поездов); удлинение приемоотправочных путей; введение безостановочного скрещения поездов; улучшение трассы, уменьшение расчетного подъема, спрямление трассы, улучшение плана линии); электрификация железнодорожных направлений.

В связи с этим исследуется повышение весовой нормы состава грузового поезда на участке железной дороги и его возможность проезда при этом по руководящему или близким к нему по крутизне подъемам при электрической тяге за счет организационно-технических (разгонное толкание) и реконструктивных (уположение расчетного подъема) мероприятий.

В результате выполненных расчетов установлены зависимости относительного изменения массы состава грузового поезда от степени увеличения или уменьшения относительных значений основного удельного сопротивления состава при различных руководящих уклонах. На Белорусской железной дороге при увеличении сопротивления на 50 % масса состава при руководящем уклоне 9 ‰ уменьшается на 263 т (6,2 %), а при уменьшении – увеличивается на 296 т (7 %).

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РЕМОНТА ПУТИ ЗА СЧЕТ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТЫ**

*А. А. КРАСНОВ, В. А. СОЛОМОНОВ (СП-51)*

*Научный руководитель – ст. преп. В. В. РОМАНЕНКО  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Путевое хозяйство Белорусской железной дороги является залогом успешного функционирования всего железнодорожного транспорта республики и включает в себя конструкции и сооружения, обеспечивающие перевозочный процесс: верхнее и нижнее строение пути, искусственные сооружения, переезды, стрелочные переводы, сигналы и знаки, снегозащитные средства, линейные и ремонтные предприятия, промышленные предприятия.

Для поддержания надлежащего уровня безопасности движения на предприятиях путевого хозяйства служба пути постоянно контролирует и анализирует состояние земляного полотна, верхнего строения пути и инженерных сооружений. По результатам анализа с учетом положений системы ведения путевого хозяйства назначаются различные виды путеремонтных работ, например, восстановительный ремонт [1].

В 2021 году согласно приказу от 04.01.2021 № 5Н «О производстве путевых работ в 2021 году» выполнено: восстановительный ремонт пути на новых материалах 140,2 км; на старогодных материалах 101,7 км; уложено плетей бесстыкового пути 187,7 км; среднего ремонта 88,2 км.

В 2022 году согласно приказу от 03.01.2022 № 5Н «О производстве путевых работ в 2022 году» запланировано выполнить восстановительный ремонт на новых материалах на 139,4 км, на старогодных материалах – 130,0 км. При выполнении восстановительного ремонта бесстыкового пути для обеспечения комплексной замены элементов верхнего строения пути во время «окна» по замене путевой решетки в путь укладываются временные инвентарные рельсы, вместо которых впоследствии укладывают новые либо старогодные плети. В 2022 году планируется уложить 162,0 новых рельсовых плетей.

Для выполнения любого вида ремонтных работ разрабатывается технологический процесс, который представляет свод документов, определяющих условия производства работ, организацию всех этапов ремонта, перечень рабочих операций, применяемые машины, механизмы и инструменты.

Для количественной характеристики процесса разрабатывается ряд ведомостей, определяющих объемы расхода материалов верхнего строения, объемы производства работ исходя из характеристики ремонтируемого участка.

Одним из самых трудоемких этапов является составление ведомости затрат труда по типовым нормам времени. Эта ведомость в своей основе имеет объемы работ в единицах измерителя, которые необходимо рассчитывать при каждой разработке технологического процесса. Так, например, количество шпал всегда будет зависеть от выбранной эпоры (количество шпал на километре), которая в свою очередь зависит от характеристики плана линии (прямой или криволинейный участок). Характеристика плана линии отражена в ряде технических документов, например, техническом паспорте организации путевого хозяйства формы АГУ-4, поэтому расчет количества шпал представляет собой чисто математический расчет (рисунок 1).

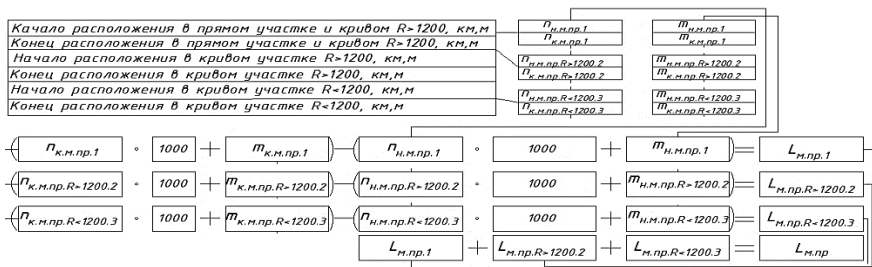


Рисунок 1 – Структура автоматизации расчета количества шпал

Согласно натурной съемке, обязательно выполняемой перед ремонтом, можно определить наличие устройств, например, изолирующие стыки (рисунок 2), места препятствий для работы машин, проезды и т. п.

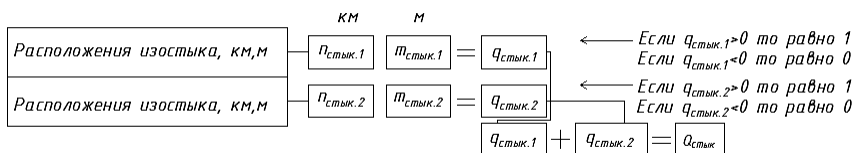


Рисунок 2 – Структура автоматизации положения изолирующего стыка

Автоматизация подобных расчетов позволит формировать необходимые ведомости автоматически, существенно сокращая время проектирования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 СТП БЧ 56.388–2018. Положение о системе ведения путевого хозяйства Белорусской железной дороги : утв. приказом зам. Нач. Бел. ж. д. от 17.12.2018 № 1072 НЗ. – Минск, 2019. – 28 с.

## МОНИТОРИНГ ИНТЕНСИВНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ГРУЗОНАПРЯЖЕННОСТИ НА УЧАСТКАХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

*В. С. КРИВЕНКО, И. Г. БЕКО (СДС-31э)*

Научный руководитель – преп. *М. М. КУРЧИЧ*

*Филиал «Гомельский государственный дорожно-строительный колледж  
им. Ленинского комсомола Белоруссии» учреждения образования  
«Республиканский институт профессионального образования»,  
Республика Беларусь*

Мониторинг дорожного движения на сегодняшний день является неотъемлемой частью обследования дорог, которое позволяет держать «руку на пульсе» в сфере дорожного строительства, содержания, ремонта и реконструкции. Своевременное выявление грузонапряженных участков дорог является залогом безопасности дорожного движения, а также снижает затраты на содержание и ремонт участков автомобильных дорог при условии своевременного принятия мер по устранению заторов на дорогах.

Учет интенсивности движения можно проводить следующими методами.

– Визуальный метод. Визуальный учет интенсивности движения осуществляется путем последовательного зачеркивания порядковых номеров соответствующих типов транспортных средств, приведенных в бланке учета интенсивности. Визуальный метод используется, в основном, для кратковременного учёта интенсивности транспортного потока, но в ряде случаев является неудобным и неэффективным.

– Радиолокационный метод. В современных условиях развития в области обследования дорог созданы различные датчики и контроллеры, которые позволяют мониторить и регулировать дорожное движение дистанционно, находясь в организации за компьютером. Таким датчиком является датчик «Аркен».

Датчик мониторинга интенсивности движения «Аркен» – радиолокационный, предназначен для обнаружения и измерения параметров движущегося по дороге транспортного средства. Датчик состоит из платы приёмопередатчика и контроллера, помещённых в пластиковый корпус.

Прибор выполняет следующие функции:

- подсчет транспортных средств;
- определение скорости движения;
- определение присутствия транспортного средства;
- мониторинг дорожной обстановки в реальном времени;
- сохранение данных (снимков) в архиве;
- автоматическая генерация статистических отчетов для анализа транспортных потоков.

Задачи, решаемые с помощью датчика «Аркен»:

- определение категории дороги;
- планирование финансирования на содержание автомобильных дорог;
- определение сроков между проведением плановых ремонтов дорог;
- оценка и контроль состава транспортного потока на автомобильных дорогах;
- планирование обслуживания и обслуживание дорог в зимний период;
- моделирование транспортных потоков;
- учет интенсивности на съездах (выездах) с автодорог;
- управление дорожным движением;
- планирование и экономическое обоснование крупных инфраструктурных инвестиционных проектов;
- планирование стратегии развития региона;
- безопасность дорожного движения;
- помощь в создании региональных ГИС-систем.

Интерфейс настройки датчика прост в освоении и содержит все необходимые инструменты для оперативной настройки и проверки качества распознавания ТС на дороге. Режим автоматической настройки позволяет быстро разметить проезжую часть, в большинстве реальных применений дополнительной ручной настройки не требуется.

Имея в доступе приборы нового поколения можно значительно повысить производительность труда и снизить трудозатраты. Анализируя данные при помощи современных технологий, можно значительно повысить уровень безопасности дорожного движения, снизить аварийность на отдельных участках, скорректировать грузонапряженность участков автомобильных дорог, а также планировать мероприятия по эксплуатации, содержанию и ремонту дорог и мостов.

Исходя из опыта мониторинга грузонапряженности автомобильных дорог, проводимого визуальным методом в организации РУП «Белорусский дорожный инженерно-технический центр», инновационный метод мониторинга дорожного движения радиолокационным датчиком «Аркен» имеет более высокие диагностические показатели. Помимо того, что датчик отсчитывает количество автомобилей круглые сутки, измеряет скорость и другие показатели, такие как класс автомобиля, он не требует присутствия рабочего на дороге, является более точным методом и облегчает условия труда. Более того, датчик передает на сервер всю информацию, программа сама обрабатывает и выдает полученные данные в виде графиков, диаграмм и таблиц, что существенно облегчает визуальный поиск участков с повышенной грузонапряженностью и другими негативными критериями.

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ GEONICS ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ**

*А. А. КУЗМИЧЕВ* (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *Т. А. ДУБРОВСКАЯ*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Автоматизация проектно-изыскательских работ является основным методом повышения производительности труда в изысканиях и проектировании железных дорог. В современных условиях проектирования трассы железных дорог с применением средств вычислительной техники уменьшается время, затрачиваемое на проектирование, облегчается процесс проектирования, увеличивается наглядность, увеличивается обоснованность принятых проекторочных решений.

GeoniCS – программный комплекс, работающий на платформе AutoCAD. Он позволяет автоматизировать проектно-изыскательские работы и предназначен для специалистов отделов изысканий, генплана, а также проектировщиков внешних инженерных сетей, автомобильных и железных дорог.

Программный комплекс GeoniCS 2022 состоит из шести модулей, образующих единый комплект поставки.

Модуль «ТОПОПЛАН» – это ядро программы, позволяющее создавать топографические планы, вести базу точек съемки проекта, строить трехмерную модель рельефа и проводить анализ полученной поверхности. На основе построенной модели рельефа программа может решать целый ряд прикладных задач.

Модуль «ГЕНПЛАН» используется при проектировании промышленных объектов различного назначения, а также объектов гражданского строительства. Он обеспечивает полное соответствие требованиям ГОСТ 21.508–93 «Правила выполнения рабочей документации генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов».

Модуль «СЕТИ» позволяет проектировать внешние инженерные сети и оформлять необходимые выходные документы.

Модуль «ТРАССЫ» обеспечивает проектирование линейно-протяженных объектов и оформление необходимых выходных документов.

Модуль «СЕЧЕНИЯ» позволяет получить поперечные профили по цифровой модели рельефа и осевой линии трассы, созданных в модулях «ТОПОПЛАН» и «ТРАССЫ», а также запроектировать очертания дорог и водоотводных устройств с формированием объемов земляных работ и материалов.

Модуль «ТРАССЫ» является ядром, на основе которого создается система проектирования конкретных видов линейно-протяженных объектов.

Модуль состоит из трех разделов:

- создание геометрических элементов;
- работа с планом (трассами, горизонтальными осями);
- продольный профиль.

Раздел «Геометрические элементы» позволяет создавать специальные геометрические объекты: тангенсы, дуги, клотоиды (спирали), а также некоторые специальные объекты (например, для трасс железных дорог – излом, стрелка). Возможно редактировать элементы, восстанавливать тангенсы и т. д. В разделе «План» предусмотрены функции отрисовки оси трассы в плане. Трасса – это специальный объект, состоящий из геометрических элементов, созданных в разделе «Геометрические элементы». Трассы подразделяются на простые и составные, состоящие из ссылок на другие трассы. Трассы хранятся в проекте и при необходимости отображаются в чертеже. Обеспечена поддержка рубленых (резаных) пикетов. Предусмотрены функции редактирования: трассы можно обрезать, разрывать, копировать и удалять. Существует возможность редактирования с блокировкой, позволяющая заблокировать те или иные характеристики определенного набора элементов, что влияет на поведение трассы при редактировании. Реализованы функции ввода и мониторинга контурных ограничений при редактировании трасс, существует возможность подключения к трассе таблицы ограничений. В процессе редактирования трассы динамически изменяется ее оформление.

К отдельным пикетам или диапазонам пикетов пользователь может приписать различную семантическую информацию. Для сохранения типовых решений имеется библиотека шаблонов.

В разделе «Профиль» собраны базовые операции проектирования и редактирования профиля. Средствами этого раздела выполняются ввод и мониторинг ограничений, оформление профиля. Программа основана на реализации собственных объектов: профиль и окно профиля. Возможны различные режимы создания профиля: отрисовка вручную, ввод из текстового файла, создание по 3D-полилинии, из отрисованных отрезков или полилинии, создание по поверхности, по трассе.

Имеются удобные инструменты редактирования профилей: табличный редактор, редактор элементов, редактор пикетажных данных – семантики различных типов, привязанной к пикетам или диапазонам пикетов. Программа поддерживает свойства и стили профиля, свойства и стили окна профиля, стили подписей профиля и окна профиля. Стили профиля используются для управления двумерным и трехмерным изображением профиля, а стили окна профиля – для управления как форматом графического отображения профиля, так и его заголовком, и подписями координатных осей.



## ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ДОРОЖНОМУ АСФАЛЬТОБЕТОНУ

*И. А. КУЛЕШ (ЗСа-6)*

Научный руководитель – ст. преп. Д. Ю. АЛЕКСАНДРОВ  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Система технического нормирования, разработанная и реализуемая в Беларуси, постоянно совершенствуется и развивается. Интенсивность этого процесса зависит от следующих факторов.

– Объем доступных средств для реализации строительных проектов в ближайшей перспективе. Технические стандарты разрабатываются на период 4–5 лет или более. В этот период возможны небольшие корректировки документа. Сам процесс разработки и совершенствования технических стандартов финансируется из бюджета и включает в себя этапы исследования, проведения испытания, апробации и др. Частая переработка стандартов очень затратна.

– Научно-технический прогресс отрасли. Развитие методов проектирования, технологий приготовления дорожно-строительных материалов и строительства, ремонта и содержания дорог и пр. на основе современных достижений фундаментальных и прикладных наук требуют значительного пересмотра структуры и содержания технических стандартов.

– Внедрение инновационных технологий и реализация международных проектов на территории страны. Реализация совместных проектов с привлечением зарубежных специалистов и технологий требует разработки стандартов для сопровождения технологических процессов или адаптации иностранных стандартов с учетом наших условий производства работ.

Достоинством системы технического нормирования является унификация требований к технологическим процессам и результатам их контроля, позволяющая получать качественный продукт в любом районе Беларуси.

В Беларуси действует технический стандарт, регламентирующий технические требования к смесям асфальтобетонным дорожным и асфальтобетонам [1]. Для всех асфальтобетонов установлены следующие показатели: пористость минеральной части (остова), остаточная пористость, водонасыщение, набухание, предел прочности при сжатии при температуре 50 °С, предел прочности при растяжении при температуре 0 °С, коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении в агрессивной среде. Для асфальтобетонов типа А, Б и С дополнительно контролируется коэффициент морозостойкости после 50 циклов замораживания-оттаивания. Только для смесей типа С – стекание вяжущего. Предельные значения показателей зависят от типа асфальтобетона и марки смеси.

Методика проектирования нежестких дорожных одежд предполагает снижение жесткости слоев по глубине с увеличением и толщины. Это в недостаточной степени учитывает фактическое распределение напряжений в слоях асфальтобетонного покрытия. За рубежом существует методика проектирования нежестких дорожных одежд с экстремальным распределением напряжений [2]. В верхние слои укладывается асфальтобетон, хорошо взаимодействующий с внешней средой и колесами автомобилей, в средний слой – жесткий и прочный асфальтобетон, а в нижний – асфальтобетон, хорошо работающий на изгиб и растяжение. Срок службы таких конструкций составляет не менее 20 лет. Однако затраты строительного периода будут выше, чем при устройстве традиционных для нашей дорожной отрасли конструкций дорожных одежд.

В то же время озвученный инновационный подход позволит дифференцировать контролируемые показатели в зависимости от расположения асфальтобетона в конструкции и условий его работы. Единым требованием ко всем асфальтобетонам является остаточная пористость, так как эти поры компенсируют температурное расширение вяжущего. В то же время к верхнему слою необходимо предъявлять требования по плотности, истираемости, водонасыщению, сдвигоустойчивости и прочности на сжатие. К среднему слою – по прочности на сдвиг и на сжатие. К нижнему слою – по усталостной долговечности и прочности на растяжение при изгибе. Требований к показателям усталостной долговечности асфальтобетона на данный момент в национальных технических стандартах нет. Усталостное разрушение дорожных покрытий долгое время может быть незаметно. Усталостная трещина прорастает от подошвы до поверхности покрытия за 3–8 лет [3]. Укладываемые сегодня в нижние слои пористые и высокопористые асфальтобетоны обладают меньшей усталостной долговечностью чем плотные типа Г и Д, так как они обладают менее однородной структурой.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **СТБ 1033–2016.** Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия = Сумесі асфальтабетонныя дарожныя, аэрадромныя і асфальтабетон. Тэхнічныя ўмовы. – Взамен СТБ 1033–2004; введ. 2017–01–01. – Минск : Госстандарт, 2016. – 27 с.

2 **Веренько, В. А.** Конструирование и расчет дорожной одежды повышенной надежности и долговечности : пособие по выполнению курсового проекта № 3 «Проект дорожной одежды нежесткого типа (деталь проекта)» для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» / В. А. Веренько. – Минск : БНТУ, 2012. – 76 с.

3 **Илиополов, С. К.** Долговечность асфальтобетонных покрытий в условиях роста динамического воздействия транспортных средств / С. К. Илиополов, Е. В. Углова // Автомобильные дороги и мосты. – 2007. – № 4. – 84 с.

## **МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ: ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ**

*И. А. КУЛЕШ (ЗСа-6)*

*Научный руководитель – ст. преп. Д. Ю. АЛЕКСАНДРОВ  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В Республике Беларусь действует технический стандарт, регламентирующий методы испытаний асфальтобетонов [1], и стандарт, определяющий требуемые значения различных показателей, характеризующих качество асфальтобетона. Методы испытаний ставят своей целью определение соответствия фактических значений различных показателей, полученных по результатам испытаний, с требуемыми значениями. Лаборатории дорожных организаций Беларуси оснащены соответствующими приборами и оборудованием для проведения испытаний согласно стандарту. К несомненным положительным качествам стандартизированных методов, используемых в нашей стране, относятся простота технологии и оборудования.

Всю совокупность методов испытаний, представленных в техническом стандарте, можно разделить на несколько групп. Например, определение средней плотности асфальтобетона, пористости минеральной части (остова) асфальтобетона, остаточной пористости, водонасыщения, набухания и пр. можно отнести к методам, позволяющим оценить физические свойства, т. е. косвенно оценить структурные особенности и характер взаимодействия с окружающей средой. А методы определения предела прочности асфальтобетона при сжатии, предела прочности при растяжении при расколе при температуре 0 °С, предела прочности при сдвиге при температуре 50 °С можно отнести к методам, позволяющим оценить механические свойства асфальтобетона, т. е. также косвенно оценить структурные особенности и в то же время характер взаимодействия с транспортной нагрузкой.

В качестве недостатка отечественных подходов можно отметить то, что группа методов для определения механических свойств реализуется через упрощенные схемы испытаний. Например, испытание асфальтобетона на сдвигоустойчивость предполагает изготовление стандартных образцов, их нагрев на водяной бане и приложение нагрузки на прессе. Сущность метода заключается в определении сдвигового усилия, необходимого для продавливания штампом асфальтобетонного образца цилиндрической формы. Однако эта схема испытаний не учитывает некоторые значимые факторы.

– Температура, при которой начинают появляться пластические деформации, может отличаться в зависимости от типа асфальтобетона и марки вяжущего.

– Сдвигающая нагрузка направлена не строго вертикально или горизонтально поверхности, а под углом. В то же время максимум сдвигающих напряжений приходит на глубину 4 см от поверхности покрытия.

– Пластические деформации развиваются в течении длительного времени, а не так быстро, как это предполагается методом испытаний.

Все озвученные недостатки приводят к тому, что полученный предел прочности является величиной косвенно отражающей способность асфальтобетона работать в летнее время под нагрузкой. Остальные методы второй группы в разной степени имеют приблизительно аналогичные недостатки.

Решение проблемы кроется в использовании стендов, имитирующих реальные условия работы асфальтобетона в покрытии с учетом большого числа факторов. Например, на рисунке 1 представлен стенд для оценки сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий различных типов.



Рисунок 1 – Стенд для испытаний асфальтобетонных покрытий на сдвигоустойчивость

Сдерживающим фактором повсеместного внедрения испытательных стендов является прежде всего их высокая стоимость и отсутствие потребности в них для большинства лабораторий. Однако с целью развития дорожного строительства центральные лаборатории дорожно-строительных трестов и лаборатории профильных научно-исследовательских организаций целесообразно оснащать подобными стендами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 СТБ 1115–2013. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Методы испытаний = Сумесі асфальтабетонныя дарожныя, аэрадромныя і асфальтабетон. Метады выпрабаванняў. – Переизд. февраль 2021 с Изм. 1. – Взамен СТБ 1115–2004; введ. 2014–07–01. – Минск : Госстандарт, 2021. – 40 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ**

*Я. А. МАЖАКО* (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *Т. А. ДУБРОВСКАЯ*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Для повышения безопасности движения поездов по однопутному железобетонному двухпролетному железнодорожному мосту через болотный ручей, расположенному на участке Новобелицкая – Чернигов ПК5 3 км, необходимо произвести капитальный ремонт в связи с проведенными обследованиями. Разработанным проектом предусматривается определенная технологическая последовательность ремонтных работ.

В подготовительный период производится устройство стройплощадки, вспомогательных площадок для выгрузки и временного складирования конструкций и отходов, завоз инвентаря и материалов, устройство временных складских помещений для их хранения, доставка необходимых конструкций к мосту.

Работы по ремонту производятся в следующей последовательности:

- расчистка отверстия моста и русла на подходах;
- разборка автодорожной трубы со стороны входного отверстия;
- устройство бетонного лотка в отверстии сооружения с уклоном 0,014 толщиной до 430 мм, армированного сеткой;
- сборка металлической гофрированной конструкции на монтажной площадке;
- устройство гравийно-песчаной подушки и монолитных бетонных противофильтрационных экранов;
- окрасочная гидроизоляция засыпаемых бетонных поверхностей;
- протягивание металлической гофрированной конструкции внутрь существующего моста;
- устройство опалубки с двух сторон моста на 2/3 высоты существующего отверстия;
- подача бетонной смеси в зазоры между конструкциями под давлением с помощью бетононасоса, наращивание опалубки по мере заполнения зазоров между конструкциями;
- защита выступающих частей гофрированной трубы геотекстилем;
- разборка наращенных бортов пролетного строения и устоев до отметки 126,29 со стороны входного отверстия и до отметки 125,99 со стороны выходного отверстия;
- засыпка сооружения и отсыпка откосов насыпи дренирующим грунтом с послойным уплотнением;

– устройство монолитного бетонного лотка по металлической сетке внутри гофрированной трубы;

– укрепление откосов насыпи и русла на входе и выходе сооружения монолитным бетоном;

– укрепление откосов насыпи посевом трав и бровки полотна дерновой лентой.

Работы по протягиванию металлической гофрированной конструкции внутрь существующего моста и заполнению пространства монолитным бетоном выполняются в «окно» между поездами. Контроль за укладкой бетонной смеси выполняется визуально. Характеристики бетонной смеси определяются техническими параметрами бетононасоса. При невозможности заполнения зазоров с одной стороны конструкции допускается вести подачу бетонной смеси с двух сторон.

Остальные работы по ремонту сооружения производятся в условиях движения поездов. Отсыпка насыпи дренирующим грунтом производится с учетом требований СН449-72 и методических указаний на проектирование уширений основной площадки земляного полотна. Монтаж конструкций производится автокраном КС-3571.

Допускается производить работы основного периода в подготовительный.

УДК 625.172

## **ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ЗАТРАТ НА СОДЕРЖАНИЕ РЕЛЬСОВЫХ СТЫКОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ШЛИФОВАНИЯ**

*В. Д. МАКАРЕВИЧ* (магистрант)

Научный руководитель – ст. преп. *В. В. РОМАНЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Железнодорожные рельсы являются основным и наиболее дорогостоящим элементом верхнего строения пути, в которых, в процессе эксплуатации пути, под воздействием подвижного состава, природных и других факторов образуются дефекты и повреждения. Дефекты, образовавшиеся в рельсах, являются фактором, снижающим уровень надежности и безопасности движения поездов.

Дефекты классифицируются исходя из вида дефекта (выкрашивание, трещина, излом и т. п.), места расположения (различные части рельса, по всей длине, в стыках), а также причин возникновения [1].

Большое влияние на образование дефектов оказывает плохая технология изготовления и сварки рельсов, а также нарушение требований по содержанию. Кроме причин, относящихся к содержанию непосредственно верхнего строения пути, негативное влияние оказывают неисправности колесных пар подвижного состава.

Исходя из мониторинга системы оценки рельсов средствами неразрушающего контроля рельсов к основным дефектам, которые появляются в стыках, относят:

- трещины и выкрашивания металла на поверхности катания головки из-за нарушений технологии изготовления рельсов;
- отслоение и выкрашивание металла на поверхности катания в закаленном слое головки;
- выкрашивание наплавленного слоя металла в местах наплавки.

При одиночной смене рельсов в результате неточного подбора укладываемого рельса по износу в стыках образуются так называемые «ступеньки», когда грань одного из рельса выше другого (рисунок 1). При неоднократном проходе подвижного состава по такой ступеньке образуется накат. К факторам, приводящим к появлению наката, можно отнести:

- вертикальные и горизонтальные неровности рельса;
- износ подрельсовых прокладок;
- разрушение подрельсовых подкладок;
- нехватка рельсов с одинаковым износом;
- просадки в стыках;
- противощерстная горизонтальная ступенька в рельсовом стыке выше нормативной;
- выработка металла и неплотное прилегание стыковых накладок.

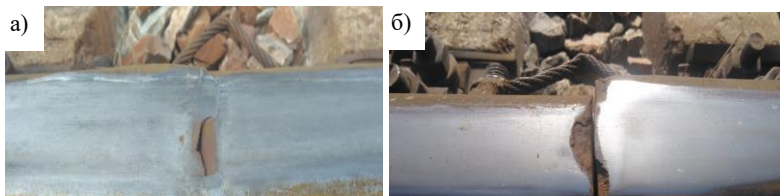


Рисунок 1 – Дефекты в рельсовых стыках:  
а – наплыв в стыке; б – выкрашивание торца рельса

Для поддержания рельсов в рабочем состоянии прежде всего используются все возможности шлифования с целью удаления наплывов металла, неровностей, «точечных» поверхностных дефектов. При достижении определенной величины выкрашивания возникает необходимость в продлении срока службы рельса, например, за счет наплавки. В Оршанской дистанции пути наплавка выполняется по технологии «ESBA» (Швеция), при этом увеличиваются эксплуатационные затраты на содержание рельсов (рисунок 2).

Вариантом снижения затрат труда на содержание рельсов являются мероприятия, которые позволят устранять дефекты, не прибегая к наплавке. Для этой цели в дистанциях пути имеются рельсошлифовальные машины, однако их применение увеличивает трудовые затраты, так как их подготовка требует проведения дополнительных подготовительных работ.

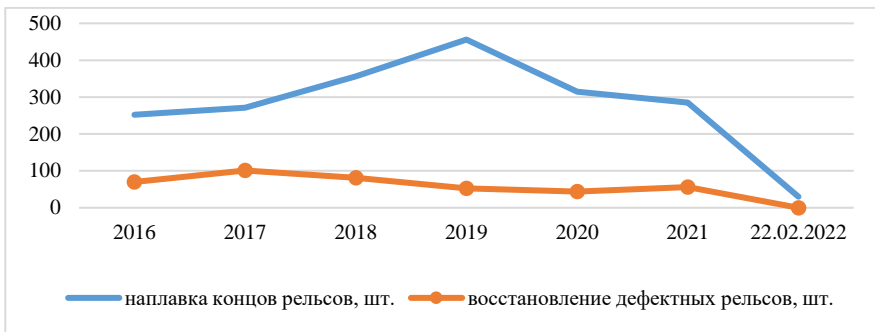


Рисунок 2 – Деятельность участка по восстановлению элементов верхнего строения пути Оршанской дистанции пути за период 2016–2022 г.

Аналогичным мероприятием, но без дополнительных непроизводительных работ, является шлифовка ручным станком УШМ. Подобные работы на протяжении трех лет проводятся на участке Коханово – Орша – Красное. При проведении анализа обнаружения дефектных рельсов на данном участке наблюдается снижение выхода дефектных рельсов с 21 шт. в 2018 году до 9 шт. в 2020 году.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 СТП 09150.56.010–2005. Текущее содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ : утв. приказом Нач. Бел. ж. д. от 29.06.2006 №221Н. – Минск, 2006. – 284 с.

УДК 625.172

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА ОСНОВАНИИ ДАННЫХ СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ РЕЛЬСОВ

*В. Д. МАКАРЕВИЧ* (магистрант), *С. А. ЗЕЛЕНЬ* (ЗСс-61)

Научный руководитель – ст. преп. *В. В. РОМАНЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Неразрушающий контроль рельсов и металлических частей стрелочных переводов наиболее эффективное, а иногда и единственно возможное средство предупреждения и предотвращения нарушения безопасности движения поездов, причинами которого являются внешние и внутренние дефекты металла. Все основные средства неразрушающего контроля рельсов являются



средствами фиксации подробной информации об их состоянии, систематически собираемой в соответствии с графиком диагностики.

С 2019 года на Белорусской железной дороге эксплуатируется вагон-дефектоскоп серии ВД-УМТ-2, предназначенный для комплексной диагностики объектов железнодорожной инфраструктуры ультразвуковым, магнитным, визуально-измерительным и оптическим методами неразрушающего контроля.

Вагон ВД-УМТ предназначен для выявления дефектов рельсов, а также для контроля и оценки дополнительных параметров геометрии рельсовой колеи главных и приемоотправочных путей под нагрузкой с сопутствующим видеонаблюдением состояния объектов инфраструктуры. Для выполнения поставленных задач вагон оборудован многоканальным дефектоскопом «ЭХО-КОМПЛЕКС-2», бесконтактной системой измерения профиля рельсов «СОКОЛ-2» и системой визуально-измерительного обнаружения дефектов рельсов «СВОД-2» (рисунок 1). Данные, полученные в результате работы системы, обрабатываются в программном обеспечении «ИНТЕГРАЛ», которое после обработки данных обеспечивает визуализацию и регистрацию геометрических параметров рельсов и рельсовой колеи.



Рисунок 1 – Дефектоскопная тележка вагона ВД-УМТ

Автоматическое составление отчетов позволяет повысить оперативность и достоверность диагностики рельсов и элементов стрелочных переводов, что в свою очередь положительно сказывается на безопасности движения поездов [1]. Анализ и мониторинг полученных данных позволяют не только фиксировать дефекты и отказы, но и прогнозировать предотказные состояния рельсов, а при необходимости планировать путеремонтные работы от шлифования, репрофилирования, наплавки до полной замены.

За последние два года с помощью средств неразрушающего контроля на дороге было выявлено 4829 дефектных элементов, а именно 2812 рельсов в 2020 году и 2017 рельсов в 2021 году. 1802 острodefектных рельсов и 86 острodefектных элементов стрелочных переводов обнаружено в главных путях, и, соответственно, 120 рельсов и 9 элементов в приемоотправочных. Кроме острodefектных взято на учет 8668 и 8929 дефектных рельсов соответственно в 2020 и 2021 годах.

Для успешного прогнозирования обеспечения безопасности движения поездов в части эксплуатации рельсов необходима оперативная информация, особенно по выявлению острodefектных рельсов, которые при обнаружении требуют немедленной замены. Зачастую появление острого дефекта можно предупредить с применением дополнительных своевременных ремонтных операций [2].

Своевременное выявление дефектов средствами неразрушающего контроля позволило предупредить развитие острых дефектов за счет восстановления рельсов наплавочными комплексами и аллюминотермитной наплавкой. Таким образом, в 2020 и 2021 годах было наплавлено соответственно 2634 и 2350 концов рельсов, 562 и 644 крестовины и 856 и 985 дефектов, аллюминотермитной наплавкой устранено 212 дефектов.

В 2022 году планируется восстановить наплавочным комплексом 2300 концов рельсов, 1400 дефектных рельсов, 450 крестовин, а также устранить аллюминотермитной наплавкой 1900 дефектов в плетях бесстыкового пути.

Широкое применение средств неразрушающего контроля и своевременное принятие мер для повышения срока службы рельсов позволило снизить количество эксплуатируемых дефектных рельсов и металлических частей стрелочных переводов, эксплуатируемых в главных и приемоотправочных путях, за 2021 год на 3028 шт., при этом на 01.01.2022 года их количество составляет 11010 шт. (на 01.01.2020 года 14038 шт.).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **СТП 09150.56.010–2005.** Текущее содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ : утв. приказом Нач. Бел. ж. д. от 29.06.2006 №221Н. – Минск, 2006. – 284 с.

2 **Матвеев, В. И.** Повышение эксплуатационной безопасности железнодорожных рельсов на дороге / В. И. Матвеев // Актуальные вопросы машиноведения. – 2017. – № 6. – С. 249–255.

УДК 691.32

### **ТЕХНОГЕННАЯ ВОЛОКНИСТАЯ ДОБАВКА ДЛЯ ДОРОЖНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОНА**

*Н. А. МОЛОЧКО (С-32)*

*Научный руководитель – ст. преп. Д. Ю. АЛЕКСАНДРОВ  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Цементобетонные покрытия автомобильных дорог способны сохранять высокие транспортно-эксплуатационные свойства на протяжении 50 лет. Это

достигается комплексом решений, реализуемых на этапах проектирования, строительства и эксплуатации как дорожной одежды, так и дорожной конструкции в целом. Основной задачей на этапе конструирования жесткой дорожной одежды является обеспечение устойчивости, надежности и долговечности основания под монолитной бетонной плитой [1]. Любое из оснований (цементогрунтовое, из тощего бетона, из зернистых материалов), кроме асфальтобетонного, неизбежно видоизменяется в районе деформационных швов. При их разгерметизации вода попадает под плиты и в основание. Из-за динамических ударов по переувлажненному основанию происходит его разрушение, возникают пустоты под краями плит. Впоследствии происходит смещение соседних плит по высоте и появление трещин. Уступы влияют на ровность (следовательно, и на скоростной режим, затраты перевозочного процесса, аварийность), а трещины приводят к быстрой деградации всей дорожной одежды. Трещины являются следствием недостаточной прочности на изгиб дорожного цементобетона и могут также возникать при действии градиента температур.

Дорожный цементобетон – материал кристаллизационной структуры. Связи между его элементами постоянны. В отличие от структуры асфальтобетона структура цементобетона под действием транспортной нагрузки практически не деформируется. Возможно истирание поверхностного слоя, интенсивность которого зависит от сочетания способов борьбы с зимней скользкостью с характеристиками шин и массой автопоездов. Однако самым значительным недостатком материалов кристаллизационной структуры является низкая прочность на изгиб.

Для повышения прочности на изгиб в бетон вводится арматура. Дорожные полностью армированные покрытия находят свое применение на сегодняшний день в США, странах Европы и Азии при условии высокой интенсивности движения. В условиях Республики Беларусь сплошное армирование является экономически нецелесообразным, так как приводит к значительному увеличению стоимости строительства и не обосновано с точки зрения параметров потенциальных транспортных потоков.

Принцип армирования в то же время можно воплотить в жизнь и на микроуровне за счет введения дисперсной микроарматуры [2]. Равномерно насыщая цементный раствор на этапе его приготовления дисперсным волокном по всему объему, можно получить в затвердевшем цементном камне ориентированные в различных направлениях волокна микроарматуры. За счет такого расположения повышается прочность не только на изгиб, но и на сжатие. Причем повышение прочностных показателей возможно лишь при введении высокомолекулярных волокон (стекловолокна, базальтового волокна, углеродного и пр.).

Дисперсное волокно для бетонов можно получать из двух источников:

- целенаправленное производство микроволокон с контролируемыми характеристиками;
- использование волокнистых отходов производств.

При наличии ресурсов первый путь предпочтительней, так как свойствами волокна можно управлять. Важное значение имеют диаметр волокна, его длина, химический состав и активные функциональные соединения на поверхности. Последние ответ за адгезию к вяжущему. Подобное производственное предприятие может существовать только при наличии постоянных и разнообразных потребителей продукции.

Второй способ на современном этапе развития выглядит более предпочтительным, так как приводит к снижению уровня загрязнения окружающей среды и не требует капитальных вложений в строительство специализированных предприятий. Однако техногенные отходы необходимо постоянно исследовать, а также подготавливать к использованию. Чаще всего подобные отходы смешаны с другими побочными отходами этого же производства. Подготовка включает очистку и при необходимости активацию поверхности. Цель активации – создание защитного (например, для защиты от коррозии) поверхностного слоя или слоя, способного к активному взаимодействию с вяжущим.

Целесообразны химические способы активации дисперсных волокон и способ газификации. Химическая активация предполагает выдерживание или кипячение волокон в растворах, а способ газификации – обработку в газовом потоке от сжигания или кипячения различных материалов. Наиболее научной задачей становится в данном случае подбор раствора или материала, а также установление оптимальных температурных режимов процесса.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Яромко, В. Н.** Проблемы строительства цементобетонных покрытий в современных условиях / В. Н. Яромко // Автомобильные дороги и мосты. – Минск : БелдорНИИ, 2014. – № 1. – С. 5–10.

2 **Рабинович, Ф. Н.** Дисперсно армированные бетоны / Ф. Н. Рабинович. – М. : Стройиздат, 1989. – 174 с.

УДК 691.32

## ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ДОРОЖНОМУ ЦЕМЕНТОБЕТОНУ

*Н. А. МОЛОЧКО (С-32)*

Научный руководитель – ст. преп. *Д. Ю. АЛЕКСАНДРОВ*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Основные требования к дорожному цементобетону установлены техническим стандартом Беларуси [1]. Ввиду того, что в большинстве случаев цементобетонное покрытие устраивается в один слой плитой толщиной 16–24 см, к бетону покрытия предъявляются требования, отражающие его характер взаи-

модействия и с окружающей средой, и с транспортным потоком. Однако условия работы бетона по толщине плиты различаются. Верхняя часть плиты подвергается коррозионному воздействию, градиенту температур в летнее и зимнее время, истирающей нагрузке от колес транспортных средств и пр. Нижняя часть плиты выполняет в основном несущие функции. В Беларуси при строительстве участка дороги М-14 была реализована прогрессивная технология строительства покрытия по методу сращивания. Устройство цементбетонного покрытия по методу сращивания производится двумя бетоноукладчиками в следующей технологической последовательности: подача смеси к рабочим органам первого бетоноукладчика, распределение и виброуплотнение смеси нижнего слоя, установка стержней деформационных швов, подача смеси к рабочим органам второго бетоноукладчика, распределение и виброуплотнение смеси верхнего слоя, предварительная отделка.

Метод сращивания позволяет использовать бетоны различного состава для устройства нижнего и верхнего слоя. С одной стороны, это позволяет снизить затраты на строительство за счет использования более дешевого бетона для нижнего слоя, так как он не взаимодействует напрямую с транспортной нагрузкой и погодно-климатическими факторами, а значит и требования к нему не должны быть столь высоки. С другой стороны, этот метод позволяет внести изменения в технические стандарты и пересмотреть требования к дорожным бетонам с точки зрения их фактических условий работы в конструкции.

К верхнему слою целесообразно предъявлять следующие основные требования:

- прочность на сжатие;
- коррозионная стойкость;
- водонасыщение;
- трещиностойкость;
- износостойкость и др.

Прочность бетона на сжатие является основной его характеристикой и позволяет оценить долговечность материала. Коррозионная стойкость и водонасыщение связаны между собой. Чем больше в бетоне капилляров и пор, тем выше его водонасыщение. Возрастают риски коррозии, связанной с расширением воды при замерзании в порах, или образования новых соединений, превышающих объем пор. Трещиностойкость в данном случае рассматривается с точки зрения сохранения целостности слоя именно при перепадах температур. Причем важен градиент температур по толщине слоя за единицу времени, а не равномерное изменение температуры по всему объему. Износостойкость определяет постоянство сцепных качеств и периодичность нанесения кольматирующих составов, которые предназначены для снижения водонасыщения поверхностного слоя путем закрытия пор и капилляров.

К нижнему слою целесообразно предъявлять следующие основные требования:

- прочность на сжатие;
- прочность на изгиб и др.

Прочность бетона на сжатие необходимо оценивать независимо от расположения слоя бетона по толщине плиты, так как это основной показатель структурной прочности. Максимум растягивающих напряжений приходится на подошву плиты. Поэтому для слоя, работающего в том числе и на изгиб, контроль соответствующего прочностного показателя имеет важное значение. Для повышения прочности на изгиб возможно дисперсное армирование бетона.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 СТБ 2221–2020. Бетоны конструкционные тяжелые для транспортного и гидротехнического строительства. Технические условия = Бетоны канструкцыйныя цяжкія для транспартнага і гідратэхнічнага будаўніцтва. Тэхнічныя ўмовы. – Взамен СТБ 2221–2011; введ. 2021–04–01. – Минск : Госстандарт, 2020. – 23 с.

УДК 69.058

## ОБСЛЕДОВАНИЕ НАБЕРЕЖНОЙ РЕКИ СОЖ г. ГОМЕЛЯ ГЕОРАДАРМ ОКО-2

*М. С. МОСКАЛЕВ, Д. И. ПЕТРОВ*

Научный руководитель – преп. *Г. Г. МОРОЗОВА*

*Филиал «Гомельский государственный дорожно-строительный колледж им. Ленинского комсомола Белоруссии» учреждения образования «Республиканский институт профессионального образования», Республика Беларусь*

На исследуемом участке, прилегающем к набережной реки Сож со стороны речного порта в лесопарковой зоне, местами просело асфальтобетонное покрытие, появились трещины и неровности.

Обследование проводилось для определения причин разрушения асфальтобетонного покрытия дорожек. В работе рассмотрены участки с ярко выраженными дефектами. Видимые из них определялись промерами.

Обследование дефектных участков проводилось электромагнитными методами неразрушающего контроля с применением георадара ОКО-2 с антенным блоком АБ-1200. Была проведена топографическая съемка электронным тахеометром Trimble M3 RD5 с последующим построением топографического плана.

Наиболее важными параметрами, характеризующими возможности применения метода георадиолокации в различных средах, являются удельное затухание и скорость распространения электромагнитных волн в среде, которые определяются ее электрическими свойствами.

Работа радиолокационного прибора поверхностного зондирования основана на использовании классических принципов радиолокации. Передающей антенной прибора излучаются сверхкороткие электромагнитные импульсы для определения глубины заложения грунтов, их размыва, дефектов покрытия.

Выбор длительности импульса определяется необходимой глубиной зондирования и разрешающей способностью прибора. Для формирования зондирующих импульсов используется возбуждение широкополосной передающей антенны перепадом напряжения.

Максимальная амплитуда сигнала георадара ОКО-2, как правило, проявляется на границе грунтовых вод, которая будет хорошо читаться на радарограммах. По времени прохождения сигнала и определенной предварительной мощности слоя можно определить глубину расположения корневой системы деревьев.

Трассы от 50 до 250 метров для прохождения георадара ОКО-2 были проложены на деформированных участках дорожек до начала обследования. Продольные были разбиты через 1 метр, а поперечные – через 0,5 метра.

Запись радарограмм проводилась при ручной буксировке антенного блока. С помощью меток фиксировались участки с дефектами, а информация отображалась на блоке обработки управления в реальном времени.

По результатам георадарных работ были получены достаточно хорошо читаемые волновые радарограммы по каждому из выявленных дефектов. Предобработка, обработка и интерпретация записанных файлов выполнялись в программе «GeoScan32». Результаты этих работ позволили получить качественные (внутренние и внешние дефекты покрытия, нарушение сплошности грунтов основания) и количественные (месторасположение корневых систем и подземных коммуникаций) оценки состояния покрытия и грунтов геологического разреза.

Как показали результаты обследований, глубина залегания корней на исследуемых участках изменяется в пределах от 0,16 до 0,57 метра от верха покрытия дорожек. Общая толщина конструкции дорожной одежды составила 0,13 метра. Грунты представлены песками мелкими.

УДК 625.143.482

## **ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПО УКЛАДКЕ СВЕРХДЛИННЫХ РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ**

*М. Л. НАУМЕНКО* (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *В. И. ИНИУТИН*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Опыт эксплуатации бесстыкового пути выявил не только высокую технико-экономическую эффективность, но и «слабое» место прогрессивной кон-

струкции, которым является уравнильный пролёт. В его зоне из-за рельсовых стыков наблюдается более высокое по сравнению со средней частью плети динамическое воздействие подвижного состава на путь, быстрее возникают расстройств, интенсивнее накапливаются остаточные деформации. Всё это резко увеличивает затраты на текущее содержание уравнильных пролётов. Для повышения эффективности бесстыкового пути необходимо сокращать количество уравнильных пролётов и увеличивать длину рельсовых плетей до длины блок-участка, одного или нескольких перегонов.

Разработан технологический процесс укладки сверхдлинных рельсовых плетей с помощью комплекса КПУ-4,8, который предназначен для перевозки длинномерных (800 метров) рельсовых плетей от технологических линий РСП к месту укладки бесстыкового пути, сварки рельсовых плетей до блок-участка и более, укладки их в путь на подкладки с заменой инвентарных рельсов. Комплекс КПУ-4,8 включает в себя:

- спецсостав для перевозки и укладки сварных плетей;
- передвижную рельсосварочную машину, обеспечивающую сварку плетей и термообработку сварных стыков на спецсоставе и в пути;
- машину для нагрева рельсовых плетей в целях их принудительного ввода в оптимальную температуру закрепления с помощью индукционного нагрева их токами высокой частоты при укладке в путь.

Работа комплекса КПУ-4,8 производится в следующей последовательности. На начальные концы плетей надевают направляющие лыжи, тросы присоединяют к ним и начинают медленное натягивание тросов и стаскивание начальной пары рельсовых плетей со скоростью не более 0,5 км/ч. После того как концы рельсовых плетей опущены на ось пути, на длине 80–100 м спецсостав останавливается, тросы отсоединяются от начальных концов первой пары плетей и убираются на обочину.

Когда концевые концы первой пары укладываемых плетей переместятся на платформу со сварочным постом под технологическое оборудование сварочной машины, спецсостав с ПРСМ-6 останавливается. Начальные концы второй пары плетей при помощи подтягивающего устройства перемещаются на платформу со сварочным постом к концевым концам первой пары плетей. Технологическим оборудованием машины ПРСМ-6 стыки свариваются между первой и второй парой укладываемых плетей, проходят термообработку и далее шлифуются. Время остывания стыков принимаем 15 мин. Дефектоскопист ультразвуковым аппаратом проверяет качество сварки. Далее спецсостав с ПРСМ-6 возобновляет движение. В том же порядке производят работы по выгрузке и сварке следующих участков длинномерных пар рельсовых плетей. После создания задельного участка по выгрузке длинномерных рельсовых плетей на ось пути, к начальному месту укладки длинномерных плетей на подкладки переезжает машина для нагрева рельсовых плетей.



Далее вновь укладываемые длинномерные плети заправляются в установку комплекта индукторов нагревательного модуля. Машина для нагрева рельсовых плетей со скоростью до 1 км/ч начинает двигаться в сторону сменяемых инвентарных рельсов. Происходит сдвижка инвентарных рельсов внутрь колеи и укладка новых плетей на подкладки.

После укладки в путь и закрепления шестой (конечной) пары плетей работы по укладке длинномерных плетей с приведением их в оптимальную температуру закрепления при помощи плетееукладочного комплекса КПУ-4,8 заканчиваются. Количество уложенных сверхдлинных плетей приведено в таблице 1.

*Таблица 1 – Количество уложенных сверхдлинных рельсовых плетей на Минской дистанции пути*

Длина плети, км	2	2,5	3,0	3,5	4,5	5	6	7,5	20
Количество плетей, шт.	6	12	8	2	2	6	2	4	4

Разработанная технология по укладке сверхдлинных плетей с использованием комплекта КПУ-4,8 рекомендуется для широкого использования на Белорусской железной дороге.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Новакович, В. И.** Бесстыковой путь со сверхдлинными рельсовыми плетями : учеб. пособие / В. И. Новакович. – Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2001. – 92 с.
- 2 Перспективная технология восстановительного ремонта пути на новых материалах / М. Л. Науменко [и др.] // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25–26 ноября 2021 г. / Белорус. гос. ун-т. трансп. ; редкол. : Ю. И. Кулаженко (отв. ред.) [и др.]. – Гомель, 2021. – С. 291–293.

УДК 625.032.3

## ВЛИЯНИЕ СТЫКОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРНУЮ РАБОТУ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ

*М. Л. НАУМЕНКО* (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *В. И. ИНИУТИН*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Бесстыковой путь стал основной конструкцией железнодорожного пути. В период укладки и закрепления рельсовых плетей следует особое внимание уделить установлению нормативных стыковых зазоров между рельсовыми плетями и уравнительными рельсами.

Обычно устраивают стыковые зазоры более нормативных, что осложняет температурную работу уравнительного пролета в зимнее время, так как стыковые зазоры раскрываются сверх конструктивного значения, вызывая изгиб, а в некоторых случаях срез стыковых болтов или разрыв стыков.

Для анализа температурной работы бесстыкового пути определяем удлинение одного конца плети в момент наступления максимальной температуры по формулам:

$$\lambda_1 = [(\alpha^2 EF)/(2r_{л})](t_{\max} - t_3 - t_R)^2; \quad (1)$$

$$\lambda_2 = [(\alpha^2 EF)/(2r_3)](t_3 - t_{\min} - t_R)^2, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения рельсовой стали;  $E$  – модуль упругости рельсовой стали;  $F$  – площадь поперечного сечения рельса;  $t_3$  – температура закрепления рельсовых плетей;  $r_3, r_{л}$  – величина летнего и зимнего погонного сопротивления;  $t_{\max}, t_{\min}$  – соответственно максимальная и минимальная температура рельсов;  $t_R$  – перепад температуры для преодоления стыкового сопротивления.

Изменение длины конца рельсовой плети, рассчитанное по формулам (1), (2) при прямом ходе температуры, представлено в таблице 1.

**Таблица 1 – Влияние температуры закрепления на продольные деформации при прямом ходе температуры**

$t_x$	Деформации, мм, при стыковом сопротивлении $R$ , кН								
	200			300			400		
	$\lambda_1$	$\lambda_1$	$\sum\lambda_i$	$\lambda_1$	$\lambda_1$	$\sum\lambda_i$	$\lambda_1$	$\lambda_1$	$\sum\lambda_i$
5	31	4,1	35,1	24,1	2,9	27	18	1,8	19,8
10	24,1	5,6	29,7	18	4,1	22,1	12,8	2,9	15,7
15	18	7,3	25,3	12,8	5,6	18,4	8,5	4,1	12,6
20	12,8	9,3	22,1	8,5	7,3	15,8	5,1	5,6	10,7
25	8,5	11,4	19,9	5,1	9,3	14,4	2,5	7,3	9,8
30	5,1	13,8	18,9	2,5	11,4	13,9	0,9	9,3	10,2
35	2,5	16,5	19	0,9	13,8	14,7	0,1	11,4	11,5
40	0,9	19,3	20,2	0,1	16,5	16,6	0	13,8	13,8
45	0,1	22,4	22,5	0	19,3	19,3	0	16,5	16,5
50	0	25,7	25,7	0	22,4	22,4	0	19,3	19,3

Для анализа температурной работы уравнительного пролёта необходимо учитывать температурную работу бесстыкового пути при обратном ходе температур, которая имеет существенное отличие: преодолевается по два стыковых и погонных сопротивления, для чего требуется вдвое больший перепад температур.

Удлинения концов рельсовых плетей определяются по формулам:

$$\lambda_1 = [(\alpha^2 EF)/(4r_{л})](t_{\max} - t_3 - 2t_R)^2; \quad (3)$$

$$\lambda_2 = [(\alpha^2 EF)/(4r_3)](t_3 - t_{\min} - 2t_R)^2. \quad (4)$$

Изменение длины концов рельсовых плетей, рассчитанное по формулам (3), (4) при обратном ходе температуры, представлено в таблице 2.

**Таблица 2 – Влияние температуры закрепления на продольные деформации при обратном ходе температуры**

$t_x$	Деформации, мм, при стыковом сопротивлении $R$ , кН								
	200			300			400		
	$\lambda_1$	$\lambda_1$	$\sum \lambda_i$	$\lambda_1$	$\lambda_1$	$\sum \lambda_i$	$\lambda_1$	$\lambda_1$	$\sum \lambda_i$
5	9	0,9	9,9	4,3	0,2	4,5	1,3	0	1,3
10	6,4	1,4	7,8	2,5	0,5	3	0,4	0,1	0,5
15	4,3	2,1	6,4	1,3	0,9	2,2	0	0,2	0,2
20	2,5	2,8	5,3	0,4	1,5	1,8	0	0,5	0,5
25	1,3	3,7	5	0	2,1	2,1	0	0,9	0,9
30	0,4	4,6	5	0	2,8	2,8	0	1,4	1,4
35	0	5,7	5,7	0	3,7	3,7	0	2,1	2,1
40	0	6,9	6,9	0	4,6	4,6	0	2,8	2,8
45	0	8,2	8,2	0	5,7	5,7	0	3,7	3,7
50	0	9,7	9,7	0	6,9	6,9	0	4,6	4,6

Следовательно, для широкой укладки и закрепления рельсовых плетей в оптимальном интервале температур для Гомельской дистанции пути в случае закрепления рельсовых плетей при температуре +29 °С следует устанавливать стыковые зазоры до 10 мм, а в случае +39 °С – нулевые стыковые зазоры до 5 мм.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Новакович, В. И.** Изменение продольных сил и перемещение рельсовых плетей в процессе длительной эксплуатации / В. И. Новакович // Вестник ВНИИЖТа. – 1977. – № 5. – С. 44–49.

2 **Матвеев, В. И.** Температурная работа железнодорожного пути : в 2 ч. Ч. 1 / В. И. Матвеев. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 166 с.

## ПУТИ СНИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ШУМА НА АВТОМАГИСТРАЛЯХ

*А. С. НЕВЕРДАСОВ, А. В. ЕМЕЛЬЯНЕНКО (СА-31)*

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *Г. В. АХРАМЕНКО*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Среди всех видов транспорта автомобильный наносит наибольший ущерб окружающей среде, вред всему живому и неживому, загрязняя воздух токсичными компонентами [1].

Наиболее значимые факторы отрицательного влияния автомобильного транспорта на человека и окружающую среду следующие: загрязнение воздуха, загрязнение окружающей среды опасными веществами, шум, вибрация, выделение тепла (рассеяние энергии). Шум от транспортных потоков достигает 70–90 дБ, что может вызывать у горожан различные заболевания.

На уровень шума влияет ряд факторов, как интенсивность и скорость транспортного потока, состав транспортного потока, тип двигателя, тип и качество дорожного покрытия, планировочные решения территорий, наличие зеленых насаждений.

В настоящее время в европейских странах используются два метода создания шумопоглощающих цементобетонных покрытий: текстурирование поверхностного слоя путем обнажения заполнителя и применение крупнопористого (дренирующего) цементобетона. Он представляет собой материал с высокой открытой пористостью, которая обеспечивает хорошие шумопоглощающие свойства и дренирующую способность в сочетании с шероховатостью, ровностью и поперечным трением. Достоинства покрытий из пористого цементобетона, по данным зарубежных исследований, следующие: быстрое удаление воды с поверхности покрытия в случае дождя и улучшение дренажа дорожной одежды; повышенная и устойчивая шероховатость поверхности; снижение уровня шума от движения автомобилей [2].

Распространение шума от движения транспортных средств происходит, в основном, от двух источников: шума качения колес автомобиля по покрытию дороги и шума привода автомобиля. Шум качения при скорости более 50 км/ч доминирует, и он может быть уменьшен путем оптимизации текстуры поверхности или создания «тихих» шин. Возникновение шума качения можно рассмотреть с разных сторон. С одной стороны, мегашероховатость дорожной поверхности, которая ведет к низкочастотным колебаниям шин, к дребезжанию, с другой стороны, при очень малых макро- и мегашероховатостях воздуха в опорной площади шины сжимается и исчезает при прокатывании (выплески воздуха). От этого возникают высокочастотные колебания, свист и шипение. Расстояние между этими точками должно составлять менее 10 мм, между

ними должны быть узкие каналы, чтобы обеспечить утечку воздуха. Кроме того, дополнительные пустоты в дорожной поверхности вследствие звукопоглощающего воздействия могут ослаблять распространение шума от привода и качения и предотвращать сжатие воздуха в опорной поверхности шины.

Пористая цементобетонная поверхность обладает текстурой «плоскость с выступами». Более того, пористый цементобетон частично абсорбирует шум от движения колес автомобиля по проезжей части дороги, таким образом обеспечивая в большей степени снижение шума по сравнению с плотным цементобетоном.

Таким образом, дренарующий и шумопоглощающий пористый цементобетон разработан на экологической основе в качестве современного инновационного дорожного покрытия. Он выполняет в полном объеме основные современные требования к конструкции дорожной одежды и технологии строительства, которыми являются [3]:

- снижение уровня шума (на 3–5 дБ) и абсорбция звука;
- высокая безопасность движения на влажной и сухой поверхности;
- эффективная структура поверхности покрытий всех типов;
- рациональный, экономичный и экологичный способ строительства;
- стоимость строительства слоя из пористого цементобетона толщиной 40 мм (без учета стоимости содержания по очистке его поверхности) должна быть приблизительно в 1,4 раза ниже стоимости слоя из плотного цементобетона.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Подгорнова, Н. А.** Экологические проблемы автомобильного транспорта и пути решения / Н. А. Подгорнова // Молодой ученый. – 2016. – № 22.2 (126.2). – С. 48–50.

2 **Ильина, А. А.** Дренарующий асфальтобетон и его работоспособность в системе поверхностного водоотвода с автомобильных дорог // Автомоб. дороги: Науч.-техн. информ. сб. – М. : ГП «Информавтодор», 2002. – № 3. – С. 41–47.

3 **Коршунов, В. И.** Пористый цементобетон для дорожных покрытий и оснований / В. И. Коршунов // Научные исследования и разработки СоюздорНИИ: Юбил. вып. – М., 2001. – С. 140–143.

УДК 625.1

### УВЕЛИЧЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА УЧАСТКЕ ГОМЕЛЬ – ВАСИЛЕВИЧИ

*Е. В. НИКИТИН* (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *П. В. КОВТУН*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В современных экономических реалиях для повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта и выполнения требований клиентов

по сокращению времени нахождения в пути как грузов, так и пассажиров необходимо выполнение ряда организационных и технических мероприятий.

Выполнение технических мероприятий в путевом хозяйстве возможно следующими подходами:

- применение передовых конструкций и элементов железнодорожного пути;
- путевое развитие станций, развитие входных-выходных горловин станции;
- использование двухпутных вставок на перегоне для безостановочного скрещения поездов.

В ходе мониторинга технических характеристик верхнего строения железнодорожного пути участка Гомель – Василевичи были установлены причины снижения скоростей движения поездов вплоть до 40 км/ч, что отрицательно влияет на время нахождения поезда в пути. Такими местами стали четная и нечетная горловины станции Гомель и Центролит, нечетная горловина станции Прибор и четная горловина станции Якимовка и Ребуса. Для устранения этих барьерных мест наиболее перспективным техническим мероприятием, с нашей точки зрения, является применение в пути одиночного обыкновенного стрелочного перевода марки 1/18. Применение таких стрелочных переводов позволит повысить скорость движения поездов до 80 км/ч.

Как известно, электрификация Белорусской железной дороги направлена на увеличение провозной и пропускной способности железной дороги. Одним из этапов электрификации Гомельского отделения Белорусской железной дороги является электрификация участка Гомель – Калинковичи. Также надо учесть, что реализация мероприятия по укладке стрелочных переводов марки типа 1/18 будет наиболее эффективна до проведения работ по электрификации рассматриваемого направления.

В ходе проведения более углубленного анализа экспликации стрелочных переводов, уложенных на станциях Гомель, Центролит, Прибор, Якимовка, Сенозавод, Речица, Ребуса, Демехи, Лиски, Бабичи и Василевичи, было установлено, что в главном ходу эксплуатируются обыкновенные стрелочные переводы проектов 1740, 2433, 2768, 53103. Согласно главе 6 «Нормы допускаемых скоростей движения по стрелочным переводам» приказа от 29 сентября 2020 года №763НЗ «Нормам допускаемых скоростей движения подвижного состава по железнодорожным путям колеи 1520 (1524) и 1435 мм на Белорусской железной дороге», конструкционная скорость по прямому направлению выше указанных стрелочных переводов составляет 140 км/ч, а на боковой – 50 км/ч.

Повышение скоростей движения до 50 км/ч на барьерных местах четной горловины станции Центролит, нечетной горловины станции Прибор, четной горловины станции Якимовка и Ребуса возможно без финансовых вложений. Также повышение скоростей до 50 км/ч можно выполнить на всех стрелочных переводах и приёмно-отправочных путях станций, где осуществляется безостановочный пропуск поездов, не только по направлению Гомель – Калинковичи, но и повсеместно на Белорусской железной дороге.

Однако для реализации мероприятия по повышению скоростей движения необходимо устранить разночтение п. 90 главы 4 «Движение поездов» Правил технической эксплуатации железной дороги в Республике Беларусь, в котором говорится, что скорость движения на боковые железнодорожные пути по стрелочным переводам с крестовиной марки 1/11 и круче должна быть не более 40 км/ч, а далее по тексту, по переводам из рельсов типа Р65 с крестовиной марки 1/11 – не более 50 км/ч.

Внедрение такого технического мероприятия не требует капиталовложений.

УДК 625.1

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СОДЕРЖАНИЮ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ ПРИ СНИЖЕНИИ ГРУЗОНАПРЯЖЕННОСТИ**

*Е. В. НИКИТИН* (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *П. В. КОВТУН*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Верхнее строение железнодорожного пути – это самая затратная и самая материалоемкая часть инфраструктуры железнодорожного транспорта не только в Республике Беларусь, но и во всем мире. В последние годы показатели грузоперевозок железнодорожным транспортом снизились как в международных, так и в транзитных перевозках через нашу страну. Такое положение поставило острый вопрос о сокращении затрат на содержание железнодорожного пути.

Проблему сокращения финансовых затрат на верхнее строение пути и снижения затрат на текущее содержание пути можно решить через выполнение технических мероприятий, таких как применение передовых конструкций и элементов железнодорожного пути при безусловном соблюдении безопасности движения поездов.

Хочется отдельно отметить, что в последнее время начали рассматривать вопрос о надобности вторых главных путей на перегонах. В частности по Гомельской дистанции пути – перегон Прибор – Якимовка. Однако демонтаж таких путей, на наш взгляд, не устранил необходимость содержания земляного полотна в полном объеме, а в некоторых случаях может и отрицательно сказаться на безопасности движения поездов в связи с появлением несанкционированных автодорог на месте второго главного пути.

Рассматривая элементы верхнего строения пути в части ведения рельсового хозяйства, стоит обратить внимание на опыт стран Европы и Японию, где не применяют рельсы массой более 60 кг/м. В энциклопедии «Железнодорожный транспорт» приведены цифры по выходу рельсов по контактноусталостным дефектам.

Так, для рельсов типа Р50 выход составляет 75 %, для рельсов типа Р65 – 80 %, а для Р75 – 94 %. По всем основным качественным показателям – устойчивость, прочность, деформативность, надежность – оптимальная погонная масса рельсов должна находиться в пределах 54–60 кг/м.

Российским железнодорожникам была предложена и на отдельных участках уже используется облегченная железобетонная шпала, которая в средней своей части имеет выступ нижней опорной постели.

Эксперименты, проведенные на действующем участке пути и под воздействием динамических нагрузок от поездов, при реальных по величине силах, действующих на шпалу, показали, что она подвержена сдвигу в два раза медленнее, чем стандартная. При этом такая шпала, по сравнению со стандартной шпалой КБ, имеет массу меньше примерно на 90 кг и меньше арматуры примерно на 18 %.

Эффективность работы шпалы зависит не только от работы рельсов, но и от работы промежуточных скреплений, которые не должны допустить самую опасную деформацию для железнодорожного пути – угон. Для недопущения угона необходимо, чтобы рельсы промежуточными скреплениями были прижаты к шпалам силой не менее 3 кН на каждом ее конце. Также основным требованием к промежуточному скреплению является снижение его материалоемкости. Так, скрепление КБ в одном узле содержит 21 элемент (вес – 11,4 кг), скрепление СБЗ – 7 элементов (вес – 4 кг), скрепление Vosslo – 7 элементов (вес – 2,7 кг).

Бесстыковой путь по сравнению со звеньевым выводит состояние конструкции верхнего строения на новый, более высокий технический уровень.

С реализацией такого технического мероприятия как переход на микропроцессорную централизацию возможна укладка и эксплуатация плетей не только длиной в перегон, но и на направление.

УДК 625.11

## **УЧЕТ ДЛИНЫ ПОЕЗДА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЯГОВЫХ РАСЧЕТОВ**

*С. В. ОРЕШКО (ЗСс-61), Д. С. ВОРОНЬКО, П. С. МАЗЫНСКИЙ (СП-51)*

*Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. Н. В. ДОВГЕЛЮК*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

При проектировании железных дорог используются результаты выполнения тяговых расчетов, основанные на изучении сил, действующих на поезд, условий движения поезда под действием приложенных сил и методах реше-



ния ряда практических задач (определение веса грузового поезда при известном продольном профиле и заданном локомотиве, проверка его на трогание с места, определение скоростей движения и времени хода поезда, решение тормозных задач, определение расхода электроэнергии электровозами и топлива тепловозами, определение механической работы силы тяги локомотива и работы сил сопротивления и др.).

Специфика тяговых расчетов при проектировании железных дорог состоит в том, что в них основное внимание уделяется выбору проектного решения, в отличие от курса тяги поездов, где рассматриваются вопросы устройства и конструкции поездов.

Многие задачи проектирования железных дорог решаются на основе измерителей тяговых расчетов. При решении задач за расчетную модель поезда принята материальная точка, в которой сосредоточена вся масса поезда и приложена она в середине поезда. При необходимости получения более точного результата учитывается длина поезда.

Рассмотрим пример определения межпоездного интервала при пакетном графике движения поездов с учетом длины поезда.

Сокращение интервала между поездами до определенных пределов при автоблокировке повышает пропускную способность как однопутных, так и особенно грузонапряженных двухпутных линий. Дальнейшее их снижение ограничивает условия движения при понижении скорости и входе поездов на станции. Прибывающий на станцию поезд вынужден заблаговременно снижать скорость движения. При малых межпоездных интервалах увеличение времени хода поезда из-за необходимости снижения скорости или остановки приводит к тому, что следующий за ним поезд снижает скорость уже на большем, чем первый, расстоянии от станции. Такая особенность движения по примыкающим к техническим станциям перегонам требует более частой расстановки проходных светофоров. Расстояние между сигналами должно быть во всех случаях не менее длины тормозного пути.

С целью повышения пропускной способности железной дороги осуществляется: постепенное удлинение главных и приёмootправочных путей на сортировочных, участковых и промежуточных станциях; реконструируются системы станционной электрической сигнализации; претерпевают изменения конструкции рельсовых цепей и изостыков.

Перегонные системы модернизируются только в части элементной базы. Проходные светофоры на перегонах расставлялись исходя из требования ПТЭ о минимальном расстоянии между ними, которое должно быть не меньше тормозного пути и всегда не менее 1000 м. Компоновка перегонов в части разделения на блок-участки осталась неизменной, а ведь при проектировании была заложена определённая расчётом минимальная длина блок-участка. При привязке к реальным условиям перегона, руководствуясь условиями видимости сигналов проходных светофоров из кабины локомотива, движущегося по

правильному пути, длина блок-участков корректировалась в сторону увеличения.

Необходимо обеспечить соблюдение минимального расстояния между последовательно движущимися поездами. Это расстояние формирует величину временного интервала в зависимости от скоростей движения поездов.

Произведённые расчёты для различных норм длины поездов, принимая скорости «убегающего» и «догоняющего» поездов равными и варьируя средними значениями скоростей при фиксированной длине блок-участков, показали, что величина интервала между поездами в пакете находятся в широких пределах. Один из результатов расчёта приведен в таблице 1.

*Таблица 1 – Межпоездные интервалы при длине блок-участка  $l_{\text{бл}} = 1800$  м*

Длина, м		Величина интервала, мин, при ходовой скорости, км/ч					
поезда	блок-участка	20	40	60	80	90	100
833	1800	19	10	7	5	5	4
1029	1800	20	10	7	5	5	4
1225	1800	20	10	7	5	5	4

УДК 625.1

## **МЕТОДИКИ УКРЕПЛЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА: ПЕРСПЕКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ**

*Н. Д. РОЛЬ (СЖД-20140)*

Научный руководитель – канд. экон. наук, доц. *Н. В. ПШЕНИСНОВ*  
*Филиал Самарского государственного университета путей сообщения,*  
*г. Нижний Новгород, Российская Федерация*

Тенденции в развитии скоростей транспорта являются основополагающим фактором развития транспортной логистики и инфраструктуры. Одной из основных проблем увеличения скоростей на железнодорожном транспорте является необходимость в укреплении земляного полотна и создании условий безопасности движения поездов. Балластная призма и земляное полотно отвечают за устойчивость всего пути, отсюда следует необходимость в их укреплении.

Замена грунта или балласта не всегда решает проблемы стабильности пути. Применение безбалластной конструкции пути способствует уменьшению вибрации (пример – Low Vibration Track), но проблему защиты земляного полотна от механических деформаций не может решить. Частичная или полная замена одной конструкции пути на другую ведёт к значительным тратам

(первоначальная стоимость строительства на 150 % больше у безбалластного пути). Отсюда вытекает необходимость укрепления именно земляного полотна, а не изменения конструкции верхнего строения пути.

Геоматериалы стали новым вектором развития в строительстве и производстве. Особенностью данных материалов является уникальная способность взаимодействовать с грунтами. Основной задачей является создание скрепляющего слоя между поверхностью искусственных сооружений и грунтом. Геоматериалы могут состоять как из геотекстиля, так и из природных материалов. Важной особенностью геоматериалов является компактность, они поставляются в сложенном виде, что облегчает транспортную логистику.

На железнодорожном транспорте чаще всего применяется георешётка или геосетка, они служат для укрепления откосов земляного полотна (рисунок 1). Материал был признан во всём мире за простоту укладки и скорость строительства.



Рисунок 1 – Применение георешетки для укрепления откоса земляного полотна железнодорожного пути

По результатам лабораторных исследований, георешётки, сделанные из искусственных материалов, подвержены большей физической деформации, а также такие химические вещества, как соли и различные токсины, применяемые при очистке пути, способствуют их разрушению. Это является причиной выбора натуральных материалов в строительстве железнодорожного пути.

Одним из наиболее распространённых натуральных материалов в строительстве является базальт. Данный минерал можно использовать в качестве материала для георешётки. Причиной для этого служат: прочность созданной структуры, нерастяжимость решётки при применении базальта и устойчивость материала к перепадам температур. Экономически базальт более выгоден, нежели материалы из геотекстиля, также эксплуатационный срок вдвое больше.

Среди методов армирования земляного полотна использование базальта является более актуальной технологией ввиду механических характеристик материала.

Использование базальта активно применяется для земляного полотна автотранспорта, чему есть ряд причин. Благодаря свойствам базальта увеличивается прочность грунта, повышается эффективность дренирования земляного полотна и срок эксплуатации дороги. Исходя из практики применения базальта на автотранспорте, возможны вариации применения базальтовых плит или георешёток для укрепления земляного полотна железнодорожного транспорта.

Другой инновацией в укреплении земляного полотна является закачка под земляное полотно специального скрепляющего раствора (полимерный криогель). Через специальные скважины (рисунок 2) в грунт закачивается криогель, после чего данный раствор быстро застывает (в отличие от песчаных и бетонных растворов, которые подвержены размыву из-за долгого времени застывания).

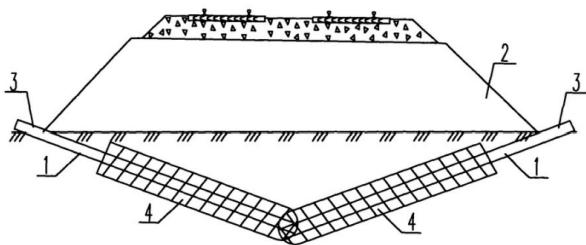


Рисунок 2 – Укрепление земляного полотна с помощью полимерного криогеля:  
1 – скважины; 2 – земляное полотно; 3 – полимерная перфорированная обсадная труба; 4 – укрепленные решеткой из криогеля цилиндры грунта

Криогель состоит на 90 % из воды, до 10 % из поливинилового спирта и 1 % борной кислоты. Укрепляющая конструкция пути с использованием полимерного раствора состоит из двух скважин, через которые происходит заливка материала (они располагаются под углом от 20 до 45 градусов от горизонтали), и полимерных труб, которые служат для первоначального сдерживания и сохранения структуры застывающего раствора. Данная конструкция является опорной структурой, значительно способствующей укреплению земляного полотна.

Георешетки целесообразно применять для усиления откосов земляного полотна в зонах сложного рельефа, когда высота и крутизна насыпи близка к критическим отметкам. Полимерный же криогель в перспективе применим для усиления основания насыпи в зонах со слабыми почвами, на переувлажненных участках, на подходах к мостам и т. д.

Вышеприведенная технология достаточно малоизучена, а ее гипотетические возможности представляют серьезный практический интерес для дальнейшего детального изучения вопросов ее применения в разнообразных условиях возникновения слабости основания земляного полотна железных дорог.

## **ВЛИЯНИЕ ТОРМОЗНОГО ПУТИ ПОЕЗДА НА РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ СИГНАЛАМИ ПРОХОДНЫХ СВЕТОФОРОВ**

*О. И. СЕРКО, М. С. БУРДУКОВА-ДРОЗД* (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *Н. В. ДОВГЕЛЮК*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Величина межпоездного интервала постоянно меняется при следовании по перегону, а т. к. рассчитанное значение закладывается в график движения поездов, то уже на этом этапе долговременного планирования эксплуатационной работы участков закладывается недоиспользование их пропускной способности. В рассмотренных примерах скорости обоих поездов принимаются равными. В реальной поездной обстановке они выравниваются крайне редко, т. к. в любой момент времени поезда находятся на разных участках перегонов, имея при этом различные скоростные режимы.

Повышение пропускной способности грузонапряженных линий возможно за счет сокращения интервала между поездами. Однако при достижении некоторого предела сокращение интервала затруднительно из-за условий движения при понижении скорости и входе поездов на станции. Это требует более частой расстановки светофоров на примыкающих перегонах.

Но даже когда расстановка сигналов блокировки и необходимое снижение скорости не ограничивают прием поездов на станцию, случайные задержки у входного сигнала резко увеличивают потери реальной пропускной способности на всем направлении. Причины таких задержек самые различные: враждебность маршрутов приема и отправления, несвоевременное освобождение путей и др. Наиболее часто остановки поездов вызывает враждебность поездных и маневровых маршрутов. Как показывает анализ, на некоторых станциях по этой причине у входного сигнала останавливается до 30 % поездов. Продолжительность стоянки колеблется от минимальной, когда в момент полной остановки поезда на входном сигнале загорается разрешающий огонь, до 10–15 мин. Задержка одного поезда у входного сигнала на 5 мин вызывает при 6-минутном интервале задержку последующих поездов суммарным временем 20 поездо-мин, а при 10-минутном интервале задержки практически нет.

В настоящее время с целью повышения пропускной способности железной дороги осуществляется: постепенное удлинение главных и приёмоотправочных путей на сортировочных, участковых, промежуточных станциях; реконструкция системы станционной электрической сигнализации; претерпевание изменений конструкции рельсовых цепей и изостыков.

Для безопасности движения поездов по условиям торможения существующая система интервального регулирования обеспечивает главное – исклю-

чает возможность столкновения при следовании в потоке двух последовательно движущихся поездов, что способствует увеличению межпоездного интервала. При разработке требований к системам интервального регулирования следует в первую очередь обеспечить безопасное движение поездов. Для выполнения этого требования необходимо обеспечить соблюдение минимального расстояния между последовательно движущимися поездами. Это расстояние формирует величину временного интервала в зависимости от скоростей движения обоих поездов. Временной интервал описывается непрерывной функцией трёх переменных:

$$I = f(l, V_{уб}, V_{дог}), \quad (1)$$

где  $l$  – расстояние от хвоста «убегающего» и головы «догоняющего» поезда;  $V_{уб}, V_{дог}$  – скорость «убегающего» и «догоняющего» поездов.

При этом для обеспечения безопасного движения необходимо, чтобы  $l > S_m$  ( $S_m$  – минимально допустимое расстояние между хвостом «убегающего» и головой «догоняющего» поезда при безопасном торможении). Выполнение этого условия обеспечивает непрерывность в процессе движения для каждой пары последовательно едущих поездов. Для двухпутного перегона при нормальной работе (при следовании поездов чётного направления по чётному пути, а нечётного – по нечётному) достаточно контроля всего одного параметра –  $S_m$ , который пересчитывается с заданной периодичностью.

УДК 625.11

## **ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАСХОДОВ ПЕРЕХОДА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ТЯГУ**

*О. И. СЕРКО, М. С. БУРДУКОВА-ДРОЗД (магистрант),  
К. С. МАЛАЩЕНКО (СП-41)*

*Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. Н. В. ДОВГЕЛЮК  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Рост значимости железных дорог в экономическом развитии страны определяется их стратегическим ресурсом национальной транспортной системы и конкурентоспособности транспортного комплекса, обеспечения экономической безопасности и обороноспособности, реализации социальной политики государства и дальнейшего повышения деловой активности населения, повышения безопасности дорожного движения, позволяющим удовлетворить международные, общегосударственные и региональные нужды в перевозках грузов и пассажиров.

Правильно сформированная и функционирующая железнодорожная инфраструктура способствует экономическому росту через расширение объемов предоставляемых транспортных услуг, а также развитию территорий, прилегающих к

основным железнодорожным магистралям. Высокий экономический и социальный эффект, сопровождающий развитие железной дороги, обуславливает необходимость постоянного поиска путей совершенствования, которые при реализации в ряде стран становятся общемировыми тенденциями. Рассмотрены особенности определения эксплуатационных расходов железных дорог при переходе с тепловозной тяги на электрическую.

Для определения особенностей расчета решены следующие задачи:

- выполнен анализ технико-эксплуатационных показателей участков электрификации, включая эксплуатационные расходы по статьям;
- проанализированы существующие и прогнозные объемы перевозок грузов;
- выполнен анализ существующих и проектных пассажиропотоков;
- оценены объемы капитальных вложений в электрификацию участков;
- сопоставлены существующие и прогнозные показатели по участкам;
- выполнен прогноз объемов перевозок грузов на участках, подлежащих электрификации.

Оценка ожидаемых эффектов от электрификации для анализируемых участков получена как разность изменяющихся эксплуатационных затрат дороги на осуществление перевозочного процесса при использовании тепловозной и электровозной тяги. При этом учитывался тот факт, что величина ожидаемого годового эффекта может изменяться в зависимости от последовательности электрификации участков и особенностей организации движения поездов по рассматриваемому и смежным участкам, а также от времени осуществления капитальных вложений и появления эффектов.

Расчет эксплуатационных расходов по существующему и проектным вариантам участков электрификации выполнен в соответствии с отраслевыми особенностями формирования затрат и себестоимости перевозок на железнодорожном транспорте и оценен методом расходных ставок. В качестве калькуляционных измерителей, изменяющихся в случае электрификации участка при одинаковых объемах перевозочной работы на участке, рассмотрены следующие: локомотиво-километры, локомотиво-часы, бригадо-часы локомотивных бригад, тонно-километры брутто, расход дизельного топлива и электроэнергии на тягу поездов и др.

Кроме того, для оценки изменения эксплуатационных затрат при замене существующих пассажирских составов, курсирующих в межрегиональном сообщении, на моторвагонный подвижной состав наряду с перечисленными выше калькуляционными измерителями использовались также: вагоно-километры, вагоно-часы и вагоно-часы в движении пассажирских вагонов.

При определении расхода дизельного топлива пассажирскими и грузовыми поездами, курсирующими по участкам в настоящее время, использовался показатель удельного расхода топлива на измеритель перевозочной работы (кг/10000 т-км брутто).

Удельный расход электроэнергии тяговым подвижным составом при смене вида тяги определен с учетом особенностей организации движения поездов на участках и местных условий.

Для определения индексов пересчета удельного расхода дизельного топлива в удельный расход электроэнергии на участках перспективной электрификации проанализирована эксплуатация тягового подвижного состава на участке Минск – Молодечно, на котором в настоящее время наряду с электрическим подвижным составом эксплуатируются также тепловозы и дизель-поезда.

Структура рассматриваемых расходов на грузовые перевозки сформирована на основании калькуляционных измерителей, разделенных на группы:

- вагоно-часы;
- локомотиво-километры;
- локомотиво-часы;
- бригадо-часы локомотивных бригад;
- тонно-километры брутто;
- ТЭР на тягу поездов.

Для расчета расходов на грузовые перевозки по участку использовались следующие показатели: грузооборот на участке, средняя масса поезда, размеры движения поездов, средний состав поезда, средняя участковая скорость движения поездов, средний удельный расход дизельного топлива и электроэнергии тяговым подвижным составом.

УДК 65.011.56

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИССЛЕДОВАНИЯ ФАКТИЧЕСКИХ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПОВЫШЕНИЯ**

*В. А. СОЛОМОНОВ, А. А. КРАСНОВ (СП-51)*

*Научный руководитель – ст. преп. В. В. РОМАНЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Особое место на Белорусской железной дороге занимает проблема эксплуатации криволинейных участков пути, так как в рамках решения задачи повышения установленных скоростей движения поездов одним из существенных препятствий ее реализации являются постоянные изменения параметров геометрии рельсовой колеи.

Применяемые на дороге автоматизированные системы мобильных диагностических средств в полной мере позволяют оценить фактические параметры кривых, которые могут составлять основу для моделирования искомых положений кривых с целью их паспортизации. Во введенной на дороге Методике



по оценке фактических параметров устройства кривых участков пути приводятся общие положения по регламенту, определяющему порядок выполнения действий при проведении качественной и количественной оценок показателей геометрии рельсовой колеи.

В зависимости от установленных фактических параметров предполагается присвоение кривой определенного статуса, который устанавливает порядок ее дальнейшей эксплуатации в зависимости от степени расстройств фактических параметров относительно проектных. Проведенный параметрический анализ данной Методики позволил обобщить результаты структурного, функционального и информационного анализов порядка оценки уровня расстройств кривых, с присвоением им соответствующего статуса, и величины показателей, определяющих степень расстройств.

В отличие от получения исходной информации о фактическом положении рельсовой колеи дальнейшие обработка и расчет параметров геометрии рельсовой колеи, уменьшение которых позволяет повысить скорость движения поездов, выполняются вручную.

Согласно Методике криволинейные участки, обеспечивающие установленные скорости, должны иметь статус «паспортизована». Для назначения статуса необходимо сравнить некоторые параметры с формы ФП-3.2 (карточка кривой), а также выполнить ряд расчетов. Ввиду конкретности и полноты исходной информации данную работу возможно автоматизировать, что позволит сократить потраченное на это время, а также подготовить информацию для расчета параметров, необходимых для моделирования геометрии рельсовой колеи, соответствующей установленным скоростям (рисунок 1).

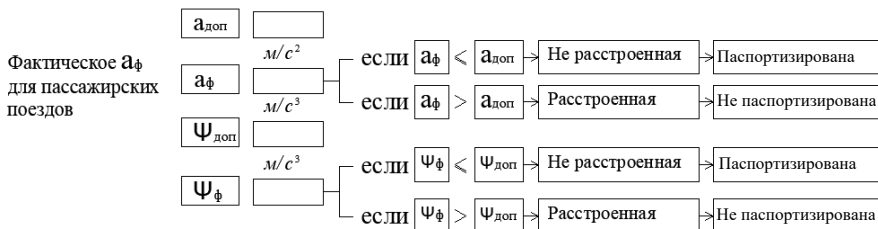


Рисунок 1 – Структура автоматизации определения статуса кривой

Параллельно с определением статуса кривой определяется уровень расстроенности геометрического положения участка пути и степень расстройств. Наличие степени расстройств практически всегда влечет за собой уменьшение скорости движения поездов. Для принятия решения о дальнейшей эксплуатации участка необходимо рассчитать ряд параметров, исходные данные для которых определены также в карточке кривой, а значит и данная операция подлежит автоматизации (рисунок 2).

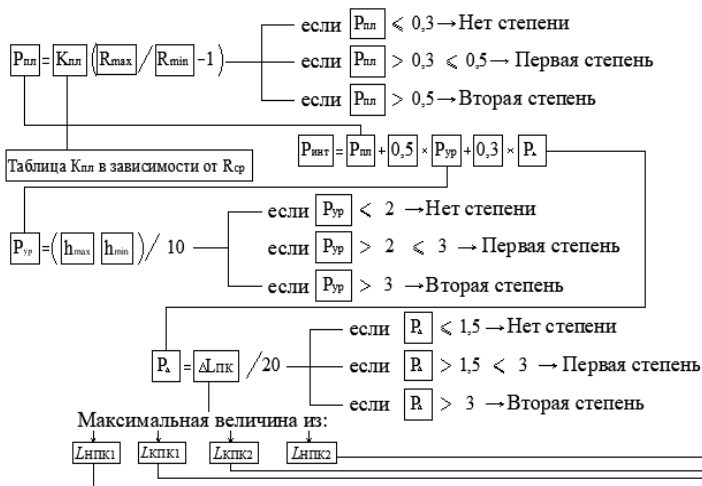


Рисунок 2 – Структура автоматизации определения степени расстроенности на основании данных формы ФП-3.2

Автоматизация подобных расчетов позволит моделировать геометрическое положение кривых, требующих повышения уровня скорости движения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Методика по оценке фактических параметров устройства кривых участков пути мобильными диагностическими средствами для их паспортизации : официальное издание : утверждена приказом от 02.11.2020 № 838 НЗ. – Введена в действие 06.11.2020. – Минск, 2020. – 10 с.

УДК 625.1

## ПОВЫШЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА УЧАСТКЕ ГОМЕЛЬ – МИНСК

*А. И. СТРИЖАК* (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *Т. А. ДУБРОВСКАЯ*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Эффективность повышения скоростей движения поездов на территории Республики Беларусь вполне обоснована следующими факторами:

– обслуживание скоростными поездами ряда относительно близко расположенных один от другого крупных населенных пунктов, обеспечивающих достаточно большое число пассажиров;

– перевозка больших масс пассажиров, совершающих деловые поездки и др.

Участок Гомель – Минск является частью IX транспортного коридора, по которому осуществляются важнейшие транспортные связи. На сегодняшний день скорость движения по участку для грузовых поездов – 80 км/ч, для пассажирских поездов – 140 км/ч. Запланировано повышение установленных скоростей движения грузовых поездов до 100 км/ч и установление скоростей движения пассажирских поездов на уровне 141–160 км/ч.

Рассматриваемый участок железной дороги Гомель – Минск имеет протяженность 300 км и характеризуется достаточно большой грузонапряженностью. Данное направление обслуживается пятью дистанциями пути: Гомельская, Жлобинская, Бобруйская, Осиповичская и Минская.

Железнодорожное направление Гомель – Минск двухпутное. Участок является электрифицированным. Верхнее строение пути на участке характеризуется следующими элементами: рельсы Р65, шпалы железобетонные, балласт щебеночный, путь бесстыковой. Состояние земляного полотна удовлетворительное.

Во всех индустриально развитых странах мира на сегодня решается одна из важнейших задач совершенствования эксплуатационной работы и развития железнодорожного транспорта – повышение скорости движения поездов. Она позволяет увеличить мобильность населения, снизить негативные последствия безудержной автомобилизации, особенно в экологическом отношении, повысить экономию энергетических ресурсов нефтяного происхождения и др. Эти и другие факторы определяют необходимость развития скоростных и высокоскоростных пассажирских перевозок железнодорожным транспортом, что способствует расширению зон тяготения крупных городов; снижению транспортных происшествий, вредного воздействия на окружающую среду; ускоряет научно-технический прогресс на железнодорожном транспорте, в транспортном строительстве и транспортном машиностроении; повышает конкурентоспособность железнодорожного транспорта.

Участок Гомель – Минск состоит из криволинейных и прямолинейных участков. Криволинейные участки пути составляют порядка 60 %.

Анализ причин ограничения скорости пассажирских и грузовых поездов показал, что главными факторами, которые сдерживают повышение скорости на всём участке, являются:

- малый радиус кривой;
- составная кривая;
- разность уклонов, которая превышает 4 ‰;
- просроченный восстановительный ремонт.

Снять данные ограничения можно после проведения реконструкции и модернизации пути, направленных на повышение его прочности, несущей способности, стабильности, долговечности и других показателей надежности как пути в целом, так и его составных частей и элементов, обеспечивающих увеличение продолжительности жизненного цикла, сокращение трудоемкости и

стоимости технического обслуживания пути и получение экономического эффекта при его эксплуатации.

Реконструкция участка железной дороги подразумевает под собой:

- уположение кривых;
- замену составных кривых на однорадиусные;
- удлинение переходных кривых и прямых вставок;
- улучшение плана и профиля пути;
- реконструкцию искусственных сооружений или строительство новых сооружений в связи со сдвижкой пути при переустройстве его плана;
- устройство пересечений с автодорогами в разных уровнях и многое другое.

Решение этих и других задач позволит снять инфраструктурные ограничения и ликвидировать проблемные места.

Объем реконструкции плана можно существенно сократить за счет использования специального подвижного состава с наклоном кузова вагонов («Стриж») либо за счет применения подвижного состава, способного реализовывать допускаемое непогашенное ускорение в кривых ( $0,9 \text{ м/с}^2$ ) с условием обеспечения безопасности и комфортабельности езды пассажиров («Ласточка»).

Основные технические решения, способствующие повышению скоростей:

- реконструкция плана железнодорожной линии;
- применение подвижного состава с наклоном кузова;
- изменение предельной величины непогашенного ускорения при движении пассажирских поездов с  $0,7$  до  $0,9 \text{ м/с}^2$  при безусловном соблюдении требований по безопасности и комфортабельности движения;
- проектирование новой железнодорожной линии.

УДК 625.1

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ВОЛКОВЫСК – ЗЕЛЬВА**

*В. В. СТУПИШ* (магистрант)

Научные руководители – канд. техн. наук, доц. *П. В. КОВТУН*,  
канд. техн. наук, доц. *Т. А. ДУБРОВСКАЯ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Железнодорожное направление Волковиск – Зельва однопутное, не электрифицированное, длина рассматриваемого участка составляет  $27,651$  км. Существуют проблемные участки: кривые малого радиуса, составные кривые, недостаточные прямые вставки, постоянное использование руководящего

уклона, на всем протяжении участка существует затяжной подъем для грузового направления. Ввиду этих особенностей участка значительно ухудшается взаимодействие подвижного состава и рельсовой колеи. Из-за наличия руководящего уклона и затяжного подъема скорость грузового движения в правильном направлении снижается до 25–20 км/ч. Это приводит к более интенсивному износу головки рельса. Для решения поставленной задачи необходимо провести комплексное исследование участка и назначить мероприятия по улучшению «проблемных» мест:

- полное переустройство участка Волковыск – Зельва;
- строительство с выносом на новую ось участка Волковыск – Зельва;
- электрификация участка Волковыск – Зельва;
- применение двояной тяги на участке.

Для сравнительной оценки определим примерную стоимость каждого из предложенных вариантов.

*Стоимость переустройства участка Волковыск – Зельва.*

Для расчета необходимо определить ряд параметров.

Зная средний объем земляных работ, можем рассчитать стоимость отсыпки 1 км пути:

$$A = 840\,000V, \quad (1)$$

где  $V$  – средний объем земляных работ, м<sup>3</sup>; 840 000 – стоимость отсыпки 1 км, бел. руб.

Рассчитаем стоимость отсыпки 1 км пути по формуле (1):

$$A = 33,99 \cdot 840\,000 = 28\,551\,600 \text{ бел. руб.}$$

Зная длину переустраиваемого участка, можем рассчитать стоимость укладки 1 км верхнего строения пути:

$$B = 1\,280\,000L, \quad (2)$$

где  $L$  – длина переустраиваемого участка, км; 1 280 000 – примерная стоимость укладки 1 км верхнего строения пути после реконструкции, бел. руб.

Рассчитаем примерную стоимость укладки 1 км верхнего строения пути по формуле (2):

$$B = 1,2 \cdot 1\,280\,000 = 1\,536\,000 \text{ бел. руб.}$$

Зная стоимость отсыпки земляного полотна и стоимость укладки верхнего строения пути, определим общую стоимость реконструкции:

$$C = A + B. \quad (3)$$

Тогда общие затраты на реконструкцию продольного профиля под скоростное движение примерно составят:

$$C = 28\,551\,600 + 1\,536\,000 = 30\,087\,600 \text{ бел. руб.}$$

*Стоимость строительства с выносом на новую ось участка Волковыск – Зельва.*

Рассчитаем стоимость отсыпки 1 км пути по формуле (1):

$$A = 86,42 \cdot 840\,000 = 72\,593\,280 \text{ бел. руб.}$$

Рассчитаем примерную стоимость укладки 1 км верхнего строения пути по формуле (2):

$$B = 11 \cdot 1\,280\,000 = 14\,080\,000 \text{ бел. руб.}$$

Тогда общие затраты на реконструкцию продольного профиля под скоростное движение примерно составят:

$$C = 72\,593\,280 + 14\,080\,000 = 86\,673\,280 \text{ бел. руб.}$$

*Электрификация участка Волковыск – Зельва.*

Электрификацию участка необходимо начинать от станции Барановичи через станции Волковыск, Свислочь с последующим выходом к государственной границе с республикой Польша. Всё расстояние составляет примерно 183 км. Примерная стоимость работ по электрификации составляет 2 500 000 бел. руб. Тогда

$$C = 183 \cdot 2\,500\,000 = 457\,500\,000 \text{ бел. руб.}$$

Сравнив примерные экономические расходы на различные мероприятия по улучшению эксплуатационных характеристик участка Волковыск – Зельва, можно сделать вывод, что самым дорогостоящим, но и самым эффективным и перспективным вариантом является электрификация участка Волковыск – Зельва с последующим выходом на станцию Свислочь и на государственную границу с Республикой Польша.

УДК 625.17

## **СВЯЗЬ НОРМАТИВОВ СОДЕРЖАНИЯ ПУТИ С НОРМАТИВАМИ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

*М. В. ТАРАСОВИЧ* (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *О. М. ПАТЛАСОВ*  
*Украинский государственный университет науки и технологий, г. Днепр*

Для определения взаимодействия колеса подвижного состава с рельсом рассмотрены геометрические параметры колеса, стрелочного перевода и переездного настила с допусками в содержании, установленными в Украине и Европейском союзе.

Наиболее сложным узлом стрелочного перевода является зона крестовины. В зоне «жестких» крестовин основным элементом, обеспечивающим безопасность движения поездов, является контррельс, предотвращающий набег колес на острие сердечника и их направление в желоб другого направления движения. В то же время, контррельс является в некоторой степени «вредным» элементом, так как в его части ударяются гребни колес и происходит принудительное смещение колесных пар поперек пути. Это приводит к расстройству крестовой зоны, а в отдельных случаях к остаточным деформациям узла. Плавность движения при минимуме ударов нерабочих граней колес в направляющие части контррельсов и усювиков обеспечивается соответствующими размерами желобов, устанавливаемыми Правилами технической эксплуатации железных дорог и соответствующими инструкциями [1, 2]. Также в расчет взят желоб, который находится в рамном блоке стрелочного перевода между отведенным острием и рамным рельсом.

Плюсовые допуски по ширине пути в зоне стрелки и уменьшенный шаг остриев могут быть реализованы при условии обеспечения свободного прохода гребня колеса без нажатия нерабочей частью на нерабочую грань отведенного острия в зоне минимального желоба, а также в корне острия.

Геометрические размеры соответствующих конструкций для железных дорог Евросоюза установлены в соответствии с директивой ЕС по интероперабельности [3] в технических спецификациях интероперабельности по инфраструктуре [4] с соответствующей ссылкой на еврономы.

Технические спецификации на совместимость определяют технические и эксплуатационные стандарты, которые должны выполняться каждой подсистемой или частью подсистемы для удовлетворения основных требований и обеспечения совместимости железнодорожной системы Европейского Союза.

Для предотвращения нажатия колес размер минимального желоба между отведенным острием и рамным рельсом не должен быть менее 65 (62) мм. При этом расстояние нерабочей грани отведенного острия до рабочей грани прижатого острия в месте наименьшего желоба и в корне острия не должно быть больше 1460 (1458) мм.

На переездах ширина пути в зоне настила согласно ПТЭ принимается такой же, как и на обычном пути. Согласно [2] для обеспечения беспрепятственного прохождения реборды колес подвижного состава железнодорожного транспорта в пределах настила укладывают контррельсы, специальные брусья, другие приспособления, при этом ширина желоба должна быть в пределах 75–110 мм, глубина не менее 45 мм.

В случае уменьшения допустимой толщины гребня колеса противоположное колесо нерабочей гранью может удариться в контррейку (в отведенный острием или элемент настила).

Анализируя связь нормативов содержания пути с нормами содержания подвижного состава (колесных пар), можно сделать вывод, что даже при существующей норме минимальной толщины гребня 25 мм в зоне стрелочных переводов и переездных настилов вероятны случаи появления сверхнормативного динамического воздействия подвижного состава на путь. Кроме того, при минимальном допуске в ширине желоба на переезде необходимо ограничение максимальной ширины колеи в зоне переездного настила до 1537 мм.

Уменьшение допустимой толщины до 23 мм приведет к появлению случаев силового удара нерабочих граней колес в контррельсы (отведенные острия) и росту вероятности вкатывания колес (нарушениям безопасности движения поездов).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України ЦП-0269 / Е. І. Даниленко [та інш.] – К. : ТОВ «НВП Поліграфсвіс», 2012. – 456 с.

2 Інструкцією з улаштування та експлуатації залізничних переїздів ЦП-0174 : затв. наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 26.01.2007 № 54.

3 Directive (EU) 2016/797 of the European Parliament and of the Council of 11 May 2016 on the interoperability of the rail system within the European Union (OJ L 138, 26.5.2016, p. 44).

4 Commission Regulation (EU) No 1299/2014 of 18 November 2014 on the technical specifications for interoperability relating to the 'infrastructure' subsystem of the rail system in the European Union (OJ L 356, 12.12.2014, p. 1).

УДК 330.341

## ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА МЕСТНОЙ ДОРОЖНОЙ СЕТИ

*В. И. ХУДЕНКО (СА-51)*

*Научный руководитель – канд. экон. наук, доц. И. М. ЦАРЕНКОВА  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, автомобильным транспортом в 2021 году было перевезено 384 895,4 тыс. тонн грузов, что на 0,03 % ниже аналогичного периода прошлого года. Грузооборот автомобильного транспорта составил 29 593,5 млн т·км (+0,03 %) [1].

Местные автомобильные дороги обеспечивают транспортные связи 23 384 населенных пунктов, в том числе 199 городов и городских поселков, 1 416 агрогородков, 21 769 деревень и сельских населенных пунктов, а также подъезды к промышленным, сельскохозяйственным и другим объектам [1].



Суммарная протяженность участков автомобильных дорог с усовершенствованным покрытием составляет 31 897 км (45 %) местных, в том числе 30 863 км имеют асфальтобетонное покрытие и 1 034 км – цементобетонное. Гравийное и щебеночное покрытие имеют 27 538 км дорог (39 %). 11 542 км (16 %) местных автомобильных дорог являются грунтовыми из-за не востребованности, проезд по которым при неблагоприятных погодных условиях проблематичен. Значительная часть сети местных автомобильных дорог приходится на населенные пункты, общая протяженность которых составляет 20 738 км. Удельный вес данных проездов в общей протяженности местных дорог по областям примерно одинаков и находится в пределах 21–25 %. Оценка транспортно-эксплуатационного состояния местных автомобильных дорог по итогам сезонных осмотров показывает устойчивую динамику его ухудшения. Одним из путей решения сложившихся проблем служит устройство цементобетонных покрытий.

Цементобетонные покрытия обладают следующими преимуществами по сравнению с другими видами покрытий: наличие высокой прочности, что позволяет пропускать все транспортные средства в любое время года; достаточно длительный межремонтный срок (30–40 лет); наличие высокого коэффициента сцепления с колесами автомобилей, практически не изменяющегося при наличии влаги; светлый цвет покрытия, повышающий безопасность движения ночью; продолжительность строительного сезона больше, чем при применении органических вяжущих; малый износ покрытия, не превышающий 0,1–0,2 мм в год. Цементобетон применяют также для устройства оснований под асфальтобетонные покрытия на дорогах с интенсивным и тяжелым движением.

Несмотря на некоторые достоинства этого вида покрытия, сборные бетонные покрытия на магистральных дорогах не применяются. Объясняется это, в первую очередь, необходимостью использования дополнительных мер для поддержания требуемого состояния цементобетонного покрытия, а также рядом недостатков: большое число поперечных швов, которые ухудшают эксплуатационные качества и ровность покрытия; трудность ремонта; невозможность открывать движения сразу после устройства покрытия и т. д.

Подбор состава бетона осуществляется на основе технического задания, в котором указываются все проектные требования к бетону и бетонной смеси с учетом особенностей производства работ: требования к бетону по прочности и морозостойкости, а также особенности временных промежутков, в рамках которых не происходит потеря технологических характеристик бетона.

Бетонная смесь для бетона покрытий методом срачивания приготавливается в смесителях принудительного действия. В качестве автобетоновозов для доставки бетонной смеси от цементобетонных заводов на место укладки рекомендуются автомобили-самосвалы с задней разгрузкой, автобетоносмесители или бетоновозы специальной конструкции, например, с донной выгрузкой транспортером.

Перед началом бетонирования покрытия определяется оптимальная длина сменной захватки в соответствии с заданным фронтом работ, с учетом производительности бетоносмесительной установки и бетоноукладчика, принятого темпа укладки с помощью средств малой механизации или по технологии укатки, возможностей ритмичной доставки бетонной смеси к месту укладки, погодных условий.

Перед бетонированием бетоноукладчиками со скользящими формами необходимо установить одинаковую скорость подъема-опускания гидроцилиндров рамы укладчика относительно гусеничных движителей и установить рабочие органы бетоноукладчика в соответствии с инструкцией по эксплуатации машины и проектным поперечным профилем слоя бетона. Тип и установка высокочастотных глубинных вибраторов на бетоноукладчике и их характеристики (электрические и гидравлические, частота и амплитуда колебаний, радиус действия в бетонной смеси) должны обеспечивать возможность уплотнения бетонной смеси и получение бетона с заданными проектными требованиями по всей толщине и ширине бетона в слое.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1 Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/transport/>. – Дата доступа: 10.02.2022.

УДК 625.172

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ**

*А. А. ЦЕНЯН (СП-41), А. А. КАПИТОНЕЦ (ЗСс-61)*

*Научный руководитель – ст. преп. В. В. РОМАНЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Целью оценки результатов геометрического положения рельсовой колеи (диагностики) является постоянное и синхронизированное наблюдение за его техническим состоянием по множеству фиксированных параметров. Среди основных задач можно выделить следующие: обеспечение безопасности движения поездов; контроль состояния пути с предупреждением его предотказного состояния; планирование и контроль выполнения работ по текущему содержанию пути; паспортизация железнодорожного пути; предпроектное обследование и планирование ремонтов пути; приемка и оценка качества проведенных ремонтных работ.

Важным этапом в развитии диагностики явилось внедрение Автоматизированной информационной системы комплексной диагностики технических объектов железнодорожной инфраструктуры «ЭКСПЕРТ» (АСКД-И «ЭКСПЕРТ») [1].

По результатам диагностики при обнаружении неисправностей, выявлении превышения величины непогашенного ускорения ( $a_{\text{нп}}$ ) и скорости изменения непогашенного ускорения ( $\Psi$ ), отвода возвышения ( $i$ ) и т. п. для обеспечения надежного уровня безопасности движения вводятся ограничения скорости. За 2020 и 2021 годы количество ограничений скорости по основным параметрам (из-за неисправностей пути) составило соответственно 379 и 303 случая, по дополнительным ( $a_{\text{нп}}$ ,  $\Psi$ ,  $i$ ) – 245 и 198 случаев.

В 2021 году вагонами-путеизмерителями и диагностическим комплексом инфраструктуры на главных путях выявлено 126 неудовлетворительных километров, из них по дополнительным параметрам контроля – 15 км (в 2020 году – 31 км, оценка по дополнительным параметрам не выполнялась).

Согласно [2] величина непогашенного ускорения и скорость изменения непогашенного ускорения, а также крутизна отвода определяются по формулам

$$a_{\text{нп}} = \frac{v_{\text{max}}^2}{13R} - 0,0061h, \quad (1)$$

$$\Psi = \frac{a_{\text{нп}}v_{\text{max}}}{3,6l}, \quad (2)$$

$$i = \frac{h}{l}, \quad (3)$$

где  $v_{\text{max}}$  – максимальная допустимая скорость движения пассажирских поездов по кривой, км/ч;  $R$  – радиус круговой кривой, м;  $h$  – возвышение наружного рельса переходной кривой, мм;  $l$  – длина переходной кривой, м

Как видно из формул, определение  $a_{\text{нп}}$ ,  $\Psi$  и  $i$  зависит от одних и тех же параметров, что говорит о том, что изменение одного из них повлечет изменение и остальных. Таким образом, для определения геометрического положения рельсовой колеи необходимы все данные по указанным выше параметрам.

В настоящее время АСКД-И «ЭКСПЕРТ» формирует документы, являющиеся источником большого объема оперативной информации, и содержат характеристики криволинейных участков пути (рисунок 1).

Таким образом, использование отчетов АСКД-И «ЭКСПЕРТ» предоставляет практически все параметры для анализа и оценки состояния геометрии рельсовой колеи.

## Карточка много радиусной кривой (ФП-3.3)

ДКИ: 120		Проезд: 20211106_145518				Проверка: контр.(06.11.21)				ПЧ: 3[БЕЛ]						
Участок: Блок пост 495км Гл. [29-27]						Направление: 16445 Путь: IIIт				Км: 1 - 752						
Кривых 8 левая 1	Характеристики кривой										1-й отвод		переходные		2-й отвод	
	Начало разн.	Конеч разн.			Длина разн.			Угол град.		Макс. Средн.		Длина Макс.		Средн. Длина		
	км	м	м	км	м	м	м	м	град.	мм/м	мм/м	мм	мм/м	мм/м	мм/м	мм
план	1	174		1	818		644		81,47	12,18	12,18		1,40	1,05	84	
уровень	1	222	-48	1	814	4	592	52		0,77	0,70	69	0,70	0,64	76	
Характеристики много радиусной кривой										Анап. ср/макс/Шмак		Сфрр. пасс. груз.				
пред. 0.0 след. 0,197		Начало разн.			Конеч разн.			Длина разн.			Рад./Уров./Шаб.		Мин.		Макс. Средн.	
	км	м	м	км	м	м	м	м	м	Мин.	Макс.	Средн.	Мин.	Макс.	Средн.	Длина
план	1	186		1	734		548			232	19701		0,51/0,36	0,18	0,18	40
уровень	1	291	-105	1	738	-4	447	101		40	58		0,51/0,36	0,18	0,18	55
													193	279		90
																59

Рисунок 1 – Параметрический анализ для оценки геометрического положения кривых на основе отчетных форм АСКД-И «ЭКСПЕРТ»

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Информационно-аналитическая система комплексной диагностики и мониторинга состояния технических объектов железнодорожной инфраструктуры «ЭКСПЕРТ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.infotrans-logistic.ru>. – Дата доступа : 28.10.2021.

2 **СТП 09150.56.010–2005**. Текущее содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ : утв. приказом Нач. Бел. ж. д. от 29.06.2006 № 221Н. – Минск, 2006. – 284 с.

УДК 625.717

### ЗИМНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ АЭРОПОРТОВ

*В. В. ЧЕРЕУХИН, А. С. ГАТАЛЬСКИЙ (СА-51)*

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *Г. В. АХРАМЕНКО*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Зимний период эксплуатации аэропортов гражданской авиации является наиболее ответственным, так как в это время безопасность полетов напрямую связана с решением проблемы ликвидации снежных заносов и гололедных образований, а также подготовкой аэродромных покрытий. Покрытие взлетно-посадочных полос является пригодным для посадки и взлета воздушных судов при обеспечении требуемого сцепления шасси с поверхностью покрытия, необходимого для эффективного торможения [1, 2].

Сцепные качества покрытия зависят как от эндоглифа его поверхности, так и от факторов внешней среды, т. е. на его поверхности могут скапливаться влага, слякоть, снег, и, как результат, образовываться гололед [3]. Эти факторы

ведут к изменению сцепных свойств покрытия, что может привести к увеличению пути пробега.

Так как аэропорты Беларуси находятся в зоне воздействия отрицательных температур в период прохождения осенне-зимней навигации, то проблема зимнего содержания актуальна и для Гомельского аэропорта, который является запасным для национального аэропорта «Минск», а, значит, должен содержаться в состоянии, обеспечивающим безопасность взлетов и посадок в любое время года и суток.

К основным работам по зимнему содержанию аэродромов относятся:

- очищение аэродромных покрытий и примыкающей к ним части грунтовых участков от снега;
- подготовка запасной грунтовой взлетно-посадочной полосы;
- борьба с гололедом;
- защита аэродромов от снежных заносов (устройства снегозадерживающих снежных валов и выемок, установки щитов) и др.

Для очистки аэродрома от снега применяются скоростные плужно-щеточно-пневматические машины, автомобильные плужно-щеточные и роторные снегоочистители, ветровые машины, а также различные типы автогрейдеров, бульдозеров, малогабаритных плужно-щеточных и роторных снегоочистителей, снегопогрузчиков [4].

Особенно трудоемкими при зимнем содержании аэродромов являются мероприятия по предотвращению и устранению снежно-ледяных и гололедных образований.

При борьбе с гололедом на аэродромах используются следующие способы:

- тепловой;
- химико-механический;
- комбинированный.

Первый способ применяется, как правило, на аэродромных покрытиях жесткого типа и заключается в воздействии на лед газового потока, создаваемого реактивным двигателем. Газовый поток расплавляет лед, сдувает образовавшуюся воду и остатки льда с покрытия. Для этих целей используются специальные машины. В Беларуси тематикой подобных машин занимаются белорусские фирмы Aerospace и «БелСТАТС». Так, продукцией «БелСТАТСа» является плужно-щеточная продувочная аэродромная уборочная машина БС-4000ПБА-2Р, предназначенная для круглогодичной уборки снега, льдообразований, изморози, наледи, слякоти, грязи на ИВПП, РД, приангарных площадках и прочих больших площадях аэродрома с искусственным покрытием.

Борьба с гололедными и снежно-ледовыми образованиями на аэродромных покрытиях химико-механическим способом заключается в предотвращении возникновения гололедных образований путем своевременной обработки поверхности покрытий химическими реагентами до начала или в период их формирования. Для борьбы с гололедными образованиями на всех типах пок-

рытый, кроме цементобетонных, имеющих возраст бетона менее двух лет, применяется химический реагент АНС, на асфальтобетонных – карбамид.

Таким образом, для подготовки летного поля в зимний период необходимо провести комплекс мероприятий и работ, который включает:

- очистку искусственных покрытий, гоночных площадок, заземляющих устройств, «огней» (светильников) очищаемых зон ЛПП, участков курсовых и глиссадных радиомаяков (КРМ, ГРМ, РМС) от снега, слякоти;
- предупреждение и удаление гололедных и снежно-ледяных образований;
- выравнивание снежных отложений и валов за пределами ВПП, обочин РД, МС и перронов с планировкой откосов;
- проведение снегозадержания на летных полях;
- вывоз скоплений снега в места выкладок снега;
- борьбу с зимней скользкостью на внутриаэропортовых дорогах, подъездных путях и привокзальных площадях.

Технологические операции по очистке покрытий и других элементов летного поля от атмосферных осадков рекомендуется выполнять специальными аэродромно-уборочными машинами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Авиационные правила. Аэродромное обеспечение полетов на гражданских аэродромах Республики Беларусь. – Минск, 2000.

2 Аэропорт. Теория и практика зимнего содержания аэродромов / А. Ф. Шишков, В. В. Запорожец, О. Н. Билякович – К. : Друкарня Діаринт, 2006.– 194 с.

3 Аэропорты и воздушные трассы: учеб. для вузов гражд. авиации / В. И. Блохин [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1984. – 160 с.

4 **Баловнев, В. И.** Машины для содержания и ремонта автомобильных дорог и аэродромов: Атлас конструкций : учеб. пособие для вузов по специальностям «Строит. и дор. машины и оборудование», «Автомоб. дороги», «Стр-во аэродромов» / В. И. Баловнев, И. А. Засов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1975. – 130 с.

УДК 625.731:622.838

## ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО ПОДЪЕЗДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

*М. И. ШЛЕМЕНКОВА, А. Д. МАТУЗОВ (СА-31)*

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *Г. В. АХРАМЕНКО*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В Петриковском районе (территория Припятского Полесья) в 2014 г. было начато строительство горно-обогатительного комплекса (ГОК) для производства калийных удобрений, месторождение которых открыли в мае 1966 г. в результате плановых поисковых работ в близлежащей деревне Белка [1]. Петриковский ГОК официально введен в эксплуатацию в августе 2021 г.

Как известно, при подземной разработке калийного пласта происходит сдвигание толщи земной поверхности, и на отдельных площадях, несколько больших, чем площади выработок, образуются впадины, называемые мульдами сдвигания [2]. В результате таких процессов на территории Петриковского ГОК возможно оседание земной поверхности, что может вызвать проседание земляного полотна, и, следовательно, разрушение дорожной одежды автомобильных подъездных путей. В данной статье рассматриваются мероприятия по укреплению оснований для автомобильных подъездных дорог и обосновывается конструкция земляного полотна.

В настоящее время применяются как традиционные технологии укрепления дорожных оснований, так и множество инновационных разработок. К традиционным способам укрепления слабых грунтов относятся [3]: термический способ; цементация; электрический способ; силикатирование; электросиликатизация; механические способы.

В результате научных исследований по поиску более современных методов укрепления слабых грунтов была разработана технология, позволяющая укреплять и стабилизировать слабые грунты с помощью поверхностно-активных веществ (ПАВ). Поверхностно-активные вещества – это достаточно широкий спектр веществ, различающихся по содержанию и происхождению, которые в небольших количествах оказывают положительное влияние на свойства дорожно-строительных материалов как за счет стимулирования физико-химических процессов, так и за счет совершенствования технологических процессов.

Стабилизаторы грунтов уже много лет успешно применяются в США, Голландии, Австралии, Канаде и ряде других стран, а в последние десятилетия – и в России. В Республике Беларусь ПАВ-стабилизаторы практически не производятся, поэтому их приходится закупать в России, что является весьма дорогостоящим мероприятием. В Беларуси наибольшее распространение получил способ армирования слабых грунтов и насыпей путем введения в конструкции насыпей и оснований геосинтетических материалов, позволяющих улучшить механические свойства грунтов. Свойства геотекстильных материалов общеизвестны, приведем только некоторые из них: повышают устойчивость и прочность слабых грунтов; защищают во время эксплуатации земляное полотно от переувлажнения грунтовыми и поверхностными водами; в период строительства снижают влажность грунтов и т. д. На рисунке 1 предлагается конструкция земляного полотна с использованием геосинтетических материалов.

Предложенная конструкция земляного полотна с использованием геосинтетических материалов для укрепления слабого основания позволяет: снизить объемы земляных работ на 20–25 %; предотвратить горизонтальное расползание грунта и колееобразование; обеспечить перераспределение вертикальной

составляющей нагрузки; снизить затраты на содержание и текущий ремонт дороги; увеличить надежность конструкций; использовать местные материалы при строительстве.

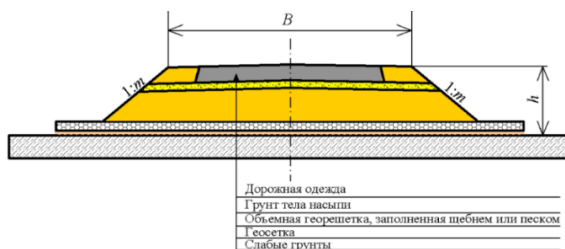


Рисунок 1 – Конструкция земляного полотна и дорожной одежды на слабых основаниях

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Калийные соли Беларуси: состояние, освоение месторождений, перспективы развития, проблемы : тезисы докладов межд. научн.-практ. конференции. – Минск : БелНИГИ, 1999. – 215 с.

2 **Нехорошев, Ю. П.** К вопросу о механической надежности подземных кабелей СЦБ в условиях подработки / Ю. П. Нехорошев : межвуз. сб. науч. статей. – Гомель : БИИЖТ, 1992. – 171 с.

3 **Ахраменко, Г. В.** Стабилизация земляного полотна на слабых основаниях при строительстве автомобильной дороги в Припятском Полесье / Г. В. Ахраменко, О. С. Зизюк, Н. А. Абыходов : ОТИС-2018: материалы нац. науч.-практ. конф. – Омск, 2018. – С. 358–362.



## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Анищенко А. В.</i> Применение композитных материалов для изготовления железно-дорожных шпал.....	3
<i>Балбуцкий И. Г., Дробот И. С.</i> Современные материалы для дорожной разметки.....	4
<i>Байда М. А., Батраков М. Н.</i> Совершенствование системы документооборота по учету элементов верхнего строения пути на Белорусской железной дороге.....	6
<i>Батраков М. Н., Байда М. А.</i> Моделирование учетных данных элементов верхнего строения пути для их автоматизированной обработки.....	8
<i>Бруцкий В. А., Гутвин М. В.</i> Продление сроков эксплуатации рельсошпальной решетки.....	11
<i>Гутвин М. В., Бруцкий В. А.</i> Экономическая эффективность продления сроков эксплуатации рельсошпальной решетки.....	13
<i>Дорош С. И.</i> Разработка технических решений элементов верхнего строения пути в зависимости от условий эксплуатации.....	15
<i>Ефимов Д.А.</i> Сравнительный анализ надежности железнодорожного пути при использовании различных видов промежуточных скреплений.....	16
<i>Жарин Н. С.</i> Логистический аспект в управлении цепями поставок в дорожном строительстве.....	21
<i>Жарин Н. С., Худенко В. И.</i> Особенности технологии ремонта асфальтобетонных покрытий методом холодного ресайклинга.....	23
<i>Измайлова А. Р.</i> Целевые инфраструктурные решения для земляного полотна железных дорог как ресурс для повышения транспортной безопасности.....	25
<i>Каз Д. О.</i> Обеспечение стабильности земляного полотна.....	28
<i>Каленкович Ю. П., Луцик И. В., Бараболкин П. Н.</i> Определение соотношения вагонов в поезде по весу от соотношения их по количеству.....	30
<i>Каленкович Ю. П., Луцик И. В., Орешко С. В.</i> Влияние основного удельного сопротивления движению грузового поезда на массу состава.....	32
<i>Краснов А. А., Соломонов В. А.</i> Повышение эффективности разработки технологического процесса ремонта пути за счет автоматизации работы.....	34
<i>Кривенко В. С., Веко И. Г.</i> Мониторинг интенсивности дорожного движения для выявления грузонапряженности на участках автомобильных дорог.....	36
<i>Кузмичев А. А.</i> Применение компьютерной программы GEONICS при проектировании новых железнодорожных линий.....	38
<i>Кулеш И. А.</i> Основные требования к дорожному асфальтобетону.....	40
<i>Кулеш И. А.</i> Методы испытаний асфальтобетонов: достоинства и недостатки.....	42
<i>Мажак Я. А.</i> Применение полимерных материалов на искусственных сооружениях железнодорожного пути.....	44
<i>Макаревич В. Д.</i> Оценка изменения затрат на содержание рельсовых стыков при применении шлифования.....	45
<i>Макаревич В. Д., Зелень С. А.</i> Прогнозирование обеспечения безопасности движения поездов на основании данных средств неразрушающего контроля рельсов.....	47

<i>Молочко Н. А.</i> Техногенная волокнистая добавка для дорожного цементобетона .....	49
<i>Молочко Н. А.</i> Основные требования к дорожному цементобетону .....	51
<i>Москалев М. С., Петров Д. И.</i> Обследование набережной реки Сож г. Гомеля георадаром ОКО-2 .....	53
<i>Науменко М. Л.</i> Производство работ по укладке сверхдлинных рельсовых плетей ...	54
<i>Науменко М. Л.</i> Влияние стыкового сопротивления на температурную работу бесстыкового пути .....	56
<i>Невердасов А. С., Емельяненко А. В.</i> Пути снижения транспортного шума на автомагистралях .....	59
<i>Никитин Е. В.</i> Увеличение скоростей движения поездов на участке Гомель – Василевичи .....	60
<i>Никитин Е. В.</i> Современные подходы к содержанию железнодорожного пути при снижении грузонапряженности .....	62
<i>Орешко С. В., Воронько Д. С., Мазынский П. С.</i> Учет длины поезда при решении задач проектирования железных дорог с использованием тяговых расчетов .....	63
<i>Роль Н. Д.</i> Методики укрепления земляного полотна: перспективное решение предупреждения деформации .....	65
<i>Серко О. И., Бурдукова-Дрозд М. С.</i> Влияние тормозного пути поезда на расстояние между сигналами проходных светофоров .....	68
<i>Серко О. И., Бурдукова-Дрозд М. С., Малащенко К. С.</i> Особенности расчета эксплуатационных расходов перехода железной дороги на электрическую тягу .....	69
<i>Соломонов В. А., Краснов А. А.</i> Автоматизация процесса исследования фактических скоростей движения поездов и возможности их повышения .....	71
<i>Стрижак А. И.</i> Повышение скоростей движения поездов на участке Гомель – Минск..	73
<i>Ступиш В. В.</i> Реконструкция железнодорожного направления Волковыск – Зельва.	75
<i>Тарасович М. В.</i> Связь нормативов содержания пути с нормативами содержания подвижного состава .....	77
<i>Худенко В. И.</i> Особенности устройства цементобетонных покрытий на местной дорожной сети .....	79
<i>Ценян А. А., Капитонец А. А.</i> Использование многопараметрического анализа для оценки результатов геометрического положения рельсовой колеи .....	81
<i>Черехухин В. В., Гатальский А. С.</i> Зимнее содержание аэропортов .....	83
<i>Шлеменкова М. И., Матузов А. Д.</i> Земляное полотно подъездных автомобильных дорог на подрабатываемых территориях .....	85

Научно-практическое издание

**Наука – транспортной инфраструктуре**

Материалы I Международной научно-практической конференции  
магистрантов, студентов и учащихся колледжей  
(25 февраля, 2022 г.)

Технический редактор В. Н. *Кучерова*  
Редактор Я. В. *Войтеховская*

Подписано в печать 08.07.2022 г. Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 5,27. Уч.-изд. л. 5,35. Тираж 20 экз.  
Зак. № 1536. Изд. № 23.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский государственный университет транспорта.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/361 от 13.06.2014.  
№ 2/104 от 01.04.2014.  
№ 3/1583 от 14.11.2017.  
Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель