ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК НЕФТЕШЛАМА НА СМАЧИВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ И АДГЕЗИЮ БИТУМА

В. Ю. Писарев

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель И. И. Злотников

Проблема коррозионного разрушения металлических конструкций и оборудования остро стоит перед нефтегазовой отраслью, так как добыча, переработка, транспортировка и хранение нефти и нефтепродуктов связана с применением трубопроводов большой протяженности и использованием крупногабаритного нефтегазопромыслового оборудования. Одним из экономичных и эффективных вариантов их противокоррозионной защиты являются применение битумных материалов, что связано с простой технологией их изготовления и дешевизной компонентов. Рассмотрено влияние нефтяного шлама на смачивающие и адгезионные свойства битума по отношению к стальным поверхностям. Установлено, что битум, модифицированный нефтешламом, увеличивает смачивающую способность и адгезионные свойства.

Ключевые слова: защита от коррозии, нефтяной битум, нефтешлам, смачиваемость, адгезия.

Защита от коррозионного разрушения стальных трубопроводов и нефтепромыслового оборудования является важной задачей современной нефтяной промышленности. Одним из наиболее экономичных и эффективных способов, обеспечивающих противокоррозионную защиту, является применение битумных покрытий, что связано с простой технологией их изготовления и дешевизной компонентов. Однако в чистом виде битумы не могут обеспечить требуемую долговечность и надежность защитных покрытий. Дисперсные минеральные наполнители (мел, каолин, окислы металлов и др.) повышают механическую прочность битумов, но снижают их эластичность и повышают хрупкость, что может приводить к отслаиванию защитных покрытий. Пластифицирующие добавки, к которым относятся, в первую очередь, минеральные масла, увеличивают липкость битума и снижают его хрупкость, но при этом уменьшают механическую прочность и теплостойкость. Кроме того, минеральные масла имеют высокую стоимость. Поэтому необходимо решить сложную задачу – с одной стороны, повысить жесткость и механическую прочность исходного битума, а с другой – увеличить эластичность и липкость (адгезию) материала.

Основываясь на литературные данные [1] и ранее проведенные исследования [2, 3], эту задачу предполагалось решить путем введения в состав битума нефтяного шлама Мозырского нефтеперерабатывающего завода, который образуется в процессе дренирования и пропарки нефтепроводов и резервуаров для хранения и транспортирования нефти. Нефтешлам имеет плотность 880–910 кг/м^3 и представляет собой смесь нефтепродуктов, воды и механических примесей. Механические примеси состоят из оксидов металлов (в основном железа) с небольшим содержанием глинисто-песчаных пород, а в нефтепродуктах присутствует небольшое количество асфальтосмолопарафиновых веществ. Состав (мас. %) используемых образцов нефтешлама следующий: вода – 15–20; механические примеси – 8–14; нефтепродукты – остальное. Можно предположить, что дисперсные механические примеси будут повышать прочность битума, а нефтепродукты снизят хрупкость и повысят его адгезию к стали.

Битумную смесь для проведения исследований готовили следующим образом. В металлическую емкость загружали битум марки БН 70/30 и нефтешлам, разогре-

вали до температуры 80–90 °С и выдерживали до полного испарения воды. Затем температуру повышали до 150–160 °С, тщательно перемешивали и использовали полученный расплав для изготовления образцов.

Качество защитных битумных покрытий определяется, в первую очередь, степенью сцепления (адгезией) битума со стальной поверхностью, а адгезия зависит от смачивающей способности расплава битума по отношению с металлической поверхности. Смачивающую способность оценивали по величине краевого угла смачивания битумом стальной поверхности, который определяли методом лежачей капли. Для этого каплю расплава битума стеклянной палочкой наносили на поверхность фольги толщиной 0,1 мм из стали марки Ст 3. После ее растекания и формирования равновесной формы проводили фотографирование профиля капли вэб-камерой. На рис. 1 приведен типичный вид сформированной капли битумной смеси на поверхности стали.

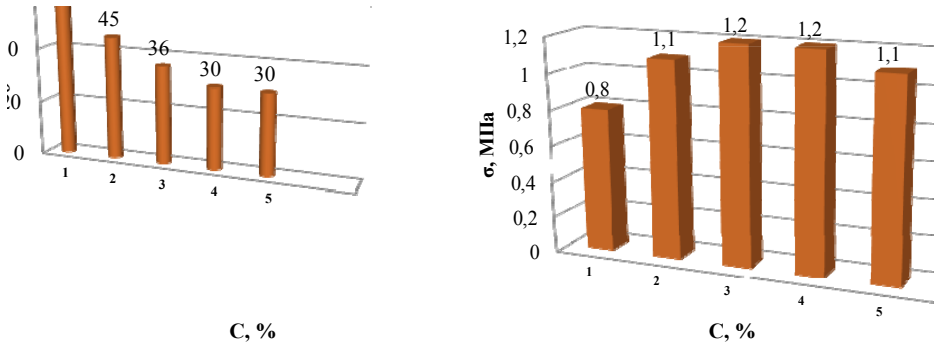


а) *б*) *в*)

Рис. 1. Капля битума на поверхности стальной фольги (*а*);
профиль той же капли (*б*); измерение краевого угла смачивания (*в*)

Прочность сцепления (адгезиию) битума со стальной поверхностью определяли методом нормального отрыва стальных цилиндрических образцов диаметром 20 мм, склеенных основаниями расплавом исследуемого состава на разрывной машине (ГОСТ 32299-2025).

На рис. 2, *а* приведена зависимость краевого угла смачивания θ битумом поверхности стали, а на рис. 2, *б* – зависимость адгезии битума к стали от содержания в нем нефтешлама *С*, мас. %.



а) *б*)

Рис. 2. Влияние содержания нефтешлама *С*, мас. % на величину краевого угла смачивания θ битумом поверхности стали (*а*) и адгезии σ битума к стали (*б*):
1 – битум исходный; *2* – 5; *3* – 10; *4* – 15; *5* – 20

На основании проведенного исследования за рекомендуемое содержание нефтешлама в битуме принято 10–15 %.

Для определения коррозионной стойкости защитных покрытий изготавливали образцы путем нанесения расплава кистью на образцы из стальной фольги. Были испытаны покрытия из чистого битума и битума, содержащего 12 мас. % нефтешлама.

Испытания проводили по следующим показателям:

1. Стойкость к статическому воздействию воды при 20 ± 2 °С, ГОСТ 5631-79 (48 ч).

2. Стойкость к статическому воздействию 3%-го раствора NaCl при 20 ± 2 °С, ГОСТ 5631-79 (3 ч).

3. Определение адгезии методом решетчатого надреза, ГОСТ 31149-2014, до и после воздействия агрессивных сред.

Визуальный осмотр образцов после проведения испытаний показал:

1. Оба покрытия выдержали требования, предусмотренные ГОСТом по коррозионной стойкости в 3%-м растворе NaCl.

2. На поверхности образцов покрытия из чистого битума после 48 ч выдержки в воде появились мелкие дефекты в виде вздутий, и адгезионная прочность значительно ухудшилась, а у покрытия, содержащего 12 % нефтешлама, осталась без изменения.

Таким образом, проведенные исследования показали, что использование отходов нефтеперерабатывающего производства (нефтешлама) позволяет значительно улучшить адгезионные свойства и коррозионную стойкость битума. Этот результат можно использовать при разработке новых битумных материалов для защиты металлоконструкций от воздействия неблагоприятных факторов. Кроме того, использование рассмотренных отходов позволит частично решить проблему их утилизации и снизить себестоимость готовой продукции.

Литература

1. Сафин, С. Г. Битумно-полимерные гидроизоляционные материалы с использованием нефтешламов / С. Г. Сафин, А. Н. Черепанов, И. А. Шиганов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2020. – № 3 (294). – С. 51–54.
2. Дубодел, В. П. Гидроизоляционные битумные материалы с использованием отходов нефтеперерабатывающего и масложирового производства / В. П. Дубодел, И. И. Злотников, В. М. Шаповалов // Материалы, технологии, инструменты. – 2012. – Т. 17, № 3. – С. 54–57.
3. Разработка битумно-полимерного композиционного материала для защиты и ремонта нефтепромысловых трубопроводов и оборудования от коррозионных и механических повреждений / Т. В. Атвиновская, В. П. Дубодел, И. И. Злотников, В. М. Шаповалов // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2025. – № 2 (101). – С. 33–40.

ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИЙ СТАЦИОНАРНЫХ РОБОТОВ С ЦИКЛОВОЙ И ЧИСЛОВОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ

Э. А. Гордеенко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель М. И. Михайлов

Рассмотрена современная автоматизация производства, где соответственно особую роль играют промышленные роботы, которые обеспечивают высокую точность и производительность технологических процессов. Для обеспечения правильной функциональности са-