

ПРОТИКОРОЗІЙНИЙ ЗАХИСТ ТРУБОПРОВІДНИХ СИСТЕМ

М.С. Полутренко

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727173,
e-mail: no@nuing.edu.ua

Розглянуто основні аспекти протикорозійного захисту трубопроводних систем. Розкрито можливі причини виникнення екологічно-небезпечних ситуацій. Розроблено інноваційні біостійкі ізоляційні покриття для захисту підземних трубопроводів. В трасових умовах проведено випробування ізоляційного покриття на основі бітумно-полімерної мастики, модифікованої інгібітором з класу амінів. Розроблено технічні умови на серійне виготовлення модифікованих мастик з перевіркою їх на біостійкість.

Проведено сертифікаційні випробування, які довели перспективу використання модифікованої бітумно-полімерної мастики МБПІМ-Д-1 для протикорозійного захисту підземних споруд від ґрунтової та біокорозії.

Ключові слова: ізоляційні покриття, мастика, біостійкість, трубопроводи

Rассмотрены основные аспекты антикоррозионной защиты трубопроводных систем. Раскрыты возможные причины возникновения экологически опасных ситуаций. Разработаны инновационные биостойкие изоляционные покрытия для защиты подземных трубопроводов. В трасовых условиях проведены испытания изоляционного покрытия на основе битумно-полимерной мастики, модифицированной ингибитором из класса аминов. Разработаны технические условия на серийное изготовление модифицированных мастик с проверкой их на биостойкость.

Проведены сертификационные испытания, которые показали перспективу использования модифицированной битумно-полимерной мастики МБПІМ-Д-1 для антикоррозионной защиты подземных сооружений от почвенной и биокоррозии.

Ключевые слова: изоляционные покрытия, мастика, биостойкость, трубопроводи

The main aspects of the corrosion protection of pipeline systems. Disclosed the possible causes of environmentally hazardous situations. Developed innovative biological stability of insulating coatings for the protection of underground pipelines. In field conditions tested insulating coatings based on bitumen - polymer mastic modified inhibitor class of amines. Technical conditions for mass production of the modified cements with checking them for biological stability.

Conducted certification tests of modified bitumen-polymer mastic MBPIM-D-1, which showed the prospect of using this mastic for corrosion protection of underground facilities from the soil and biological corrosion.

Keywords: insulation coatings, sealant, biological stability, pipelines

Актуальність проблеми

Враховуючи важливу стратегічну роль трубопроводних систем України, особливу увагу викликає надійність та ефективність їх роботи, від яких залежить енергетична та екологічна безпека нашої держави. Однією із найстаріших трубопроводних систем світу (свій початок роботи веде з 20-х років минулого сторіччя) є газотранспортна система ДК "Укртрансгаз," лінійними службами підрозділів якої обслуговується 38579,5 км трубопроводів, в тому числі:

- магістральні газопроводи – 22148,3 км;
- газопроводи – відгалуження – 13363,0 км;
- розподільні газопроводи – 3068,2 км.

На даний час у країнах колишнього СРСР, а також в Україні є в наявності значні обсяги робіт з капітального ремонту магістральних нафтогазопровідних систем, промислових трубопроводів різноманітного призначення, середній термін служби яких перевищує 20-30 років.

На території України в даний перелік входять такі магістральні газопроводи, як «Уренгой – Помари – Ужгород» діаметр 1420 мм, загальна протяжність 4451 км, побудований в 1983 році; МГ «Союз» (Оренбург – Західний кордон) діаметр 1420 мм, загальна протяжність 4867 км, побудований в 1975 році; МГ «Про-

грес» (Уренгой – Ужгород II) діаметр 1420 мм, загальна протяжність 3473 км, побудований в 1988 році; МГ «Середня Азія – Центр» діаметр 1200-1420 мм, загальна довжина 5000 км, побудований в 1967 році (1 черга); Магістральний нафтопровід «Дружба» діаметр 800-1220 мм, загальна протяжність 8900 км, побудований в 1964-1974 рр., а за її межами – магістральні трубопроводи Казахстану, Іраку, Ірану, Узбекистану, Туркменістану і т.д.

Трубопроводи будувалися швидкими темпами і за недосконалою технологією, використовувалося, в основному, бітумне антикорозійне покриття лінійної частини трубопроводів, яке має термін експлуатації не більше 15 років. Тому, на сьогоднішній день, понад 70% магістральних трубопроводів потребують капітального ремонту із заміною протикорозійного ізоляційного покриття лінійної частини.

На даний час в Україні експлуатується значна кількість магістральних трубопроводів різноманітного призначення, середній термін служби яких перевищує 20-30 років.

За останнє десятиріччя відбулися позитивні зміни в структурі виробництва і застосуванні сучасних видів ізоляції – поліуретанової, поліепоксидної, тришарової поліетиленової. Проте,

в цей же час домінуючі позиції в нафтогазовому комплексі України зберегли менш ефективні з точки зору протикорозійних і техніко-експлуатаційних параметрів, але значно дешевші мастики та мастиково-стрічкові покриття на нафтобітумній основі, про що красномовно свідчить структура ізоляційних покриттів в газовому секторі. Серед ізоляційних покриттів мережі газопроводів довжиною 35583 км газотранспортної системи України лівова частка припадає на гумово-бітумну ізоляцію 18580 км (52%) і стрічкову ізоляцію – 15146 км (42,6%). На долю ізоляційних матеріалів заводського нанесення припадає більше 5%, а саме: поліетилен – 1033 км (2,9%), поліуретан – 317 км (0,9%), пластобіт – 507 км (1,4%). В загальній структурі магістральних газопроводів за терміном експлуатації від 15 до 50 років частка їх становить близько 60% (59,43). З огляду на це виникає дилема: заміна труби при вичерпуванні нормативного ресурсу роботи чи заміна ізоляції?

Практично вся мережа нафтопроводів України захищена бітумною ізоляцією. Підприємства ВАТ «Укртранснафта» і ДК «Укртрансгаз» НАК «Нафтогаз України» для переізоляції нафтогазопроводів застосовують бітумно-полімерні мастики в кількості близько 2 тис. тонн в рік.

При загальному скороченні мастикових покриттів все ж таки будуть удосконалюватися «традиційні» нафтобітумні покриття. Реалії структури виробництва і застосування протикорозійних матеріалів для ізолювання різних типів магістральних і комунальних трубопроводів в Україні не дають можливості відмовитися на найближчі 5-10 років від дешевих і доступних нафтобітумних покриттів [1]. Не дивлячись на те, що в більшості технічно розвинутих країн Європи частка нафтобітумної ізоляції не перевищує 10% і обмежується застосуванням труб діаметром не більше 600 мм, в Україні через відставання у виробництві сучасних видів ізоляції більшість підприємств нафтогазового комплексу використовує нафтобітумні та нафтобітумно-стрічкові покриття. Тому проблема вдосконалення нафтобітумної ізоляції залишається актуальною в науковому і практичному аспектах.

Внаслідок тривалої експлуатації частини газопроводів України зростає ризик аварійно-небезпечних дефектів, таких як утворення корозійних тріщин, можливість вибуху на газопроводах, деформація трубопроводів, спричинена зсувами, повеннями та ін.). Як наслідок, надходження до атмосферного повітря, ґрунту та водойм складових природного газу. Майже 95% викидів становлять газоподібні речовини, основними з яких є Карбон (IV) оксид – CO_2 , метан – CH_4 , Нітроген (I) оксид – N_2O , Нітроген оксиди – NO_x , Карбон (II) оксид – CO [6]. Накопичення цих речовин в атмосфері є причиною порушення газового балансу, що значною мірою, може зумовити глобальну зміну клімату. Особливо небезпечними є сульфуровмісні сполуки й оксиди Нітрогену, що спричиняють

кислотні дощі, які здатні випадати на відстані багатьох сотень і тисяч кілометрів від джерела первісного викиду шкідливих речовин. Під впливом кислотних дощів відбувається закислення озер і ґрунтів, змінюється їх хімічний склад.

До найбільш розповсюджених порушень геологічного середовища відносяться знищення ґрунтового-рослинного покриву, зміни рельєфу, складу ґрунтів і підземних вод, активізація геологічних процесів й явищ, виникнення нових їхніх форм. Дані компоненти навколишнього середовища порушуються в результаті розчищення траси від рослинності для прокладання трубопроводів, планування смуги, спорудження тимчасових під'їзних доріг та ін. В результаті проведення перехованих робіт відбувається інтенсивне порушення ґрунтового-рослинного покриву, знижується біологічна продуктивність ґрунту, порушується водний і температурний режим ґрунтів, їх зволоженість, виникають ерозії, заболочуваність, сприяючи тим самим розвиток мікробіологічної корозії підземних трубопроводів, що, в свою чергу, зумовлює ризик виникнення екологічно-небезпечних ситуацій.

Одним із шляхів підвищення рівня екологічної безпеки газотранспортної системи України є комплексний захист газопроводів від корозії, що включає в себе діагностування технічного стану газопроводів, під час якого визначається стан ізоляційного покриття на побудованих чи відремонтованих ділянках трубопроводів, ступінь корозії металу труби, надійність та ефективність протикорозійного захисту. Також першочерговим завданням для газової галузі є створення низки національних та галузевих стандартів України, які регламентуватимуть основні вимоги до транспортування природного газу, вимірювання його витрат, протикорозійного захисту магістральних газопроводів, надійності та безпечності функціонування газотранспортної системи.

В експлуатаційній практиці підземних нафтогазопроводів пошкодження труб крім корозійно-механічної природи включають ще біологічну складову, яка полягає в деструкції захисного ізоляційного покриття під дією асоціацій ґрунтових мікроорганізмів, домінуючі позиції серед яких зберігають сульфат відновлювальні бактерії, які беруть безпосередню участь в біоелектрохімічному процесі, що протікає на поверхні металу. Зростає небезпека техногенних екологічних катастроф. Проблема запобігання розвитку мікробної корозії набуває статусу еколого-технологічної проблеми першочергового значення. Одним із шляхів вирішення даної проблеми є розробка і практична реалізація інноваційних біостійких модифікованих мастик на бітумно-полімерній основі поліфункціональними інгібіторами корозії (біоцидами) з підвищеними гідрофобними та фізико-механічними показниками. Оцінка біостійкості інгібіторів корозії під дією мікроорганізмів в процесі експлуатації ізоляційних покриттів може стати основою для прогнозування реакції довкілля на техногенне втручання в природне середовище.

Таблиця 1 – Характеристики мастик

Найменування показника	МБП-Д-1	МБГ-90	Розроблені модифіковані інгібіторами корозії бітумно-полімерні мастики	
			Амін	ЧАС
Температура розм'якшення за методом кільця і кульки, °С, не менше	90	90	95	93
Глибина проникнення голки при 25 °С, 0,1 мм, не менше	18	20	20	21
Розтяг при 25 °С, мм, не менше	70	30	100	95
Водонасичення за 24 год, %, не більше	0,13	0,2	0,13	0,14
Адгезія пластифікованої мастики до заґрунтованого металу, МПа, не менше	0,25	0,2	0,68	0,62
Адгезія стрічки до мастики, Н/мм	1,5		1,7	1,7

Мета роботи полягає в розробленні інноваційних біостійких ізоляційних покриттів на бітумно-полімерній основі для захисту підземних трубопроводів.

Результати досліджень та обговорення

Об'єктом дослідження слугувала бітумно-полімерна мастика, яка, серед бітумної ізоляції, займає ключові позиції. Серед широкого асортименту інгібіторів корозії, які є представленими як на вітчизняному ринку, так і за межами нашої країни, для модифікації базової бітумно-полімерної мастики було використано органічні інгібітори різних класів, які б добре суміщалися з бітумно-полімерною основою, покращували адгезійні характеристики, забезпечували мікробіологічну стійкість та гідрофобні властивості покриття. Практика використання інгібіторів корозії свідчить, що універсальних інгібіторів не існує. Фактори, які не враховані при підборі інгібіторів корозії, можуть призвести до порушення технологічного процесу, наприклад, при несумісності інгібітора з іншими компонентами та інгібованою основою. Тому для одержання ефективного протикорозійного захисту при підборі інгібіторів корозії для модифікації праймерів і мастик необхідно дотримуватися загальноприйнятих принципів, а саме:

- для кожного конкретного випадку необхідно підбирати інгібітори, їх концентрацію, віддаючи перевагу хімічно чистим реагентам (не дивлячись на їх високу вартість) з таких розрахунків, щоб забезпечити їх ефективність при малих концентраціях;

- при підборі інгібіторів необхідно враховувати їх властивості: в'язкість, температуру, густину, розчинність, термостабільність, здатність добре суміщатися зі складовими покриття, збільшувати адгезію покриття до металу, зменшувати водонасичення;

- інгібітори повинні забезпечувати захист від загальної та локальної корозії;

- токсичність інгібіторів повинна відповідати санітарно-гігієнічним нормам;

- інгібітори не повинні бути дорогими;

- інгібітори корозії, крім гальмування електрохімічної корозії, повинні володіти бактерицидними властивостями для забезпечення мікробіологічної стійкості.

Вибрані інгібітори корозії з класу амінів та четвертинних амонійних солей (ЧАС)* (з комерційних міркувань назви інгібіторів не розкриваються) відносяться до катіонних поверхнево-активних речовин. Результати проведених досліджень та аналіз характеристик мастик (табл. 1) свідчать, що модифікація базової мастики МБП-Д-1 вибраними інгібіторами корозії призводить до покращення адгезії мастики до металу. Введення інгібіторів корозії до складу праймерів практично не вплинуло на адгезію стрічки до заґрунтованого металу. Міцність на удар в більшості випадків відповідала нормативному показнику згідно з ДСТУ 4219-2003[2] і становила 15 Дж. Загальна товщина ізоляційного покриття перебувала в межах норми 4,2–4,4 мм.

Аналізуючи технічні характеристики мастик, поданих в табл. 1, можна зробити висновок, що розроблені модифіковані бітумно-полімерні мастики, внаслідок більшої однорідності композиційних систем, характеризується значно вищими фізико-механічними, фізико-хімічними та ізоляційними параметрами в порівнянні з іншими, які виготовляються на території України.

Необхідно звернути увагу на те, що адгезія модифікованих мастик до заґрунтованого металу, порівняно з базовою мастикою МБП-Д-1 зростає більше, ніж в 2,4 рази, при цьому пластичність мастики, модифікованої аміном, підвищується майже на 43% (42,8%), а мастики, модифікованої ЧАС, – на 36% (35,7%). Слід зазначити, що мастику типу МБГ-90 необхідно використовувати для захисту газопроводів, прокладених в ґрунтах з низькою мінералізацією (вміст солей $\leq 2\%$). Бітумно-полімерні мастики підвищують техніко-експлуатаційні параметри покриттів магістральних газопроводів на їх основі, збільшують ефективність практичного використання. Слід зауважити, що важливим недоліком для використання мастик типу МБГ-90 та МБП-Д-1 є їх стійкість до водонасичення

Таблиця 2 – Результати перевірки ізоляційного покриття на основі модифікованої бітумно-полімерної мастики МБПМ1-Д-1

№ з/п	Назва показника	Вимоги згідно з ДСТУ 4219-2003	Результати випробовувань	Методи випробовувань
1	Зовнішній вигляд захисного покриття	Суцільний шар	Однорідний суцільний	ДСТУ 4219
2	Загальна товщина захисного покриття, мм	Не менше 4,2	4,3	ДСТУ 4219
3	Адгезія мастики до заґрунтованої сталеві поверхні, Н/мм ²	Не менше 0,25	0,6	Додаток Е ДСТУ 4219
4	Адгезія стрічки до мастики, Н/мм	Не менше 1,5	1,7	Додаток Е ДСТУ 4219
5	Суцільність захисного покриття при електричній напрузі 5 кВ на 1 мм товщини покриття	Відсутність пробою	Витримує	ДСТУ 4219
6	Міцність на удар при t = 20 °С, Дж	Не менше 15	18	Додаток А ДСТУ 4219

після 70 діб, що є недостатнім для ефективного протикорозійного покриття.

Оскільки одним із важливих показників якості ізоляційного покриття є біостійкість до ґрунтових мікроорганізмів, тому було проведено дослідження з визначення біостійкості модифікованих мастик в Інституті мікробіології і вірусології. Результати лабораторних досліджень, проведених згідно з ДСТУ 3999-2000 «Покриття захисні полімерні, нафтобітумні і кам'яновугільні. Методи лабораторних випробувань на біостійкість» [3], свідчать про біостійкість обох мастик до дії вуглеводеньокиснювальних та сульфатвідновлювальних бактерій, які можуть бути рекомендованими до захисту підземних нафтогазопроводів від мікробної корозії.

Катіонна структура четвертинних амонійних солей і здатність їх розчинятися у фосфоліпідних порах клітинної оболонки бактерій, ймовірно, і призводить до їх руйнування [4-7].

В трасових умовах було проведено випробування ізоляційного покриття [8], нанесеного на пошкоджену (дослідну) ділянку довжиною 260 м газопроводу діаметром 820 мм Південного регіону. Результати випробувань представлено в табл. 2.

Проведені випробування свідчать, що при застосуванні бітумно-полімерної мастики, модифікованої інгібітором корозії-біоцидом, регламентовані фізико-механічні характеристики покриття (товщина, ударна міцність, адгезія мастики до металу, адгезія стрічки до мастики) повністю відповідають вимогам ДСТУ 4219-2003.

Введення інгібіторів корозії як до складу праймера, так і до складу мастики посилює біостійкість ізоляційного покриття, що, в свою чергу, призведе до збільшення терміну експлуатації підземних газонафтопроводів в сильно-мінералізованих ґрунтах, де найбільший ризик розвитку мікробіологічної корозії.

На основі проведених наукових досліджень щодо впливу біоцидів на мікробіологічну стійкість мастиково-стрічкових покриттів та

результатів випробувань в лабораторних і трасових умовах дослідної партії мастики розроблено технічні умови на серійне виготовлення ТУ У 26.8-02070855-001-2010 «Мастика бітумно-полімерна ізоляційна модифікована МБПМ-Д» [9], якими передбачено виготовлення двох марок МБПМ-Д-1 та МБПМ-Д-2 бітумно-полімерної мастики із застосуванням в рецептурі мастики інгібіторів корозії-біоцидів та з її перевіркою на біостійкість за двома критеріями (табл. 3).

Зазначені технічні умови ТУ У 26.8-02070855-001-2010 «Мастика бітумно-полімерна ізоляційна модифікована МБПМ-Д», зареєстровано 12.05.2011р. Державним підприємством «Івано-Франківський науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації».

Отримано висновок санітарно-епідеміологічної експертизи щодо відповідності ТУ У 26.8-02070855-001-2010 «Мастика бітумно-полімерна ізоляційна модифікована МБПМ-Д» вимогам діючого санітарного законодавства України.

Проведено сертифікаційні випробування модифікованої бітумно-полімерної мастики МБПМ-Д-1. На підставі результатів протоколу сертифікаційних випробувань отримано сертифікат, згідно з яким дана мастика рекомендована для ізоляції підземних сталевих трубопроводів, резервуарів та інших підземних споруд для захисту їх від ґрунтової та біокорозії.

Висновки

1. Розглянуто основні аспекти протикорозійного захисту трубопроводних систем та розкрито основні причини формування екологічно-небезпечних ситуацій.

2. Для підвищення ефективності протикорозійного захисту підземних споруд від ґрунтової та біокорозії необхідно використовувати бітумно-полімерні мастики, модифіковані інгібіторами з класу амінів та з класу ЧАС.

Таблиця 3 – Марки модифікованих мастик згідно з ТУ У 26.8-02070855-001-2010

Найменування показника	Норма для марок		Метод контролю
	МБПМ-Д-1	МБПМ-Д-2	
1. Температура розм'якшення за методом КіК, °С, не менше	90	100	Згідно з ГОСТ 11506
2. Глибина проникнення голки при 25°С, 0,1 мм, не менше	14	12	Згідно з ГОСТ 11501
3. Розтяг при 25°С, не менше	6	6	Згідно з ГОСТ 11505
4. Водонасичення, за 24 год, %, не більше	0,15	0,15	Згідно з ГОСТ 9812
5. Адгезія пластифікованої мастики до заґрунтованого металу, МПа, не менше	0,25	0,25	Згідно з ДСТУ 4219
6. Мікробіологічна стійкість			
6.1. Критерії мікробіологічної стійкості: - прозорість середовища - пігментація середовища - плівка на поверхні середовища - осад в середовищі	прозоре відсутність відсутність відсутність	прозоре відсутність відсутність відсутність	Згідно з ДСТУ 3999
6.2. Зміна значень фізико-механічних показників мастики після дії корозійно-активних бактерій відносно контрольного зразка, %, не більше - температура розм'якшення - розтяг	10 10	10 10	

3. Розроблено інноваційні біостійкі ізоляційні покриття для захисту підземних трубопроводів.

4. Проведено трасові випробування ізоляційних покриттів на основі модифікованих мастик на бітумно-полімерній основі.

5. Розроблено технічні умови на серійне виготовлення модифікованих мастик з перевіркою їх на біостійкість.

6. Проведено сертифікаційні випробування модифікованої бітумно-полімерної мастики МБПМ-Д-1, які свідчать про перспективу використання даної мастики для протикорозійного захисту підземних споруд від ґрунтової та біокорозії.

Література

1 Середницький Я. Сучасна протикорозійна ізоляція в трубопроводному транспорті (2-а частина) / Я. Середницький, Ю. Банахевич, А. Драгілев. – Львів: ТзОв «Сплайн», 2004. – 276 с.

2 ДСТУ 4219-2003. Трубопроводи сталеві магістральні. Загальні вимоги до захисту від корозії. – Київ: Держстандарт України, 2003. – 69 с.

3 ДСТУ 3999-2000. «Покриття захисні полімерні, нафтобітумні та кам'яновугільні. Методи лабораторних випробувань на біостійкість». – Київ.: Держстандарт України, 2001. – 16 с.

4 Козлова І.П. Геохімічна діяльність мікроорганізмів та її прикладні аспекти / І.П. Козлова, О.С. Радченко, Л.Г. Степура [та ін.] – К.: Наукова думка, 2008 – 527 с.

5 Андерсен Р.К. Бактерициды для борьбы с биокоррозией в нефтяной промышленности / Р.К. Андерсен, С.М. Эфенди-заде. – М.: ВНИИОЭНГ, 1989. – 11с.

6 Андреюк К.І. Мікробна корозія підземних споруд / К.І. Андреюк, І.П. Козлова, Ж.П. Коптева [та ін.] – К.: Наукова думка, 2005. – 258 с.

7 Пуріш Л.М. Вплив інгібітора корозії на адгезію до сталі сульфатвідновлювальних бактерій та продукування ними екзополімерного комплексу / Л. М. Пуріш // Мікробіол. журн. – 2004. – Т.66. - № 4. – С. 78-85.

8 Крижанівський Є.І. Підвищення протикорозійних характеристик та надання біостійкості захисним ізоляційним покриттям на бітумно-полімерній основі / Є.І. Крижанівський, Я.Т. Федорович, М.С. Полутренко та ін. // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2011. – № 3 (40). – С. 100-105.

9 ТУ У 26.8-02070855-001-2010 «Мастика бітумно-полімерна ізоляційна модифікована МБПМ-Д».

Стаття надійшла до редакційної колегії 03.09.13

Рекомендована до друку професором **Грудзом В.Я.** (ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ) д-ром геол. наук **Банахевичем Ю.В.** (Відділ експлуатації МГ і ГРС ПАТ «Укртрансгаз», м. Київ)