

УДК 629.4 : 621.86 +06

*Н. В. Нихотина, В. А. Кохановский***ПРИМЕНЕНИЕ АНТИФРИКЦИОННЫХ КОМПОЗИТОВ С ЭПОКСИДНЫМ СВЯЗУЮЩИМ В УЗЛАХ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

Аннотация. В статье рассмотрены композиционные покрытия при возвратно-поступательном движении при коэффициенте взаимного перекрытия меньше единицы. В качестве матричного связующего и одновременно адгезива использовалась эпоксидная диановая смола марки ЭД-20 холодного отверждения. Приведены экспериментальные исследования антифрикционных композиционных покрытий как в приработочном периоде, так и в стационарном. Рассмотренные полимерные покрытия можно применять в узлах подвижного состава, таких как рессорное подвешивание, в пятниковых узлах, ударно-тяговых устройствах.

Ключевые слова: коэффициент взаимного перекрытия, покрытия, армирующий каркас, приработка, возвратно-поступательное движение.

Для цитирования: Нихотина, Н. В. Применение антифрикционных композитов с эпоксидным связующим в узлах подвижного состава / Н. В. Нихотина, В. А. Кохановский // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 2. – С. 67–72.

В настоящее время в современных тяжелонагруженных узлах подвижного состава широкое применение нашли антифрикционные композиционные полимерные фторопластсодержащие материалы, используемые в качестве покрытий [1]. Основное применение подобных покрытий выполнялось при качательном и вращательном движении. Кроме того, матричным материалом композитов являлось фенольное связующее (АФК-101), которое требовало трехчасового отверждения при высокой температуре +200 °С [2].

Наряду с армирующим каркасом композита большую роль играет матричный материал, объединяющий все компоненты покрытия в единый блок. В качестве матричного связующего использовалась эпоксидная диановая смола марки ЭД-20. Ее высокие физико-механические, теплофизические и технологические свойства определили, широкое применение этих смол и продуктов их модификации [3]. Технологическим преимуществом эпоксидного связующего в рассматриваемом композиционном покрытии является холодное отверждение, а параметром, ограничивающим применение незначительно, сниженная термостойкость.

Настоящие исследования посвящены применению композиционных покрытий при возвратно-поступательном движении с эпоксидным матричным материалом холодного отверждения. При возвратно-поступательном движении, когда коэффициент взаимного перекрытия меньше единицы увеличивается площадь переноса фторопласта и одновременно снижается температура трения.

В качестве тканых армирующих компонентов композиционного покрытия использовались технические антифрикционные ткани саржевого плетения (см. таблицу 1).

Структура покрытия из исследуемого композита определяется типом тканого каркаса, которая характеризует основные эксплуатационные свойства трибосистемы.

Саржа 1/3 является полуторослойной тканью на рабочую поверхность, которой кроме антифрикционных фторопластовых нитей выведена сетка из прочных нитей «Аримид-Т» с шагом ≈ 5 мм. Это позволяет связи, с высокой адгезией связующего к прочным нитям, увеличить количество матричного материала на поверхности ткани

и повысить антифрикционные свойства, за счет снижения переноса фторопласта на контртело. Поскольку фторопласт практически не имеет адгезии к матричному связующему, то, для адгезионной фиксации покрытия на субстрате, на изнаночную поверхность ткани выводят в основном «Аримид–Т». Второй тип ткани саржа 1/1 (рисунок 1, б) полотняного плетения выполнен из комплексных крученых нитей включающие одновременно фторопластовые и полиимидные волокна. Технологической особенностью этой ткани является возможность использовать в качестве рабочей поверхности любую ее сторону.

Таблица 1

Тканые армирующие каркасы покрытий

№№ п/п	Тип переплетения ткацкого	Артикул	Технические условия ВНИИ ПХВ	Толщина, мм
1.	Саржа 1/3	5384/3 – 80	278 – 81	0,455±0,003
2.	Саржа 1/1	5386/1 – 80	277 – 80	0,240±0,002

Они выполнены из фторопластовых нитей «полифен» (ТУ6-06-9-7-81) и полиимидных – «Аримид Т» (рисунок 1).

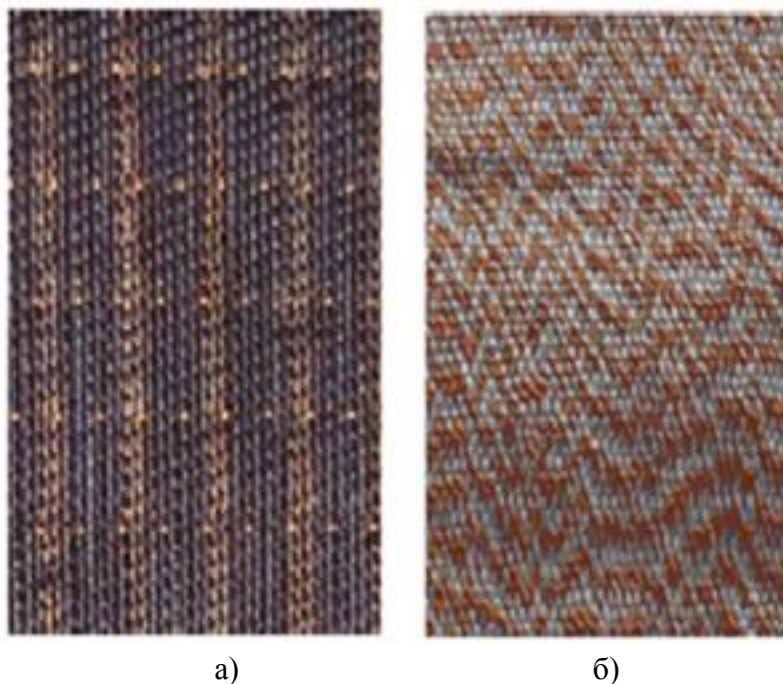


Рис. 1. Тканые армирующие каркасы:
а – саржа 1/3, б – саржа 1/1

Технологический процесс изготовления антифрикционного покрытия с тканым армирующим каркасом включает следующую подготовку: металлическая поверхность субстрата обрабатывается наждачной бумагой Ф14А-25НМ, обезжиривается нефрасом (ТУ 38.401-67-108-92), а затем покрывается тонким слоем эпоксидного связующего. Этот слой является одновременно адгезионным грунтом, обеспечивающим прочную связь с металлической подложкой. Он защищает поверхность металла от нежелательных изменений до времени нанесения покрытия. Тканый каркас пропитанный эпоксидным связующим с

отвердителем укладывается изнаночной стороной на грунтованную рабочую поверхность трибосистемы. Далее он изолируется от контакта с ответной деталью фторопластовой (ТУ 6-11-5751-766-1-88) или полиэтиленовой пленкой и устанавливается в специальном приспособлении, обеспечивающем отверждение покрытия и его фиксацию на субстрате под нагрузкой 1,5-2,0 МПа.

Поскольку для пропитки ткани и в качестве адгезионного грунта используется одно и то же связующее, автоматически выполняется условие однородности покрытия и максимальной прочности связи между слоями.

Триботехнические исследования трибосистем с композиционным покрытием при возвратно-поступательном движении контртела выполнялись на специально разработанном экспериментальном стенде. Стенд является устройством скривошипно-шатунным механизмом и приводом от электродвигателя. Кривошипно-шатунный механизм выполняет возвратно-поступательное движение цилиндрическим контртелом трибосоприжения (рисунок 2).

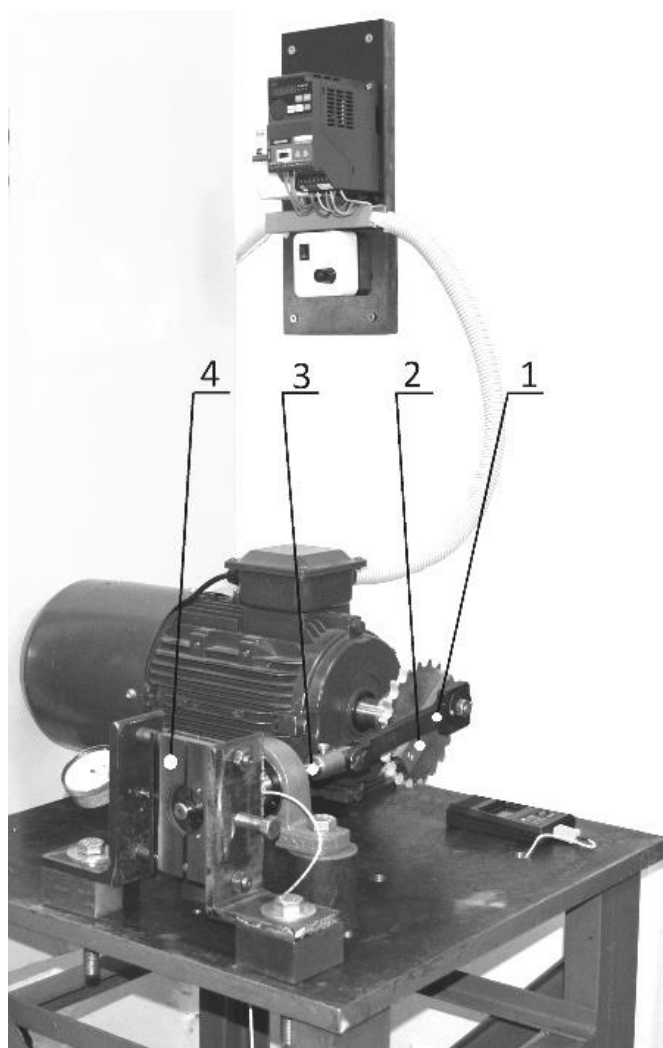


Рис. 2. Стенд для экспериментальных исследований:

1 – шатун, 2 – кривошип, 3 – ползун-контртело, 4 – нагружающее устройство.

Образцы для исследований представляют собой комплект из двух стальных полувтулок (сталь 45 ГОСТ 1050-88) с фторопластсодержащими покрытиями на внутренних рабочих поверхностях с размерами $\varnothing 14 \times 10$. На наружных поверхностях двух полувтулок имеются глухие отверстия для фиксации в обоймах нагрузочного устройства

Контртела выполнены из стали 45 и представляют собой валики с круговой канавкой для фиксации на стенде. Их наружная поверхность, контактирующая с полимерным покрытием, обработана до 9 класса шероховатости.

Экспериментальные исследования проводились при следующих эксплуатационных режимах: контактная нагрузка $\sigma = 13,4$ МПа, скорость $V = 0,195$ м/с, коэффициент взаимного перекрытия. $K_{вз} = 0,167$.

Важное значение на первоначальном этапе работы трибосистемы занимает процесс приработки [4]. Поэтому экспериментальные исследования проведены как в приработочном режиме, так и в стационарном, определяющем конец приработки покрытия. Полученные экспериментально параметры приработки антифрикционных композиционных покрытий сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Экспериментальные данные исследуемых покрытий

№	Тип каркаса покрытия	Исходная толщина покрытия, δ^* мм	Параметры приработки	
			$h_{пр}$, мм	$t_{пр}$, мин
1	Саржа 1/3	0,455	0,067	47
2	Саржа 1/1	0,240	0,043	23

График зависимости приработочного износа покрытия от времени наработки исследуемой трибосистемы представлено на рис. 3.

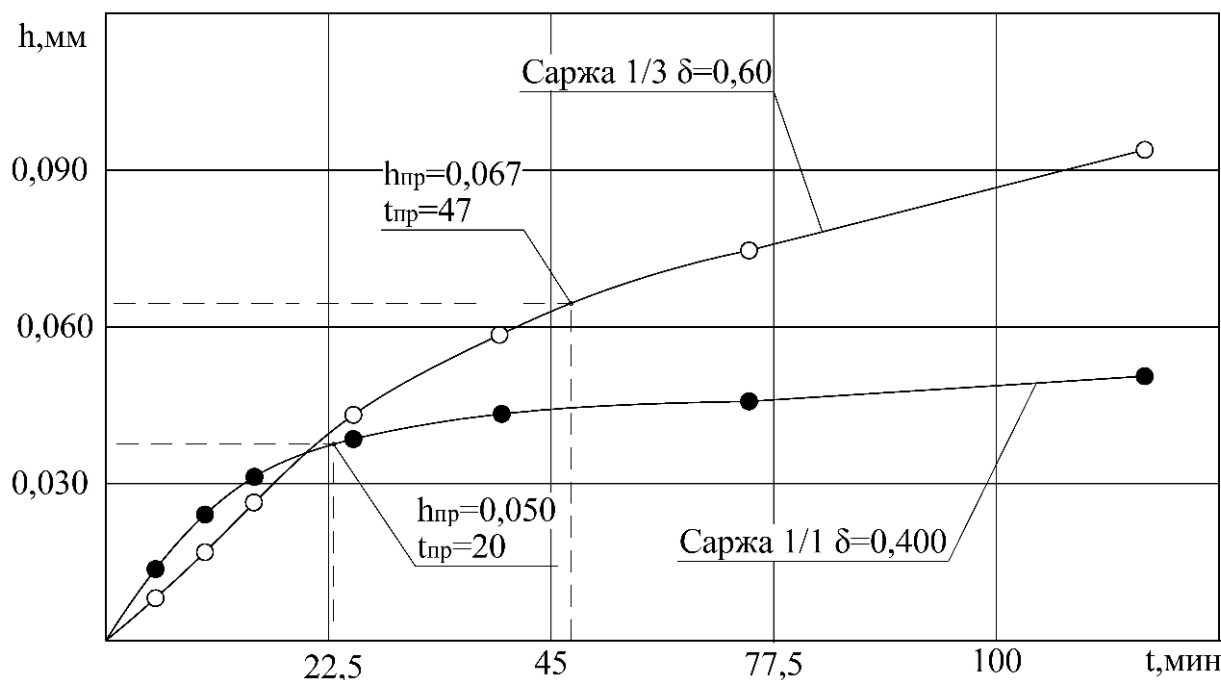


Рис. 3. График зависимости износа покрытия от времени работы

На графиках пунктиром отмечено завершение приработочного процесса. Время приработки саржи 1/3 в 2,7 раза больше, чем у саржи 1/1. Это связано с тем, что у саржи 1/3 на рабочей поверхности выведены полиимидные нити в виде регулярной сетки, из-за хорошей адгезии с матричным связующим. Адгезив выступает на поверхность и участки

фторопластовых нитей располагаются в прочной капсуле. В процессе изнашивания матричной капсулы фторопласт смазывает поверхность ответной детали, но процесс замедляется сеткой из «Аримид-Т» пропитанной эпоксидным связующим. У саржи 1/1 выведенный на рабочую поверхность «Аримид-Т» располагается случайным образом в зависимости от скрутки нитей. Это в меньшей степени ограничивает перенос фторопласта на металлическое контртело. Кроме того, саржа 1/1 является более тонким материалом, содержащим меньший процент смазочного материала фторопласта – 75%, а саржа 1/3 – 90%.

Для фторопластсодержащих антифрикционных покрытий завершение процесса приработки в физическом плане заключается в аморфизации высокоориентированного фторопласта в нитях и его достаточном адгезионном переносе на контактирующую металлическую поверхность.

В результате проведенных исследований при возвратно-поступательном движении доказана перспективность применения в качестве матричного материала и адгезива антифрикционного покрытия эпоксидного связующего холодного отверждения.

Библиографический список

1. **Колесников, В. И.** Двухслойные композиции триботехнического назначения для тяжело нагруженных узлов трения / В. И. Колесников, П. Г. Иваночкин. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2009. – 124 с. – ISBN 978-5-88814-242-43
2. **Кохановский, В. А.** Адгезия антифрикционных полимерных покрытий / В. А. Кохановский, И. В. Больших, Д. С. Мантуров // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2017. – № 4 (68). – С. 16–20. – ISSN 0201-727X.
3. **Мантуров, Д. С.** Матричное связующее для антифрикционного полимерного композиционного покрытия / Д. С. Мантуров, И. В. Больших, Е. П. Больших // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 3(95). – С. 36-42. – DOI 10.46973/0201-727X_2024_3_36. – EDN MMHENT.
4. **Нихотина, Н. В.** Приработка фторопластсодержащих покрытий при поступательном движении / Н. В. Нихотина // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 1(85). – С. 29-35. – DOI 10.46973/0201-727X_2022_1_29. – EDN SIXSGY.

N. V. Nikhotina, V. A. Kokhanovskiy

APPLICATION OF ANTIFRICTION COMPOSITES WITH EPOXY BINDER IN ROLLING STOCK UNITS

Abstract. The article considers composite coatings in reciprocating motion when the coefficient of mutual overlap is less than one. Cold-cured epoxy diene resin of the ED-20 brand was used as a matrix binder and at the same time as an adhesive. Experimental studies of antifriction composite coatings both in the operating mode and in the stationary mode are presented. The polymer coatings considered can be used in rolling stock units, such as spring suspension, in center-plate units, and impact-traction devices.

Keywords: coefficient of mutual overlap, coatings, reinforcing frame, running-in, reciprocating motion.

For citation: Nikhotina, N. V. Application of Antifriction Composites with Epoxy Binder in Rolling Stock Units / N. V. Nikhotina, V. A. Kokhanovskiy //

Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2025. – № 2.
– P. 67–72.

Сведения об авторах**Нихотина Надежда Владимировна**

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Технология металлов»,
кандидат технических наук,
доцент,
e-mail: tehn_met@rgups.ru

Кохановский Вадим Алексеевич

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Технология металлов»,
доктор технических наук, профессор,
профессор,
e-mail: tehn_met@rgups.ru

Information about the authors**Nihotina Nadezhda Vladimirovna**

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Technology of Metals»,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
e-mail: tehn_met@rgups.ru

Kokhanovskiy Vadim Alekseevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Technology of Metals»,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
e-mail: tehn_met@rgups.ru