

ПУТЬ И ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 625.142.21

В. И. ИНЮТИН, кандидат технических наук; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ИЗОЛИРУЮЩИХ ДЕТАЛЕЙ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

Надежность рельсовых цепей автоблокировки зависит от качества применяемых изолирующих деталей в стыковых и рельсовых скреплениях. Причиной отказа работы сборных изолирующих стыков является выход из строя торцевой изоляции, изготавливаемой из полиэтилена и полиамида. Находящиеся в эксплуатации изолирующие втулки изготавливаются из полиамида, который деформируется, что приводит к нарушению работы рельсовых скреплений.

Перспективным является создание новых материалов на основе модифицированной фенолформальдегидной смолы, армированной измельченными волокнами и тканями.

В данной работе исследовано влияние магнийцинкового оксихлорида, рубленых вискозных кордных волокон (ВВ) и отходов измельченных хлопчатобумажных тканей на прочность при сжатии и износостойкость композитов на основе фенолформальдегидной смолы (ФФС), модифицированной поливинилбутиралем. Отвердителем ФФС служит гексаметиленetetрамин, а ускорителем отверждения – диаминофенолдигидрохлорид. Эксперименты проводили с использованием метода центрального композиционного планирования второго порядка. Оптимизация уравнений регрессий значений прочности при сжатии и износостойкости позволила определить состав композита на основе ВВ.

Лабораторные испытания изолирующих втулок и торцевых прокладок из материалов, состав которых определен согласно представленной методике, показали, что их прочностные показатели превосходят нормативные значения, что позволит повысить надежность работы стыковых и рельсовых скреплений.

Надежная работа рельсовых цепей автоблокировки во многом зависит от качества применяемых изолирующих деталей в стыковых и промежуточных рельсовых скреплениях. Причиной отказа работы сборных изолирующих стыков с двухголовыми и объемлющими накладками является выход из строя торцевой прокладки, изготавливаемой в настоящее время в основном из полиэтилена и полиамида. Изоляция из полиэтилена имеет низкую прочность при сжатии, не превышающую 11,4 МПа [1]. При повышении температуры рельсов летом от 20 до 60 °С допускаемые напряжения полиэтилена при сжатии снижаются в два раза, и он не выдерживает продольного давления рельсов, достигающего 1000 кН.

Изолирующая втулка для раздельного клеммно-болтового скрепления КБ с жесткими клеммами первоначально выпускалась из композиционного материала на основе фенолформальдегидной смолы и высококачественной хлопчатобумажной ткани. С целью повышения прочности втулок была увеличена площадь передачи давления от гаек закладных болтов примерно в три раза [2]. В связи с дефицитом хлопчатобумажной ткани в дальнейшем используют высокопрочные стеклопластики на основе фенолформальдегидной смолы, а также стеклонаполненный полиамид [3]. Однако их применение из-за высокой стоимости было ограничено. Находящиеся в эксплуатации на Белорусской железной дороге изолирующие втулки изготавливаются, в основном, из

полиамида, который в процессе эксплуатации деформируется, что приводит к нарушению работы узла крепления рельсов к шпалам. Использование немодифицированной фенолформальдегидной смолы в композиционных материалах приводит к появлению трещин и снижению прочности деталей в условиях динамического взаимодействия пути и подвижного состава. Поэтому перспективным является создание новых материалов на основе модифицированной фенолформальдегидной смолы, армированной волокнистыми наполнителями из измельченных волокон и тканей [4].

В настоящей работе рассмотрено влияние поливинилбутирала, магнийцинкового оксихлорида и рубленых вискозных волокон на прочность при сжатии и износостойкость композитов на основе фенолформальдегидной смолы.

В экспериментах использовали фенолформальдегидную смолу марки ЛБС-3, (ФФС), модифицированную поливинилбутиралем (ПВБ) марки ПШ, отвердитель – гексаметилентетрамин (ГМТА) и ускоритель отверждения – диаминофенолдигидрохлорид (ДАФДГХ). В качестве наполнителей использовали отходы вискозного кордного волокна (ВВ), отходы измельченных хлопчатобумажных тканей (ОХБТ) и магнийцинковый оксихлорид (МЦО).

Образцы для испытаний были изготовлены методом компрессионного прессования при температуре 160 – 170 °С с выдержкой под давлением 40 МПа в течение 1 мин на 1 мм толщины изделия.

В процессе монтажа и эксплуатации изолирующие втулки подвержены действию сжимающих сил и износа, поэтому испытания материала проводились на прочность при сжатии и на износостойкость. Прочность при сжатии оценивали по ГОСТ 4651-78. Износостойкость композиционного материала исследовалась на машине трения СМЦ-2 при нагрузке 1,5 МПа и скорости относительного скольжения 0,5 м/с в условиях трения без смазочного материала по стальному контртелу.

Эксперименты проводили с использованием центрального композиционного планирования второго порядка. Параметрами оптимизации служили прочность при сжатии ($\sigma_{\text{нж}}$, МПа) и интенсивность линейного изнашивания (I), а факторами оптимизации – содержание в связующем ПВБ (X1, C1), ДАФДГХ (X2, C2), МЦО (X3, C3), ГМТА (X4, C4) и вискозных волокон (X5, C5) на 100 мас.ч ФФС. Уровни и интервалы варьирования независимых переменных представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Уровни и интервалы варьирования

Уровень и интервал варьирования	C1, мас. ч	C2, мас. ч	C3, мас. ч	C4, мас. ч	C5, мас. ч
Основной	6	0,6	10	10	110
Нижний	4	0,4	6	6	90
Верхний	8	0,8	14	14	130
Нижнее звездное плечо	2	0,2	2	2	70
Верхнее звездное плечо	10	1	18	18	150
Интервал варьирования	2	0,2	4	4	20

После обработки экспериментальных данных на ПЭВМ получены уравнения, отражающие влияние ингредиентов на прочность при сжатии и износостойкость армированного композиционного материала:

$$\sigma_{\text{нж}} = 200,9 - 3,79 X_1 - 4,009 X_2 - 6,932 X_3 - 2,318 X_4 + 17,51 X_5 + 2,273 X_1 X_2 + 1,798 X_1 X_3 + 0,281 X_1 X_4 + 1,81 X_1 X_5 + 1,04 X_2 X_3 - 1,61 X_2 X_4 + 1,231 X_2 X_5 - 1,135 X_3 X_4 - 2,494 X_3 X_5 - 2,402 X_4 X_5 - 1,047 X_1^2 - 6,643 X_2^2 - 3,801 X_3^2 - 0,106 X_4^2 - 8,014 X_5^2; \quad (1)$$

$$I \cdot 109 = 9,023 + 0,556 X_1 + 0,45 X_2 - 0,597 X_3 + 0,578 X_4 + 0,061 X_5 - 1,267 X_1 X_2 - 0,458 X_1 X_3 - 1,083 X_1 X_4 - 2,262 X_1 X_5 + 0,667 X_2 X_3 + 1,637 X_2 X_4 + 0,317 X_2 X_5 + 3,454 X_3 X_4 + 0,567 X_3 X_5 - 0,667 X_4 X_5 + 1,035 X_1^2 + 0,139 X_2^2 + 0,252 X_3^2 + 0,739 X_4^2 + 0,977 X_5^2. \quad (2)$$

Адекватность полученных математических моделей проверяли по критерию Фишера ($F_{\delta} = 4,98$) [5].

Экспериментальные значения критерия Фишера и доверительные интервалы коэффициентов уравнений регрессии соответственно равны:

– для уравнения (1) $F_y = 3,22$; $\Delta b_i = 1,2239$; $\Delta b_{ij} = 1,1071$; $\Delta b_{ij} = 1,499$;

– для уравнения (2) $F_y = 1,25$; $\Delta b_i = 0,0884$; $\Delta b_{ij} = 0,08$; $\Delta b_{ij} = 0,1083$.

Сравнение экспериментальных и табличных значений критериев Фишера показало, что уравнения (1) и (2) представляют собой адекватные математические модели композиционного материала.

С учетом значимости коэффициентов регрессии после перехода к натуральным переменным уравнения (1) и (2) принимают следующий вид:

$$\sigma_{\text{нж}} = -187,5066 - 8,0101 C_1 + 117,9725 C_2 + 5,0285 C_3 + 4,5619 C_4 + 5,53 C_5 + 5,6825 C_1 C_2 + 0,224 C_1 C_3 + 0,0351 C_1 C_4 + 0,0292 C_1 C_5 + 1,3 C_2 C_3 - 2,0125 C_2 C_4 + 0,3078 C_2 C_5 - 0,0709 C_3 C_4 - 0,0312 C_3 C_5 - 0,03 C_4 C_5 - 0,2618 C_1^2 - 166,075 C_2^2 - 0,2376 C_3^2 - 0,0066 C_4^2 - 0,02 C_5^2; \quad (3)$$

$$I \cdot 109 = 30,5065 + 7,2203 C_1 - 27,245 C_2 - 2,409 C_3 - 2,4365 C_4 - 0,0945 C_5 - 3,1675 C_1 C_2 - 0,0573 C_1 C_3 - 0,1354 C_1 C_4 - 0,0568 C_1 C_5 + 1,5152 C_2 C_3 + 2,0463 C_2 C_4 + 0,0793 C_2 C_5 + 0,2150 C_3 C_4 - 0,0071 C_3 C_5 - 0,0083 C_4 C_5 + 0,2588 C_1^2 + 3,475 C_2^2 + 0,0158 C_3^2 + 0,0462 C_4^2 + 0,00244 C_5^2. \quad (4)$$

Анализ уравнения (3) показывает, что наибольшее влияние на повышение прочности при сжатии композита оказывает содержание в связующем вискозных волокон и соотношение концентраций поливинилбутирала ДАФДГХ и МЦО. Это связано, по-видимому, с каталитическим влиянием ДАФДГХ и МЦО на процесс взаимодействия ПВБ и ФФС и на кинетику отверждения связующего, что способствует повышению прочности при сжатии полимерной матрицы и ее адгезии к вискозным волокнам и к поверхности частиц МЦО.

Графический анализ уравнения (3) показывает (рисунок 1), что при возрастании концентрации вискозных волокон поверхность отклика прочности при сжатии достигает максимума при содержании 130 мас.ч. волокнистого наполнителя, а затем снижается. Снижение разрушающего напряжения при сжатии композиционного материала, содержащего вискозные волокна в концентрации выше критической, можно связать с неполным пропитыванием волокнистого наполнителя полимерным связующим. С увеличением концентрации ПВБ наблюдается снижение разрушающего напряжения при сжатии, что можно объяснить пластифицирующим влиянием данного модификатора на полимерную матрицу.

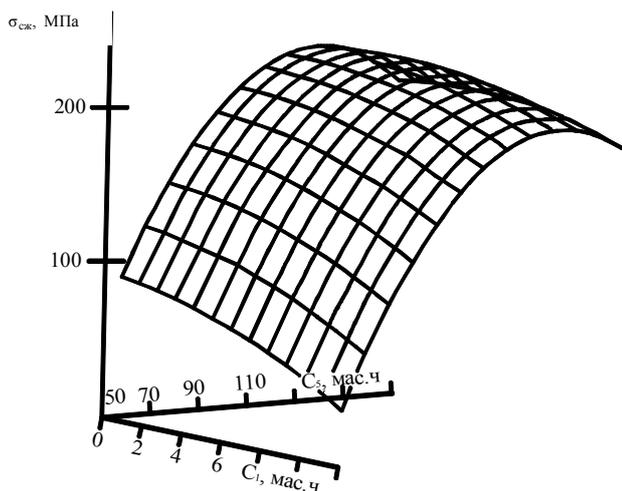


Рисунок 1 – Зависимость прочности при сжатии композиционного материала, содержащего 0,53 мас.ч ДАФДГХ, 6 мас.ч МЦО, 6 мас.ч ГМТА от содержания ПВБ (C_1) и вискозных волокон (C_5) на 100 мас.ч ФФС

Анализ уравнения (4) показывает, что наибольшее влияние на снижение интенсивности изнашивания композиционного материала оказывает содержание в связующем МЦО и соотношение концентраций ПВБ и ДАФДГХ, ГМТА и вискозных волокон. Это связано, по-видимому, с каталитическим влиянием ДАФДГХ на процесс взаимодействия ПВБ с ФФС. Графический анализ уравнения (4) показывает (рисунок 2), что с увеличением концентрации вискозных волокон и ДАФДГХ поверхность отклика интенсивности изнашивания проходит через минимум при содержании волокнистого наполнителя 90 мас.ч.

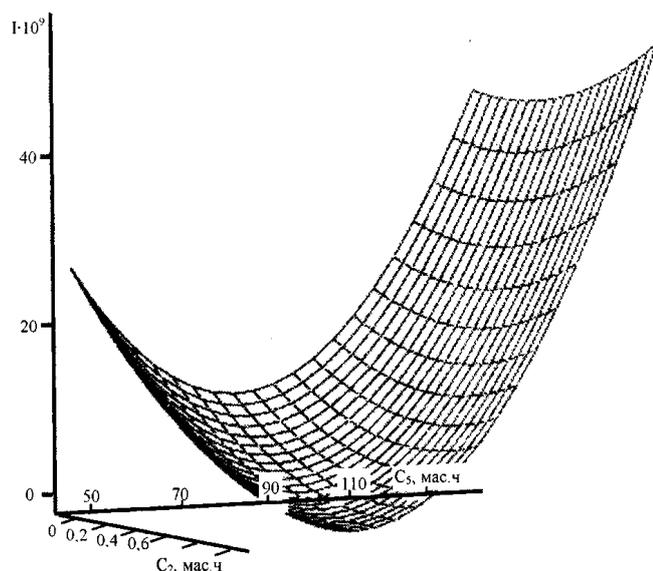


Рисунок 2 – Зависимость интенсивности изнашивания композиционного материала, содержащего 4 мас.ч ПВБ, 14 мас.ч МЦО, 6 мас.ч ГМТА от содержания ДАФДГХ (C_2) и вискозных волокон (C_5) на 100 мас.ч ФФС

Дальнейшее повышение интенсивности изнашивания с увеличением концентрации ДАФДГХ обусловлено более высоким значением коэффициента

трения композита, содержащего большое количество ДАФДГХ.

В результате обработки уравнениями (1) и (3) установлено, что максимальное расчетное разрушающее напряжение при сжатии 223,9 МПа имеет композит, содержащий 4 мас.ч. ПВБ, 0,53 мас.ч. ДАФДГХ, 6 мас.ч. ГМТА, 6 мас.ч. МЦО и 130 мас.ч. ВВ на 100 мас.ч. ФФС. Армированный материал оптимального состава имеет следующие показатели механических свойств: прочность при изгибе – 73,8 МПа, ударную вязкость – 41,7 кДж/м², твердость НВ – 360 МПа.

В результате обработки уравнения (4) установлено, что минимальную расчетную интенсивность линейного изнашивания имеет композиционный материал, содержащий 4 мас.ч. ПВБ, 0,4 мас.ч. ДАФДГХ, 14 мас.ч. МЦО, 6 мас.ч. ГМТА и 90 мас.ч. ВВ на 100 мас.ч. ФФС. Подстановка в уравнение (4) оптимального состава композита при сжатии позволяет определить расчетную интенсивность изнашивания, равную $15,2 \cdot 10^{-9}$.

Замена вискозных волокон в составе, полученном по уравнению (3), на отходы хлопчатобумажных тканей позволяет получить композиционный материал, имеющий следующие физико-механические показатели: прочность при сжатии – 222,6 МПа, прочность при изгибе – 82,7 МПа, ударную вязкость – 15,9 кДж/м², твердость – 425,6 МПа и интенсивность изнашивания – $10,1 \cdot 10^{-9}$.

Таблица 2 – Результаты лабораторных испытаний опытных втулок из композита

Вид испытаний	Нормативные требования	Волокнистый наполнитель	
		ВВ	ОХБТ
Разрушающая нагрузка, кН: при сжатии изгибе растяжении	Не менее 100	115,7	142,2
	Не менее 1,75	2,55	2,11
	Не менее 40	75,5	41,6
Ударная вязкость (поглощенная работа разрушения), Н·м	Не менее 3,0	18,0	6,63
Водопоглощение за 24 часа, %	Не более 1,2	0,91	0,24

Лабораторные испытания изолирующих втулок, изготовленных из предложенных композитов, показали, что они по прочностным характеристикам превосходят нормативные требования, предъявляемые к ним по действующим ТУ. Поэтому замена полиэтиленовых торцевых прокладок на высокопрочные из разработанного композиционного материала позволит повысить надежность работы сборных и клееболтовых изолирующих стыков.

Список литературы

1 Технические условия РБ 100380712.021-2001. Детали изоляции изостыков с рельсами Р50, Р65 и изоляции стрелочных переводов с рельсами Р50, Р65. 2001 г. – 11 с.

2 **Петров, Н. В.** Совершенствование существующих и разработка новых конструкций промежуточных рельсовых скреплений для железнодорожных шпал / Н. В. Петров, В. В. Купцов, И. И. Лозовская // Труды ВНИИЖТа. – 1979, – Вып.616.– С.1–39.

3 Технические условия 32-ЦП-786-86. Втулки изолирующие для рельсовых скреплений / Главное управление пути МПС. – М.,1986. – 10 с.

4 **Инютин, В. И.** Использование вторичного сырья для изготовления изолирующих деталей пути / В. И. Инютин, В. И. Матвеев, Е. В. Никитин // Охрана окружающей среды на транспорте и в промышленности: материалы междунар. науч.-практ. конф.– Гомель: БелГУТ, 2001.– С.25 – 27.

5 **Андронов, А. М.** Теория вероятностей и математическая статистика / А. М. Андронов, Е. А. Копытов, Л. Я. Гринг-лаз / . – СПб., 2004. – 461 с.

Получено 21.04.2006

Y. I. Injutin. Compositional material for isolating parts of rail chains.

The reliability of rail circuits of automatic block system depends on quality of applied insulating parts of joint and rail connections. The failure of assembled insulating joints is caused by failure of end insulation made of polyethylene and polyamide. Commercial insulating sleeves are made of polyamide which is deformed resulting in separation of rail connections.

The development of new materials based on modified phenol-formaldehyde resin reinforced by ground fibers and fabrics is a promising approach.

The influence of magnesium and zinc oxychloride, chopped viscous cord fiber (VF) and waste of ground cotton fabrics on the compression strength and wear resistance of composites based on phenol-formaldehyde resin (PFR) modified by polyvinylbutyral has been studied. Hexametyltetramine is used as curing agent for PFR, and diaminophenoldihydrochloride is used as accelerator of curing. The experiments have been carried out using central composite planning of second order. The optimization of equations of compression strength and wear resistance regression values allowed to determine a composition of the composite based on VF.

Laboratory tests of insulating sleeves and end gaskets made of materials which composition is determined according to the presented procedure have been shown that their strength properties exceed the standard ones resulting in increasing operation reliability of joint and rail connections.

Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2006. № 1-2(12-13)

УДК 625.17

П. В. КОВТУН, кандидат технических наук; Е. В. КОПАЧОВА, О. В. ОСИПОВА, Т. А. КОНЬКОВА, А. Г. СЕВИДОВ, инженеры; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТИНГЕНТА МОНТЕРОВ ПУТИ В ДИСТАНЦИИ

Проанализирована методика расчета количества работающих при механизированном текущем содержании пути. Разработана структурная схема определения контингента монтеров пути в дистанции и ее структурных подразделениях с учетом влияния различных эксплуатационных факторов (грузонапряженности, конструкции пути, длины путей и др.). Определение численности ведется по статьям и профессиям рабочих с использованием нормативов численности, установленных приказом Начальника дороги. Для удобства записи и производства расчетов в компьютерном варианте рекомендуется форма таблиц, разработанная в редакторе Microsoft Excel, которая позволяет при внесении данных автоматически рассчитывать контингент работающих на главных, станционных путях и стрелочных переводах. В качестве примера произведен расчет монтеров пути для Гомельской дистанции. Даны выводы и предложения по практическому использованию результатов исследования на Белорусской железной дороге.

Текущее содержание – сложный процесс в организации труда и его оплаты, так как работы ведутся в основном без перерыва движения поездов. Значительная часть технологических операций имеет характер неотложных, а люди, обслуживающие путь, постоянно находятся в опасной зоне, испытывая эмоциональную напряженность. Основные производственные рабочие в дистанции – это монтеры, занятые текущим содержанием пути, его обустройств, искусственных сооружений; дежурные по переездам. Их нормативная численность устанавливается производственно финансовым планом дистанции, который не в полном объеме учитывает механизацию путевых работ и выработку путевой техники.

Механизация текущего содержания пути обладает большими преимуществами по сравнению с обычным механизированным способом. При ней достигается высокопроизводительное выполнение плано-предупредительных путевых работ, а значит, и значительное увеличение их объемов при высоком качестве. Размеры неотложных работ на текущем содержании пути, выполняемых путевыми бригадами, сводятся к минимуму и производятся меньшим числом рабочих. Этим самым создаются условия для комплектования более крупных механизированных бригад по выполнению комплексных плано-предупредительных работ с помощью путевых машин.