

ISSN 2091-5527  
№ 4/2025

Ўзбекистон

# **K**ompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал  
**Композиционные материалы**

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОСТОЙКОСТИ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕНАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ ИЗ НИХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МАШИНАХ, МЕХАНИЗМАХ И ОБОРУДОВАНИЯХ СКВАЖИН НЕФТЕГАЗОВОЙ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЕЙ

Негматов С.С., Абед Н.С., Намозов С.С., Саидкулов С.А.,  
Жовлиев Ш.Х., Негматова К.С., Султанов С.У., Негматов Ж.Н.

ГУ «Фан ва тараккиет»

**Аннотация.** В данной статье приведены результаты исследований коррозионностойкости и физико-механических свойств термореактивных полимерных материалов и покрытий из них в условиях агрессивных сред, исследования декорационных функций в процессе гомогенной и диффузионной коррозии металлов, исследования физико-механических свойств ненаполненных эпоксидных полимерных материалов и покрытий на их основе, а также механизма разрушения и пути повышения их коррозионностойкости и долговечности при эксплуатации в агрессивных средах.

**Ключевые слова:** физико-механические свойства, композиция, термореактивные полимерные материалы, эпоксидные полимерные материалы, коррозионностойкость, агрессивная среда, газотрубопроводная система.

**Ведения.** В мире нефтегазовая и металлургическая отрасль имеет стратегическое и экономическое значение в развитии мировой экономики, и спрос на нефтегазовую продукцию растет с каждым днем. В связи с этим разработка эффективной ресурсосберегающей технологии получения антикоррозионных композиционных материалов и покрытий на их основе с целью предотвращения коррозии ресурсных сооружений металлоконструкций нефтегазовой промышленности, в частности, разедание в значительной степени рабочих частей машин и механизмов и коррозия оборудования нефте- и газотрубопроводных систем имеет важное значение [1-6].

В наши республике принимаются определенные меры по развитию производства коррозионностойких материалов и покрытий для нефтегазовой отрасли, а также большое внимание уделяется их защите от коррозии, повышению производительности систем оборудования нефте- и газотрубопроводной техники работающий в особо агрессивной среде и достигаются определенные результаты [7-8]. В этом аспекте разработка эффективных методов и технологии получения оптимальных составов, устойчивых к агрессивным средам покрытий на основе коррозионностойких композиционных полимерных материалов для рабочих органов машин и механизмов трубопроводных систем нефтегазовой отрасли промышленности, имеет большое значение.

В область развития производства композиционных полимерных материалов (КПМ) и покрытий на их основе внесли свой значительный вклад следующие ученые: А. Hayashi, S. Hulemand, R. Morgen, A. D'Amore, D. Jully, G. Akovali, Н.С. Ениколопов, С.Н. Журков, В.В. Коршак, А.В. Белый, А.А. Берлин, М.С. Акутин, Ю.С. Липатов, А.Д. Яковлев, И.Л.

Розенфельд, А.В. Малинин, А.А. Кравцов, К.С. Минскер, М.И. Карякина, Дж.Х. Халиков, С.С. Негматов, А.Т. Джалилов, М.А. Аскарлов, А.Х. Юсупбеков, А. Ибодуллаев., М.Г. Алимухамедов, Р.С. Тиллаев, Х.И. Акбаров, З.А. Таджиходжаев, М.Ж. Жуманиёзов, Ш.Р. Курамбаев и др.

Исходя из анализа существующих работ, следует отметить, что при разработке коррозионностойких композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе для защиты машин и механизмов трубопроводных систем нефтегазовой отрасли недостаточно учтены их адгезионные, коррозионностойкие и другие важнейшие физико-механические и химические свойства, определяющие их работоспособность и долговечность в агрессивных условиях эксплуатации. Поэтому, разработка эффективных составов коррозионностойких композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе с высокими антикоррозионными и важнейшими физико-механическими свойствами и технология их получения ещё далека от своего завершения. Данная исследовательская работа посвящено для решения этих проблем.

**Целью исследования** является разработка коррозионностойких композиционных материалов и покрытий из них для защиты машин и механизмов нефтегазотрубопроводных систем и труб испытательной оборудовании нефтегазовой и конструкции металлургической промышленности.

**Объект и методике исследования.** *Объектом исследований* являются термореактивные олигомеры - эпоксидные смолы ЭД-16, ЭД-20, ЭД-22 (ГОСТ 10587-84), пластификатор дибутилфталат (ДФФ), отвердитель полиэтиленполиамин (ПЭПА) и

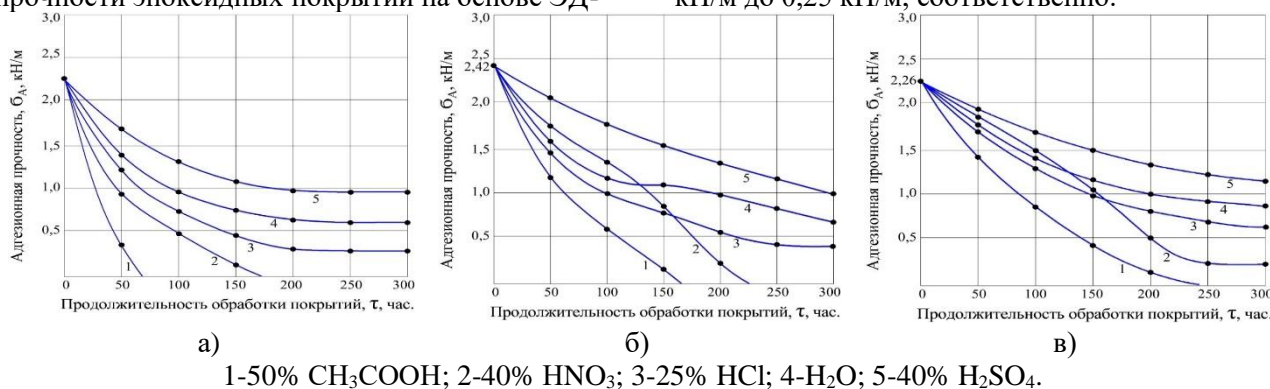
органоминеральные наполнители. *Методы исследования.* В диссертации использованы современные физико-химические методы, ИК-спектроскопия (ИК), рентгенофазовый анализ (РФА), энергодисперсионная сканирующая электронная микроскопия (SEM-EDX) и ЭПР-анализ, а также физико-механические методы, утвержденные в странах СНГ.

**Результаты исследований и их анализ.** В начале исследование проводили на основе основного состава ОС-1, состоящего из эпоксидных смол ЭД-16, ЭД-20, ЭД-22, полиэтиленполиамины и дибутилфтолата.

На рис. 1 показано изменение адгезионной прочности эпоксидных покрытий на основе ЭД-

16, ЭД-20 и ЭД-22 к стальной подложки от времени обработки в следующих агрессивных средах:  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Как видно из рис. 1а, адгезионная прочность эпоксидных полимерных покрытий снижается в зависимости от времени обработки. При этом наибольшее снижения адгезионной прочности наблюдается при обработке покрытий в уксусной кислоте и нитратном растворе. Так, в среде 50%-ой уксусной кислоты и в 40%-ом нитратном растворе адгезионная прочность эпоксидных покрытий на основе ЭД-16 к стальной подложке в течение 200 часов снижается от 2,26 кН/м до 0,18 кН/м и от 2,26 кН/м до 0,25 кН/м, соответственно.



**Рис. 1. Зависимость адгезионной прочности эпоксидных покрытий на основе ЭД-16 (а), ЭД-20 (б), ЭД-22 (в) к стальной подложке от времени обработки в различных агрессивных средах**

Как видно также из рис. 1а, наименьшее снижение адгезионной прочности эпоксидных полимерных покрытий на основе ЭД-16 при обработке в агрессивных средах наблюдается в следующей последовательности: 25 %-ной хлоридной кислотой, водой и 40%-ой серной кислотой. При этом снижение адгезионной прочности наблюдается в следующем порядке: от 2,26 кН/м до 1,2 кН/м, от 2,26 кН/м до 0,8 кН/м, от 2,26 кН/м до 0,6 кН/м, соответственно.

Как видно из рис. 1б и 1в, аналогичная тенденция наблюдается в изменении адгезионной прочности эпоксидных полимерных покрытий на основе ЭД-20 и ЭД-22 при обработке в указанных агрессивных средах в течение 300 часов.

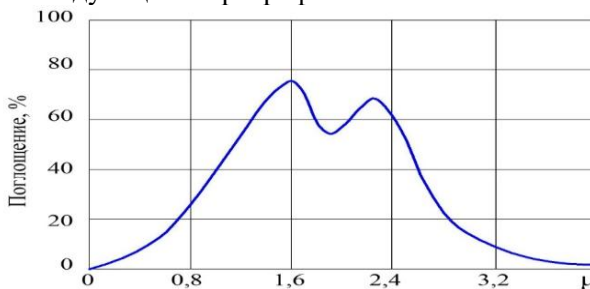
Аналогичные результаты были получены при исследовании микротвердости, прочности на изгиб и на сжатие эпоксидных покрытий на основе ЭД-20 и ЭД-22, которые подробно даны в диссертации.

Исследованием установлено, что характер изменения адгезионной прочности, микротвердости, прочности на изгиб и сжатие эпоксидных композиций на основе ЭД-16, ЭД-20 и ЭД-22 при взаимодействии с агрессивными средами практически идентичны.

Исследования химической деструкции

покрытия на основе ЭД-20 в соляной кислоте, проведенные с помощью ИК-спектроскопии, показали, что под действием агрессивной среды пленкообразующее претерпевает значительные структурные изменения (рис.2). Они выражаются в образовании большого количества промежуточных и конечных продуктов взаимодействия.

Сложность изучения химического разрушения материала под действием агрессивных сред связана с диффузионными процессами в нем, которые рассмотрены ниже в следующем параграфе.



**Рис. 2 Зависимость основной полосы поглощения HCl близкой к инфракрасной области**

Коррозионностойкие свойства как ненаполненных полимерных, так и наполненных композиционных полимерных материалов зависят от их химического сопротивления, а химическое сопротивление, в

свою очередь, в основном, зависит от физико-механических свойств полимерных и композиционных полимерных покрытий. Далее

приведено сравнение физико-механических свойств материалов и покрытий на основе модельных композиций ОС-1 и ОС-2 (табл.1).

Таблица 1

**Физико-механические свойства эпоксидных покрытий**

№	Свойства материала	ЭД-16	ЭД-20	ЭД-22	Методы определения
1	Адгезионная прочность, $G_{ад}$ , кН/м	$\frac{2,26}{2,48}$	$\frac{2,42}{2,62}$	$\frac{2,48}{2,78}$	Методом отслаивания
	$G_{ад}$ , МПа	$\frac{30,0}{32,2}$	$\frac{34,0}{35,6}$	$\frac{36,0}{37,8}$	Методом отрыва
2	Прочность на изгиб, $G_{из}$ , МПа	$\frac{106}{108}$	$\frac{115}{118}$	$\frac{122}{127}$	ГОСТ 8462
3	Прочность на сжатие, $G_{сж}$ , МПа	$\frac{122}{124}$	$\frac{118}{120}$	$\frac{110}{112}$	ГОСТ 5802-86
4	Микротвердость Н·м, МПа	$\frac{275}{278}$	$\frac{220}{226}$	$\frac{195}{208}$	ГОСТ 9450-76
5	Внутреннее напряжение, $G_{вн}$ , МПа	$\frac{24,0}{22,0}$	$\frac{16,0}{14,0}$	$\frac{10,0}{8,0}$	ГОСТ 54480
6	Плотность, $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	$\frac{1,264}{1,288}$	$\frac{1,260}{1,280}$	$\frac{1,250}{1,258}$	ГОСТ 3900-85

Примечания: в заменательно результаты исследование покрытий на основе ОС-1, а в числителе покрытия из ОС-2

Из таблицы 1 видно, что по всем показателям физико-механических свойств эпоксидных композиций наилучше результаты наблюдаются у покрытий на основе модельной композиции ОС-2, пластификатором у которого является госсиполовая смола - отход масложирового производства.

Таким образом, госсиполовая смола с одной стороны играет роль пластификатора, с другой стороны – модификатора, улучшающего свойства полученных покрытий.

В связи с этим при дальнейших исследованиях при разработке коррозионностойких композиционных эпоксидных материалов для получения из них покрытий использовали ОС-2, состоящий из 100 масс.ч эпоксидной смолы, 20 масс.ч госсиполовой смолы и 10 масс.ч полиэтиленполиамины.

При этом может реализоваться диффузионная модель деградации гомогенного и гетерогенного типа. Это зависит от скорости насыщения агрессивной жидкостью и условиями эксплуатации. Гомогенная деградация поперечного сечения элементов из эпоксидных материалов характеризовалась равномерной интенсивностью деструкции композита по всему объему. Нами совместно с А. Насридиновым была предложена модель гомогенной деградации эпоксидных композиционных полимерных материалов (рис.6).

Исследованиями было установлено влияние скорости проникновения агрессивной

среды и скорости химического реагирования на процесс разрушения материала. Выявлено, что в зависимости от этих скоростей разрушение пленкообразующих может протекать в трех областях: внешней диффузионно-кинетической, внутренней кинетической и внутренней диффузии агрессивной среды в пленкообразующих.

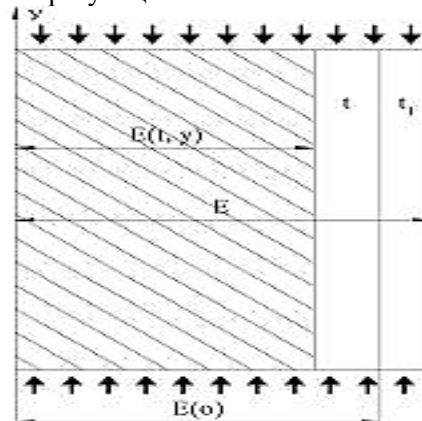


Рис. 3. Модель гомогенной деградации материала

Таким образом, механизмом разрушения композиционных полимерных материалов в агрессивных средах является отношение скорости проникновения агрессивной среды к скорости химического реагирования материала. Если это отношение меньше единицы, происходит частичное поверхностное разрушение, если больше единицы – полное разрушение материала конструкции.

Необходимо отметить, что покрытие полученные из эпоксидных материалов и его производных можно применяемых для защиты

## СОДЕРЖАНИЕ

## 1. Химия и физикохимия композиционных материалов и нанокomпозитов

<b>Хурсанов А.Х., Негматов Ж.Н., Курбонов У.М., Негматова К.С., Негматов С.С., Абед Н.С., Икрамова М.Э., Рахимов Х.Ю.</b> Исследование и разработка эффективных составов композиционных химических флотореагентов-вспенивателей на основе органо-неорганических ингредиентов для применения в процессе флотации цветных и благородных руд .....	3
<b>Абед Ф.Ж.</b> Разработка методов качественного и количественного анализа действующих веществ фотоплёнок на основе жидкого экстракта Алоэ и метилурацила .....	9
<b>Самандаров Х.О., Вапаев М.Д., Собиров Ж.С., Ибадуллаев А.С., Тешабаева Э.У.</b> Эластомерная композиция наполненных кизилгия Ангрнского месторождения для машиностроения .....	13
<b>Алиева М.Т., Ихтиярова Г.А., Ганибекова М.Ф.</b> Органобентониты на основе хитозана <i>Apis Mellifera</i> для сорбции ионов переходных металлов .....	17
<b>Содикова М.А., Шомуротов Ш.А., Каримов А.</b> Полимерные композиты на основе фиброина шелка и полиальдегиддекстрана .....	21
<b>Шакарова Д.Ш.</b> Оптимальный процесс синтеза гибридного нанокomпозитного фиброин/кремнеземного адсорбента с применением золь-гель технологии .....	25
<b>Parpiyeva D.A., Doliyev G'.A., Mamajanov S.B.</b> Mahalliy xomashyolar asosida olingan surkov kompozitning fizik-kimyoviy tahlili .....	28
<b>Mardonqulov Sh.O'., Karimov K.A., Turaxodjayev N.J., Turahujayeva Sh.N.</b> Eritmadagi alyuminiy oksidi konsentratsiyasining haroratga bog'liqligini eksponensial modellashtirish .....	32
<b>Абдуллаева Г.А.</b> Синтез, структурная характеристика комплексов кадмия(II) на основе 2-меркаптобензиотиазола .....	34

## 2. Физико-механика и трибология композиционных материалов

<b>Негматов С.С., Абед Н.С., Намозов С.С., Саидкулов С.А., Жовлиев Ш.Х., Негматова К.С., Султанов С.У., Негматов Ж.Н.</b> Исследование коррозионностойкости и физико-механических свойств ненаполненных полимерных материалов и покрытий из них для применения в машинах, механизмах и оборудовании скважин нефтегазовой и металлургической промышленности .....	39
<b>Мардонакулов Ш.У., Каримов К.А., Турахужаева Ш.Н., Махмудов Ф.М., Носирходжаев И.А., Тураходжаев Н.Д.</b> Флюсы, применяемые для снижения окисления при плавке алюминиевых сплавов ....	42
<b>Mirzaraximov A.A., Komilov Q.O'., Kurbanova A.Dj., Muxamedov G'.I.</b> Modifikatsiyalangan karbamido-formaldegid oligomeri va fosfogips asosidagi kompozitsion materiallarning fizik-kimyoviy, mexanik va ekspluatatsion xossalari .....	44
<b>Негматов С.С., Холматов Э.А., Абед Н.С., Негматов Ж.Н., Косимов Ш.Б., Халимжанов Т.С.</b> Исследование физико-механических свойств физически модифицированных композиционных терморезистивных полимерных материалов и покрытий на их основе .....	47
<b>Мухамедов А.А., Гузашвили К.В., Инагамов У.Ш.</b> Практические возможности получения термодиффузионных слоев хрома .....	51
<b>Turakhujaeva Sh.N., Sharipov K.A., Mardonakulov Sh.U., Karimov K.A., Turakhujaeva A.N.</b> The effect of modifiers on the melt during the smelting of aluminum alloys in gas furnaces .....	54
<b>Хасанов С.М., Ўнгбоев А.М.</b> Окисление конструкционных обрабатываемых материалов при их намагничивании .....	55
<b>Бекмурзаев Н.Х.</b> Кинетика формирования борированного покрытия на поверхности стальной отливки ...	58
<b>Казаков А.С., Исмадова Р.А., Амонов М.Р., Полатов Б.Б.</b> Изучение физико-механических показателей хлопчатобумажной пряжи, ошлихтованной полимерными композициями .....	62
<b>Каршиев М., Файзиев М.М.</b> Исследование объёмного износа деталей почвообрабатывающих сельскохозяйственных машин, полученных газопламенным напылением с последующим оплавлением ...	65