

ПУТЬ И ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 625.143.46.036.61.8

В. И. ИНЮТИН, кандидат технических наук; В. Е. МИРОШНИКОВ, ассистент, Белорусский государственный университет транспорта; В. Н. КОВАЛЬ, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Институт механики металлополимерных систем НАН Беларуси

ИСПЫТАНИЯ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОДРЕЛЬСОВЫХ ПРОКЛАДОК

На Белорусской железной дороге опытную проверку проходит рельсовое скрепление СБ-3. Опыт эксплуатации скрепления СБ-3 с резиновыми подрельсовыми прокладками показал, что наблюдается их выползание из-под подошвы рельса. Для замены резиновых прокладок предложены опытные прокладки на основе полиэтилена низкого давления (ПЭНД), композиции на основе полиэтилена высокого давления (ПЭВД) и поливинилхлорида (ПВХ).

Целью исследований является возможность применения указанных материалов в условиях длительного воздействия низких температур. Исследование морозостойкости проводилось методами релаксационной спектроскопии на обратном крутильном маятнике и по показателю ударной вязкости образцов по Шарпи, предварительно выдержанных в криокамере при исследуемой температуре. Дополнительно определяли сопротивление продольному перемещению рельса по указанным материалам.

Исследования показали, что наибольшую морозостойкость имеет резина (-56°C), но модуль сдвига ее низкий – 8 МПа, этим и объясняется выползание резины из-под подошвы рельса. Низкой морозостойкостью обладает ПВХ (-18°C), что меньше минимальной температуры для Беларуси (-41°C), поэтому изготовление прокладки из него не рекомендуется. Прокладки из ПЭНД имеют достаточную морозостойкость (-47°C), но невысокое сопротивление продольному перемещению рельсов (9,15–9,86 кН), поэтому они могут использоваться на малоделятельных путях. Морозостойкость композиции из ПЭВД (-56°C) и высокое продольное сопротивление перемещению рельсов (11,2–12,4 кН) позволяет рекомендовать ее для опытно-промышленной проверки в действующем пути.

С 1995 года на Белорусской железной дороге опытную проверку проходит безболтовое и бесподкладочное рельсовое скрепление СБ-3, которое состоит из пяти элементов: двух упругих металлических пружин, двух изоляторов и подрельсовой прокладки. Такое скрепление должно заменить раздельное клеммно-болтовое подкладочное скрепление КБ, которое состоит из 21 элемента и, как следствие, имеет большую материалоемкость, т. к. масса металлических деталей на 1 км пути равна 41,5 т, а неметаллических – 2,1 т. Замена многодетального рельсового скрепления КБ безболтовым и бесподкладочным скреплением СБ-3 позволит достичь экономии металла до 20 т на 1 км пути, а также существенно снизить стоимость и упростить процесс монтажа пути.

Опыт эксплуатации скрепления с резиновыми прокладками СБ-3 на Гомельской и Могилевской дистанциях пути показал, что наблюдается их выползание из-под подошвы рельсов вследствие воздействия динамических сил, передаваемых от колес подвижного состава. Для замены резиновых прокладок рядом предприятий Беларуси были предложены опытные прокладки на основе полиэтилена низкого давления (ПЭНД), композиции на основе полиэтилена высокого давления (ПЭВД) и поливинилхлорида (ПВХ). Определение пределов прочности при растяжении и сжатии, а также модуля

упругости, проведенные на стенде Instron 5567, показали, что все они имеют достаточную прочность [1].

Актуальной задачей исследований является возможность применения того или иного полимерного материала прокладок при воздействии низких температур. Для Беларуси с умеренно холодным климатом и перепадом минимальной зимней температуры рельса от -36°C в Бресте до -41°C в Витебске особенно важно определить интервал низких температур, при которых исследуемый материал способен длительно выдерживать эксплуатационные нагрузки [2].

Исходя из указанных предпосылок были проведены работы по определению методики и исследованию морозостойкости различных материалов, которые применяются для изготовления подрельсовых прокладок. Основным критерием, по которому определяли пригодность конкретного материала при данной температуре, приняли его хрупкость. О хрупкости материала судили исходя из показателя ударной вязкости по Шарпи образцов без надреза. Для определения температуры хрупкости образцы материала помещали в специальную криокамеру. Принцип работы криокамеры заключается в следующем. Нагреватель, испаряя жидкий азот, создает давление во внутренней полости закрытого сосуда Дьюара. Испаренный газ, проходя через трубу,

дополнительно охлаждается в жидком азоте, поступает в камеру предварительного нагрева, которая заполнена минеральным наполнителем. Температура в камере измеряется с помощью термоэлектрического датчика. Необходимость установки камеры предварительного нагрева связана с исключением местных переохлаждений в камере термостатирования и увеличении точности поддержания заданной температуры. Газ, проходя через камеру предварительного нагрева, нагревается до температуры, близкой к установленной, и поступает непосредственно в камеру термостатирования. Точность поддержания температуры в камере в диапазоне от -140 до -50 °С составляет ± 2 °С, а в диапазоне от -50 до $+150$ °С – ± 1 °С.

Перед испытаниями экспериментальные образцы материала выдерживали на воздухе при нормальных условиях после изготовления не менее одних суток, после чего их помещали в криокамеру и выдерживали при заданной температуре не менее 30 мин, а затем подвергали испытаниям на маятниковом копре КМ-1,5.

Кроме этого, о пороге хрупкости материала можно судить также по величине его модуля при исследуемой температуре. Изменение структурного состояния полимерного материала при изменении температуры характеризуется, в первую очередь, его температурой стеклования, т. е. температурой перехода полимера из высокоэластического состояния в стеклообразное. Поэтому для анализа хрупкости использовали релаксационные спектры. Исследования методом релаксационной спектроскопии производили на обратном крутильном маятнике конструкции ИММС НАН Беларуси, управляемом ПЭВМ с помощью специально разработанной компьютерной программы [3]. В ходе измерений непрерывно фиксировали тангенс угла механических потерь $\text{tg } \delta$ и динамический модуль сдвига G . Крутильный маятник, схема которого представлена на рисунке 1, позволяет определить одну из важнейших характеристик вязкоупругого поведения полимеров – комплексный модуль. Образцы для исследований представляли собой пластины длиной 50, шириной 4 и толщиной 1 мм. Сканирование по температуре в диапазоне от -150 до $+300$ °С позволяет получать релаксационные спектры, которые применяются для описания вязкоупругих свойств полимеров, а также для исследования физической структуры и природы релаксационных переходов.

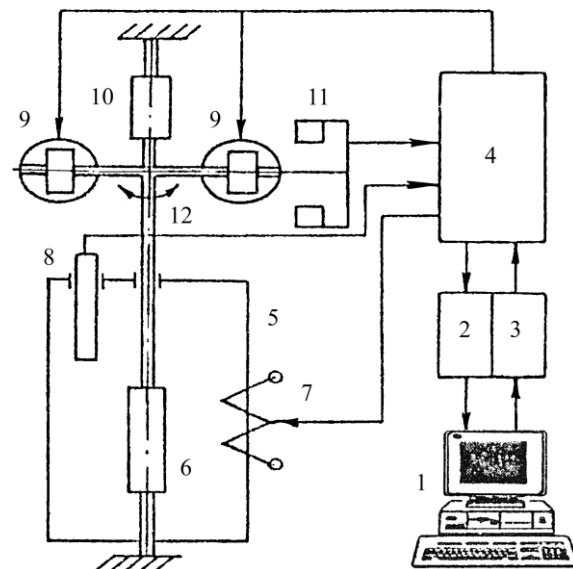


Рисунок 1 – Принципиальная схема релаксометра: 1 – компьютер; 2 – аналого-цифровой преобразователь; 3 – цифровой аналоговый преобразователь; 4 – электронный блок; 5 – термостат; 6 – образец; 7 – нагреватель; 8 – термометр сопротивления; 9 – компенсирующие магниты; 10 – торсион; 11 – оптический датчик; 12 – маятник

Определение динамического модуля сдвига G и тангенса угла механических потерь $\text{tg } \delta$ производили по формулам (1) и (2):

$$G' = \frac{4\pi^2 J \tau_g}{T_k^2} \left(1 - \frac{\Delta_k^2}{4\pi^2} - \frac{T_k^2}{T_0^2} \right), \quad (1)$$

где J – момент инерции маятника; τ_g – коэффициент, зависящий от формы и размеров образца; T_k – период колебаний маятника с образцом; Δ_k – декремент затухания маятника с образцом; T_0 – период колебания маятника без образца;

$$\text{tg } \delta = \frac{\Delta_k v_k^2 - \Delta_0 v_0^2}{v_k^2 \pi (1 - \Delta_k^2 / 4\pi^2 - v_0^2 / v_k^2)}, \quad (2)$$

где v_k – частота колебаний маятника с образцом; v_0 – частота колебаний маятника без образца; Δ_0 – декремент затухания маятника без образца.

Целью настоящей работы является исследование возможностей использования метода динамической механической спектроскопии для анализа параметров морозостойкости полимерных материалов.

Для изготовления изолирующих деталей стыковых рельсовых креплений широко используется ПЭНД, поэтому о морозостойкости исследуемых материалов судили по отличию их свойств от свойств ПЭНД при данной температуре [4]. Основным параметром, влияющим на морозостойкость полимерного материала, является модуль сдвига материала, т. к. при понижении температуры происходит увеличение этого параметра, что сказывается на работоспособности детали. Это

сопровождается увеличением жесткости и, как следствие, появлением хрупкости, что может привести к разрушению детали при ее нагружении. Поэтому целесообразно проведение сравнительных испытаний на морозостойкость различных материалов, чтобы определить их пригодность для изготовления подрельсовых прокладок. Порогом перехода в хрупкое состояние нами условно принято значение динамического модуля сдвига, равное 1100 МПа. Выбор этой величины обусловлен анализом динамического модуля сдвига ПЭНД, который используется в настоящее время для изготовления подрельсовых прокладок.

На рисунке 2 представлены релаксационные спектры исследованных материалов.

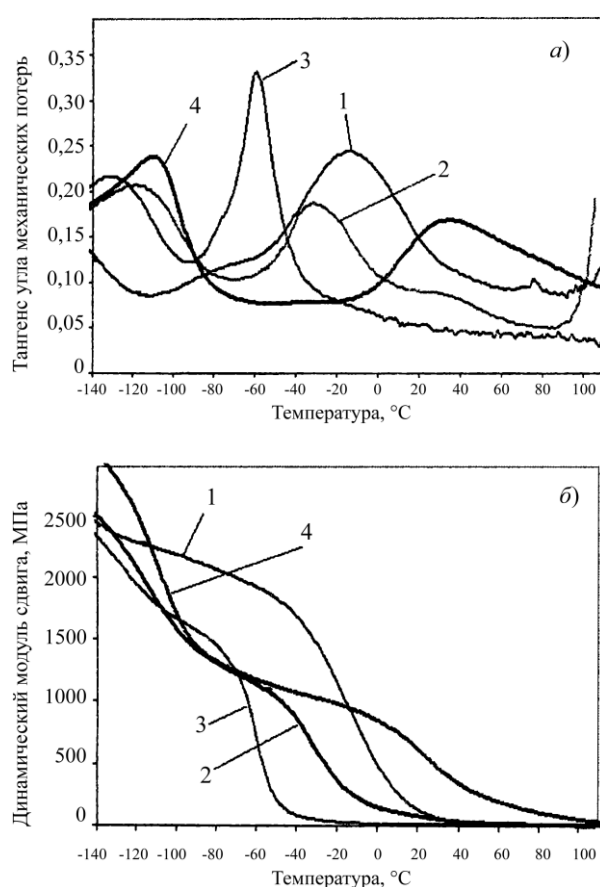


Рисунок 2 – Температурные зависимости тангенса угла механических потерь (а) и динамического модуля сдвига (б) исследованных материалов:

1 – ПВХ; 2 – композиция на основе ПЭВД; 3 – резина; 4 – ПЭНД

Таблица 1 – Температурные характеристики исследованных материалов

Материал	Морозостойкость, определенная исходя из величины модуля сдвига, °С	Морозостойкость, определенная по ударной вязкости, °С	Температура стеклования, °С	Модуль сдвига при 20 °С, МПа	Сопротивление продольному перемещению рельса, кН
Резина	-66	-60	-58	8	11,7–12,4
ПЭВД	-56	-55	-29	75	11,7–12,4
ПЭНД	-47	-45	-34	617	9,15–9,85
ПВХ	-18	-20	-12	123	7,85–8,5

На основании анализа релаксационных спектров получены температурные характеристики исследуемых материалов, представленные в таблице 1.

Одной из важных характеристик подрельсовых прокладок является сопротивление продольному перемещению рельса. Испытания по определению сопротивления продольному перемещению рельсов типа Р65 по подрельсовым прокладкам на железобетонных шпалах типа СБ проводили по методике, описанной в [5]. Сопротивление продольному перемещению рельса определяли на установке, в которой в качестве привода использовали гидроцилиндр, который через динамометр и специальный переходник передавал усилия непосредственно на анкеры СБ-3, закрепленные в железобетонной полушпале. Перемещение отрезка рельса на полушпале заблокировали упором, а сдвигу полушпалы в узле скрепления относительно рельса измеряли индикатором часового типа с точностью 0,01 мм. На данной установке поочередно испытывали узлы скрепления, собранные из новых элементов с подрельсовыми прокладками из различных материалов. Следует отметить, что сопротивление перемещению рельса на опорах возникает в основном за счет сухого трения по поверхностям скольжения, при этом заметную роль играет материал прокладок и характер поверхности скольжения. Результаты определения сопротивления продольному перемещению рельса для различных материалов представлены в таблице 1.

Проведенные исследования показали, что наибольшую морозостойкость имеет резина –66 °С (см. рисунок 2, кривая 3), однако модуль сдвига ее очень низкий – 8 МПа. Этим и объясняется выхождение резиновых прокладок из-под подошвы рельса при динамическом воздействии подвижного состава. Наименьшую морозостойкость имеет ПВХ (-18 °С), что значительно уступает многолетней минимальной температуре для условий Беларуси (-41 °С). Поэтому укладка подрельсовых прокладок из ПВХ в путь не рекомендуется. Наибольший модуль сдвига среди всех испытанных материалов имеет ПЭНД – 617 МПа, который обладает достаточной морозостойкостью (-47 °С), однако материал имеет невысокое сопротивление продольному перемещению рельсов, поэтому подрельсовые прокладки из него выпускаются для малоделятельных путей.

Материал из композиции на основе ПЭВД имеет достаточную морозостойкость ($-56\text{ }^{\circ}\text{C}$) и высокое продольное сопротивление перемещению рельсов (11,7–12,4 кН). Поэтому его необходимо рекомендовать для опытно-промышленной проверки в действующем пути.

Таким образом, анализ данных, полученных при исследовании различных материалов, применяемых для изготовления подрельсовых прокладок, показывает, что для выбора конкретного материала следует применять комплексный метод, основанный на анализе физико-механических, триботехнических и релаксационных свойств полимерных материалов.

Получено 25.08.2007

V. I. Injutin, V. E. Miroshnikov, V. N. Koval. Frost resistance test of polymer materials of under-rails linings.

A new rail brace SB-3 is being subjected to trial on Belarussian railroads. The operation experience of SB-3 brace with a rubber spacer has proved that the spacers tend to squeezing from under the rail base. Experimental spacers based on high-density polyethylene (HDPE), low-density polyethylene (LDPE) composition and polyvinyl chloride (PVC) are offered for substitution of the rubber ones.

The aim of investigations was to study the possibility of using named materials under a sustained effect of low temperatures. Their frost resistance has been studied by the relaxation spectrometry using an inverse torsion pendulum and the impact Charpy strength of the samples preliminary endured in a cryogenic chamber under required temperatures. The materials were additionally tested for their resistance to longitudinal displacement of the rail.

The investigations have shown that rubber is more resistant to frost ($-56\text{ }^{\circ}\text{C}$), whereas its elasticity modulus is rather low (8 MPa) which is the reason of its creeping from the rail base. PVC displays low frost resistance ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$) which is much less the lowest average for Belarus ($-41\text{ }^{\circ}\text{C}$), so it can't be recommended for such spacers. As for the HDPE spacers, they are sufficiently frost-resistant ($-47\text{ }^{\circ}\text{C}$) but have low resistance to rail displacement longitudinal direction (9.15–9.86 kN). Therefore they can be applied for the low-active roads. Frost resistance of LDPE compositions is $-56\text{ }^{\circ}\text{C}$ and resistance to longitudinal displacement of the rails is 11.2–12.4 kN. This fact makes it possible to recommend these specimens for experimental-industrial testing on active roads.

Список литературы

1 **Инютин, В. И.** Испытание деталей рельсового скрепления СБ-3 / В. И. Инютин // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса : междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2003. – С. 45.

2 Технические указания по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути на Белорусской железной дороге. – Минск : Белорусская ж. д., 2004. – 80 с.

3 Применение релаксационной спектрометрии для анализа резиновых смесей и резин / Б. Юрковский [и др.] // Каучук и резина. – 2002. – № 4. – С. 33–37.

4 Технические условия РБ 100380712.021–2001. Детали изоляции изостычков с рельсами Р50, Р65 и изоляции стрелочных переводов с рельсами Р50, Р65. – Гомель, 2001. – 11 с.

5 **Нехорошев, Ю. П.** Результаты испытаний скрепления СБ-3 / Ю. П. Нехорошев, В. И. Матвеев // Путь и путевое хозяйство. – 2005. – № 6. – С. 26–27.

Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2008. № 1 (16)

УДК 658.7

И. М. ЦАРЕНКОВА, аспирант, Белорусский национальный технический университет, г. Минск; Е. М. МАСЛОВСКАЯ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИИ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА

Показаны особенности использования логистики в дорожном хозяйстве. Проанализированы логистические процессы в цепи формирования поставок материалов на объекты дорожного строительства и ремонта. Показана сложность эффективного управления предприятиями дорожного хозяйства, выпускающими разнообразную продукцию. Разработана модель функциональных задач, решаемых в процессе организации строительства автомобильной дороги. Система организации строительства рассматривается как система многослойного типа с выделением трех основных слоев при вертикальной декомпозиции общей задачи. С учетом особенностей продукции дорожной отрасли составлена принципиальная схема микрологистической системы дорожно-строительного предприятия. Приведены принципиальные отличия дорожно-строительного предприятия от промышленного с точки зрения логистики. Предложено координацию работы отдельных предприятий дорожного хозяйства производить из единого логистического центра с целью увеличения рентабельности вложенного капитала.

Дорожное хозяйство Республики Беларусь представляет собой сложный многофункциональный комплекс по координации всех аспектов деятельности дорожно-ремонтно-строительно-эксплуатационных предприятий. Внутри его взаимодействуют трудовые ресурсы, средства производства, предметы труда и другие элементы, обеспечивая его целостность и устойчи-

вость функционирования. Дорожное хозяйство характеризуется эффективностью выполнения своих целей, зависимостью от факторов внешнего воздействия, активным взаимодействием с окружающими его производственными и социальными институтами посредством обмена информацией и состоит из множества взаимосвязанных компонентов.