

Актуальні питання нафтогазової галузі

УДК 622.4.076:620.197.6

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІЗОЛЯЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ПІДЗЕМНИХ НАФТОГАЗОПРОВОДІВ ВІД КОРОЗІЇ

Є.І. Крижанівський, М.С. Полутренко, Я.Т. Федорович, І.В. Федорович

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42353,
e-mail: no@nuing.edu.ua

Проаналізовано стан сучасних ізоляційних покриттів для захисту підземних нафтогазопроводів від корозії. Проведено аналіз втрат від аварій, спричинених корозією. Визначено основні вимоги до покриттів для ефективного протикорозійного захисту нафтогазопроводів. Проведено огляд ізоляційних покриттів різних типів, що використовуються в ДК «Укртрансгаз» для протикорозійного захисту магістральних газопроводів. Встановлено основні чинники біопшкоджень нафтогазопроводів в умовах підземного середовища. Наведено вимоги, яким повинні відповідати біоцидні добавки до покриттів. Запропоновано ефективні захисні ізоляційні покриття на бітумно-полімерній основі для захисту підземних нафтогазопроводів від мікробіологічної корозії. Наведено методику розрахунку економії витрат при застосуванні того чи іншого ізоляційного покриття. Здійснено розрахунок економічної ефективності від впровадження модифікованого бітумно-полімерного покриття на газотранспортному підприємстві.

Ключові слова: інгібітори, покриття, адгезія, бітумно-полімерна мастика, мікробіологічна корозія

Проведен анализ состояния изоляционных покрытий для защиты подземных нефтегазопроводов от коррозии. Проведен анализ потерь вследствие аварий, вызванных коррозией. Определены основные требования к покрытиям для эффективной антикоррозионной защиты нефтегазопроводов. Проведен обзор изоляционных покрытий различных типов, которые используются в ДК «Укртрансгаз» для антикоррозионной защиты газопроводов. Установлены основные факторы биоповреждений нефтегазопроводов в условиях подземной среды. Приведены требования, которым должны соответствовать биоцидные добавки к покрытиям. Предложены эффективные защитные изоляционные покрытия на битумно-полимерной основе для защиты подземных нефтегазопроводов от микробиологической коррозии. Приведена методика расчета экономии затрат при использовании того или иного изоляционного покрытия. Осуществлен расчет экономической эффективности от внедрения модифицированного битумно-полимерного покрытия на газотранспортном предприятии.

Ключевые слова: ингибиторы, покрытия, адгезия, битумно-полимерная мастика, микробиологическая коррозия

The analysis of modern insulator coatings for the protection of underground structures from the corrosion has been conducted. The analysis of losses from accidents caused by corrosion has been made. The basic requirements to coatings for the oil and gas pipelines effective corrosion protection are determined. A review of different types of insulation coatings, which are used in SC "Ukrtransgas" to protect the pipelines from corrosion is performed. The basic factors of biological damage of oil and gas pipelines in the underground environment are pointed out. The requirements which the biocide additives of the coatings are to be complied with are provided. The effective protective isolating bituminous-polymer coatings are offered for the protection of the underground structures from microbiological corrosion. The method of calculating the cost savings from the applying of any kind of isolating coating is given. The calculation of cost-effectiveness from the implementing of the modified bituminous-polymer coating on the gas transportation company is carried out.

Keywords: inhibitors, coverage, adhesion, bitumen-polymer mastic, microbiological corrosion

Довговічність і безперебійна робота підземних нафтогазопроводів безпосередньо залежить від ефективності їх протикорозійного захисту. Для зведення до мінімуму ризику коро-

зійних руйнувань трубопроводи захищають протикорозійними покриттями і додатково засобами електрохімічного захисту. При цьому ізоляційні покриття забезпечують первинний (паси-

вний) захист трубопроводів від корозії, виконуючи роль «дифузійного бар'єру», через який ускладнюється доступ до поверхні металу таких корозійно-активних агентів, як вода, кисень повітря, ґрунтові мікроорганізми. При появі в покритті дефектів передбачається система катодного захисту трубопроводів – «активний» захист від корозії. Від якості пасивного захисту, насамперед від біостійкості ізоляційних покриттів, залежить ефективність захисту трубопроводів та інших підземних споруд від корозії під дією мікроорганізмів, оскільки за рахунок високої хімічної активності мікроорганізмів, їх росту і розмноження руйнування металу починається раптово і може призвести до наскрізних перфорацій за лічені місяці. Так, за даними моніторингу корозійного стану магістральних нафтогазопроводів близько 30% всіх аварій на «совісті» мікроорганізмів [1].

Частка мікробіологічного чинника у збитках від корозії дуже значна. Згідно з експертною оцінкою вона перевищує 50% [2].

Основними чинниками [3], які впливають на інтенсивність протікання процесу біокорозії, є:

- питомий опір ґрунтів (ρ) менше 20 Ом·м;
- вологість ґрунту більше 20%;
- глинисті ґрунти з нейтральним або слабколуужним рН-фактором (6,0 – 8,5);
- наявність ділянок з відшаруванням та пошкодженням захисного покриття;
- наявність в ґрунті клітин сульфатредуючих бактерій (СРБ) близько 1×10^4 ;
- наявність в ґрунті клітин тіонових бактерій (ТБ) близько 1×10^3 ;
- вміст загального заліза в ґрунті близько 5,6%;
- вміст загальної сірки в ґрунті близько 2,0%.

Для того, щоб захисні покриття ефективно виконували свої функції, вони повинні відповідати низці вимог, основними з яких є: стійкість до дії ґрунтових мікроорганізмів і хімічних реагентів, високий електроопір, механічна та адгезійна міцність, довговічність, стійкість до УФ-та теплового старіння, легкість нанесення тощо. Ізоляційні покриття повинні забезпечувати виконання своїх функцій в широкому інтервалі температур будівництва і експлуатації трубопроводів, забезпечуючи їх захист від корозії на максимально тривалій термін їх експлуатації.

На сьогодні при будівництві магістральних нафтогазопроводів переважно використовують епоксидні, поліпропіленові та поліетиленові захисні покриття. В США, Канаді, Великій Британії та ряді інших країн найбільш популярні заводські епоксидні покриття труб товщиною 350–400 мкм. Покриття труб на основі порошкових епоксидних фарб володіють високою адгезією до сталі, стійкістю до катодного відшарування, підвищеною (до 80-100°C) теплостійкістю. Водночас ударна міцність епоксидних покриттів, особливо за мінусових температур, значною мірою обмежує область їх використання.

В зарубіжній практиці останнім часом все більшу перевагу почали віддавати двошаровим епоксидним покриттям труб. Такі покриття мають внутрішній ізоляційний і зовнішній захисний шари загальною товщиною 750-1000 мкм, володіють високою стійкістю до абразивного зношування, до стирання, для них характерна підвищена ударна міцність, яка практично не змінюється за температури оточуючого середовища (від + 40°C до -40°C). Виробництво труб з сучасним двошаровим епоксидним покриттям освоєно в Росії на Волзькому трубному заводі.

До одного з найбільш перспективних захисних покриттів трубопроводів, без сумніву, відносяться заводські поліпропіленові покриття. Порівняно з заводськими поліетиленовими покриттями труб поліпропіленові покриття характеризуються вищою (до 110–140°C) теплостійкістю, підвищеною пенетрацією, стійкістю до удару, зрізу і стирання. Через високу водостійкість та підвищену механічну міцність поліпропіленові покриття широко використовуються за кордоном при будівництві морських шельфових трубопроводів. Даний тип покриття використовувався для прокладання по дну Чорного моря магістрального газопроводу «Голубий потік», при будівництві магістрального Північно-Європейського газопроводу на ділянці його прокладання через Балтійське море.

Однак, попри всі переваги заводських поліпропіленових покриттів труб, вони володіють одним, проте дуже вагомим недоліком – низькою морозостійкістю. Це обмежує їх використання в зимовий період, за температур зберігання ізольованих труб нижче мінус 20°C і за температур будівництва трубопроводів нижче мінус 10°C.

Останнім часом найбільшу популярність при будівництві магістральних і промислових трубопроводів, водопроводів, трубопроводів комунального призначення отримали двошарові поліетиленові покриття на основі термопластичного полімерного підшару товщиною 300–500 мкм і зовнішнього поліетиленового шару загальною товщиною не менше 2,5-3,0 мм. Ще більш ефективним захисним покриттям є тришарове поліетиленове покриття труб. Введення в конструкцію захисного покриття додаткового шару – епоксидного праймера товщиною 100–200 мкм – дозволило суттєво підвищити адгезійні характеристики покриття, його водостійкість, стійкість до катодного відшарування. Тришарове поліетиленове покриття характеризується підвищеною (до 80°C) теплостійкістю. Під тришаровими покриттями не було зафіксовано випадків стрес-корозії трубопроводів.

Заводські тришарові поліетиленові покриття труб відносяться до покриттів посиленого типу нормального або спеціального виконання і можуть використовуватися без обмежень діаметра труб.

Вітчизняні підприємства АТ «Харцизький трубний завод» та НВП «Укртрубоізол» (м. Дніпропетровськ) виробляють труби з полі-

етиленовим захисним покриттям для підземного прокладання в помірних кліматичних умовах за температури експлуатації від мінус 30 °С до плюс 80 °С. На сьогодні [4] заводська поліетиленова ізоляція вважається найбільш надійною та доброякісною для протикорозійного захисту за умови дотримання діючих технічних умов і технічної документації.

Для ізолювання фасонних з'єднувальних деталей і засувок магістральних трубопроводів найбільшу популярність отримали поліуретанові і епоксидно-поліуретанові захисні покриття. Дані типи захисних покриттів, що наносяться на очищену поверхню ізолюючих деталей методом «гарячого» безповітряного розпилення двокомпонентних (основа + затверджувач) ізоляційних матеріалів, за товщиною, температурним діапазоном використання, комплексом захисних і експлуатаційних властивостей практично співрозмірні з заводськими полімерними покриттями труб. Вперше поліуретанові покриття використовувалися під час будівництва Балтійської трубопровідної системи, коли для ізоляції гнутих відводів в трасових умовах були використані: поліуретанове покриття «Сорон Нусоте 165» (Велика Британія) і епоксидно-поліуретанове покриття «UP 1000 I Frucs 1000 A» (Японія). Сьогодні на ринку представлені до практичного використання ще декілька типів захисних покриттів: Protegol UR-Coating 32-55, Protegol UR-Coating 32-60 (Німеччина), «Бурс», «Карбофлекс», «Г алоплен», «Ізокор-140» (Росія).

Дані типи покриттів, як покриття, одержані на основі терморезистивних рідких ізоляційних матеріалів, здатні затвердіти за температури оточуючого середовища вище +5...10°C. Це значною мірою обмежує можливість ізолювання фасонних деталей в зимовий період. До того ж для нанесення поліуретанових покриттів необхідна високоякісна підготовка поверхні виробів і їх абразивне очищення до шорсткості поверхні 80-100 мкм. Тому ізолювання елементів трубопроводів, як правило, проводять в стаціонарних заводських умовах [5]. Попри всі позитивні якості поліуретанових покриттів вони практично непридатні для нанесення в трасових умовах за мінусових температур, оскільки вимагають тривалого часу полімеризації, яка проходить тільки за плюсової температури (до 8 год. при температурі 20°C). До того ж деякі марки поліуретанових мастик токсичні [6].

Для ізоляції трубопроводів в трасових умовах на сьогодні найбільш поширеними є три типи захисних ізоляційних покриттів:

- бітумно-мастикові покриття;
- полімерні плівкові покриття;
- комбіновані мастико-плівкові покриття

(покриття типу «Пластобіт»).

Бітумно-мастикові покриття протягом багатьох десятиріч були основним типом захисних покриттів вітчизняних трубопроводів. Основними перевагами бітумно-мастикових покриттів є їх дешевизна, великий досвід використання, досить проста технологія нанесення в заводських і трасових умовах. Бітумні покриття є проникними для струмів електрозахисту.

Конструкція бітумно-мастикового покриття склалася в результаті їх тривалого використання. Першим є шар бітумної або бітумно-полімерної ґрунтівки, одержаний шляхом нанесення на трубу розчину бітуму в бензині або дизпаливі, який заповнює всі мікронерівності на поверхні металу. Ґрунтівка слугує для забезпечення більш повного контакту і, як наслідок, кращої адгезії між поверхнею металу і основним ізоляційним шаром - бітумною мастикою, яка покривається захисною обгорткою зовнішнього шару. В Росії після шару ґрунтівки наноситься два або три шари бітумної мастики, між якими знаходиться армуючий матеріал (склотканина або склосітка). Захисними обгортками раніше слугували обгорткові матеріали на бітумно-каучуковій основі типу «брізол», «гідроізол» або крафт-папір. Проте на сьогодні використовують переважно полімерні захисні покриття товщиною не менше 0,5 мм, ґрунтівку бітумну або бітумно-полімерну, шар мастики бітумної або бітумно-полімерної, шар армуючого матеріалу (склотканина або склосітка), другий шар ізоляційної мастики, другий шар армуючого матеріалу, зовнішній шар захисної полімерної обгортки. Загальна товщина бітумно-мастикового покриття посиленого типу складає не менше 6,0 мм, а для покриттів трасового нанесення нормального типу - не менше 4,0 мм.

Для нанесення бітумно-мастикових покриттів ізоляційними мастиками слугують: бітумно-гумові мастики, бітумно-полімерні мастики (з добавками поліетилену, атактичного поліпропілену), бітумні мастики з добавками термоеластопластів, мастики на основі асфальтосмолистих речовин типу «Асмор». В останні роки з'явився ряд бітумних мастик нового покоління, які володіють покращеними властивостями. Бітумну мастикю наносять на трубу за температури 150-185°C. Розплавляючи холодну ґрунтівку, мастика проникає у всі мікронерівності поверхні металу, забезпечуючи, таким чином, хорошу адгезію ізоляційного покриття.

Для захисту шару бітумної мастики її покривають зверху захисною обгорткою (склоплатом, брізолом, бікарулом, обгорткою ПВХ).

Ізоляційні покриття на основі бітумних мастик використовуються за температури транспортованого продукту від -10°C до +40°C на трубопроводах діаметром не більше 820 мм. Хоча термін використання бітумних покриттів, як правило, не перевищує 10-15 років, вони продовжують залишатися на ринку серед основних ізоляційних матеріалів.

Полімерно-плівкові покриття, які включають шар адгезійної ґрунтівки, один шар полімерної ізоляційної плівки товщиною не менше 0,6 мм і одного шару захисної полімерної обгортки товщиною не менше 0,6 мм, порівняно з бітумними мастиками, є більш технологічними при нанесенні і дозволяють значно механізувати даний процес. До того ж вони володіють високими діелектричними властивостями.

Випускають ізоляційні плівки на основі поліетилену і полівінілхлориду.

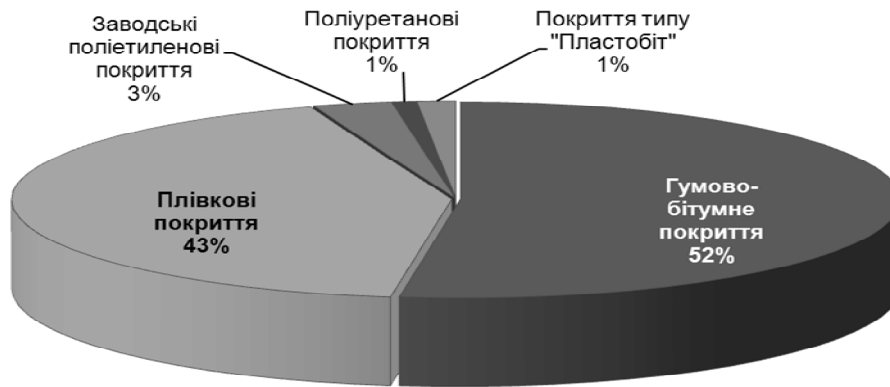


Рисунок 1 – Частка ізоляційних покриттів різних типів, що використовуються в ДК «Укртрансгаз»

В системі полімерного плівкового покриття функції ізоляційної плівки і захисної обгортки різні. Ізоляційна плівка забезпечує адгезію покриття до сталі, стійкість до катодного відшарування, виконує функції захисного бар'єру, який перешкоджає проникненню до поверхні труб води, ґрунтового електроліту, кисню, тобто корозійноактивних агентів. В той час як захисна обгортка слугує, в основному, для підвищення механічної, ударної міцності покриття, вона захищає плівкове покриття від пошкоджень при укладанні трубопроводу в траншею і засипанні його ґрунтом, а також при усадці ґрунту.

Основним недоліком липких полімерних плівок є поступова втрата адгезії до металу, тому через 5 років після їх нанесення метал виявляється незахищеним від корозії; низька стійкість до зсуву під дією ґрунту. Ще одним недоліком плівкових покриттів є утворення «шатрових пустот» в навколошовній зоні, які відтак стають джерелами корозії.

Досвід експлуатації полімерних плівкових покриттів засвідчив, що термін служби плівкових покриттів на трубопроводах діаметром 1020 мм і вище складає від 7 до 15 років, що в 2-4 рази менше нормативного терміну амортизації магістральних трубопроводів (не менше 33 роки) [7].

Розроблені комбіновані мастико-плівкові покриття (типу «Пластобіт») дали змогу усунути недоліки покриттів на основі бітумних мастик і полімерних плівкових покриттів. Комбіноване ізоляційне покриття «Пластобіт» – це поєднання бітумного і плівкового покриттів: на шар ґрунтівки наноситься бітумна мастика товщиною 3-4 мм, яка одразу ж обмотується полівінілхлоридною плівкою без клеєвої основи. Величина накладки регулюється в межах 3-6 см. У момент намотування полімерного шару частина мастики видавлюється під накладку, що забезпечує герметизацію місць накладання. Полімерний шар в конструкції покриття «Пластобіт» відіграє роль своєрідної «арматури», яка незалежно від терміну служби забезпечує зберігання цілісності основного ізоляційного шару – бітумного. Прокол полімерної плівки не призводить до порушення цілісності покриття,

оскільки шар бітумної мастики має досить велику товщину. Крім того, досвід експлуатації покриття «Пластобіт» показав, що в місцях дрібних наскрізних пошкоджень полімерної частини відбувається «самовідновлення», яке полягає в тому, що частина мастики, яка витікає крізь утворений отвір, застигає у вигляді «грибка» над місцем руйнування.

Покриття «Пластобіт» є технологічним з точки зору нанесення. Проте відносно висока плинність, мала ударна в'язкість і слабка несуча здатність матеріалу не дозволяє використовувати покриття «Пластобіт» для труб діаметром понад 820 мм.

Новим типом комбінованого ізоляційного покриття є «Армопластобіт», який відрізняється від «Пластобіту» тим, що в ньому армуючим матеріалом замість склополотна є сітка, яка прошиває скло. «Армопластобіт» допускається використовувати для ізоювання трубопроводів діаметром до 1220 мм включно.

Обсяги використання у відносному вираженні вищеописаних ізоляційних покриттів, що застосовуються при виконанні ремонтних робіт трубопроводів в ДК «Укртрансгаз», наведено на рисунку 1.

Як видно з рисунка, найбільшу частку серед ізоляційних покриттів, що використовуються для ізоляції трубопроводів ДК «Укртрансгаз», займають гумово-бітумні та плівкові покриття. Це спричинено тим, що основний об'єм робіт з переізолювання трубопроводів виконується в трасових умовах, де відсутні засоби для відповідної обробки труби, а також несприятливі температурні умови для нанесення більш надійних полімерних покриттів. Також невелика частка полімерних покриттів у загальному обсязі зумовлена тим, що роботи з будівництва нових віток газопроводів майже не ведуться.

Проте серед широкого спектру наявних захисних покриттів практично неможливо віддати перевагу на користь тільки одного універсального покриття, яке б забезпечувало ефективний захист металу від корозії у різних умовах будівництва і експлуатації. Ізоляційні покриття підземних споруд піддаються мікробіологічній, або біокорозії, спричиненій ґрунтовими мікроорганізмами та корозійною активністю ґрунтів.

Мікробіологічна корозія є однією з причин утворення піттингів та язв під продуктами корозії в ґрунтах підвищеної корозійної активності (солончаки, болотні, замулені ґрунти, ділянки перспективного зрошування).

На сьогодні встановлено, що основним чинником біопшкоджень в умовах підземного середовища є асоціати бактерій денітрифікувальних (ДНБ), вуглеводнеокиснювальних (ВОБ), сульфатредукуючих, домінуючу роль серед яких відіграють сульфатредукуючі бактерії. В агресивних ґрунтах ці мікроорганізми проявляють високу корозійну активність як до металу, так і до покриттів [8].

Існує два базових припущення щодо опосередкованої участі мікроорганізмів у процесах мікробіологічної корозії:

- мікроорганізми в процесі життєдіяльності синтезують біогенні агресивні продукти (сірководень, сульфатну кислоту), які призводять до інтенсифікації корозійних процесів;

- мікроорганізми, закріплюючись на поверхні металу, утворюють мікророзони, що призводить до пошкодження поверхневого електронного шару, а це, в свою чергу, спричиняє електрохімічне руйнування металу [8].

В результаті мікробної деструкції захисного ізоляційного покриття відбуваються зміни фізико-механічних властивостей матеріалів, зменшується їх міцність, погіршуються адгезійні характеристики, внаслідок чого втрачається головна функція покриттів – захист металу від корозії.

Найдієвішим способом захисту ізоляційного покриття від мікробіологічного забруднення є біоцидні добавки, які пригнічують ріст і розвиток корозійноактивних мікроорганізмів. Важливим також є використання біоцидних речовин для обробки поверхні трубопроводів, зокрема ділянок трубопроводів у труднодоступних місцях, під час ремонту трубопроводів у трасових умовах перед нанесенням ізоляційного покриття.

Біоцидні добавки повинні відповідати певним вимогам [9]:

- 1 практично повністю (99 %) пригнічувати життєдіяльність певного роду бактерій;
- 2 не повинні погіршувати основні фізико-механічні властивості базової мастики;
- 3 добре суміщатися з бітумною основою;
- 4 характеризуватися пролонгованою дією біоцидної активності;
- 5 не бути токсичними.

Попри те, що в зарубіжній практиці для боротьби з мікробіологічною корозією біоциди (антисептики) знайшли широке застосування, досвід їх використання показав, що універсальних біоцидів не існує.

Однією з причин порушення однорідності і зниження захисних властивостей покриттів є життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів. Оселившись на покриттях, мікробні угруповання з різноманітними трофічними і фізіологічними функціями спричиняють їх біодеградацію.

Тому проблема біодеградації захисних ізоляційних покриттів – це важлива еколого-технологічна проблема, яка на сьогодні залишається досить актуальною і вимагає проведення додаткових наукових досліджень.

Корозію металу в підземному середовищі потрібно розглядати не як чисто електрохімічний процес, а обов'язково враховувати біологічний фактор, тобто як біоелектрохімічний процес.

Для підвищення ефективності протикорозійного захисту підземних нафтогазопроводів та інших споруд необхідно враховувати не тільки результати попереднього аналізу корозійної активності ґрунтів, в яких вони прокладені, але й біостійкість захисних ізоляційних покриттів.

В зв'язку з цим, актуальною залишається проблема, пов'язана з розробкою композицій ізоляційних біостійких покриттів (КІБП) для захисту підземних споруд, які б володіли підвищеними протикорозійними характеристиками та проявляли біостійкість до дії мікроорганізмів в ґрунтах різної корозійної активності.

Авторами [10,11] розроблені модифіковані мастики на бітумно-полімерній основі, які є біостійкими до дії корозійноактивних ґрунтових мікроорганізмів, володіють підвищеними протикорозійними характеристиками, гідрофобними та пластифікуючими властивостями, тому їх можна з успіхом використовувати для нанесення при переізоляції трубопроводів на таких проблемних ділянках траси, як болотні, замулені ґрунти, солончаки, ґрунти з підвищеною вологістю, де існує найбільший ризик розвитку мікробіологічної корозії.

Ефективність захисної дії використаних нами інгібіторів, які відносяться до поверхнево-активних речовин катіонного типу, пов'язано зі здатністю цих речовин адсорбуватися на металі, впливати на процес виділення водню на його поверхні і, таким чином, гальмувати каталітичну дію сульфатредукуючих бактерій як деполіаризаторів катодного процесу.

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

Вибір того або іншого захисного покриття для ремонту повинен бути обґрунтований і економічно. Для економічного порівняння ізоляційних покриттів з різними термінами служби і експлуатаційними витратами на протикорозійний захист необхідно зіставлення їх техніко-економічних показників за однаковий період часу [12, 13]. Із всієї сукупності аналізованих покриттів за еталон порівняння слід приймати покриття, що має більший термін служби. Для прикладу наведемо економічний розрахунок ефективності покриття для газотранспортного підприємства.

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунку економії витрат на газотранспортних підприємствах

Показник	Базовий варіант	Проектний варіант
Термін експлуатації, роки	15	$15 \times 1,3 = 19,5$
Середня вартість вибіркового ремонту ізоляції 1 км газопроводу діаметром 820 мм, тис. грн.	76817	78265

Вихідні дані для розрахунку заведемо до таблиці 1.

Розрахунок економії витрат від впровадження модифікованого бітумно-полімерного покриття через 15 років проведемо, виходячи з суми витрат, необхідних на проведення вибіркового ремонту ізоляції, та враховуючи терміни використання протикорозійних покриттів за формулою (1):

$$E = B_{\phi} - B_{np} \times K_n, \quad (1)$$

де B_{ϕ} – середня вартість ремонту ізоляції 1 км газопроводу при використанні базового протикорозійного покриття;

B_{np} – середня вартість ремонту ізоляції 1 км газопроводу при використанні модифікованого бітумно-полімерного протикорозійного покриття;

K_n – коефіцієнт напрацювання, який розраховується за формулою:

$$K_n = \frac{T_{\phi}}{T_{кр}}, \quad (2)$$

де T_{ϕ} – фактично відпрацьований час ізоляційного покриття, роки;

$T_{кр}$ – термін придатності ізоляційного покриття, роки.

Отже, при використанні інноваційно-модифікованого покриття для захисту газопроводів газотранспортні підприємства зможуть отримати економію витрат в сумі:

$$E = 76817 - 78265 \times 0,769 = 16631,2 \text{ тис.грн./км}$$

Оскільки, термін експлуатації базового захисного покриття складає 15 років, розрахуємо теперішню вартість майбутнього ефекту на основі формули (2):

$$E_m = \frac{B_{\phi} - B_{np} \times K_n}{(1+r)^{15}}, \quad (3)$$

де r – ставка дисконту, яка розраховується за формулою кумулятивної моделі як:

$$r = r_{\phi} + \sum_{i=1}^n r_i,$$

де r_{ϕ} – базова норма доходу;

$$\sum_{i=1}^n r_i - \text{сумарна премія за ризик.}$$

Ставку дисконту розрахуємо як суму таких складових:

- базова ставка – 7%;
- компенсація ризику зміни базової ставки – 2,5%;
- компенсація специфічних ризиків, притаманних галузі – 2,7%;

компенсація за місцепролягання газопроводів у гірських умовах – 2%;

компенсація необхідності в компетентному управлінні – 3%;

компенсація інфляційних очікувань – 3,1%;

ВСЬОГО: 14,1%.

Ставка дисконту застосовується за вирахуванням податку на прибуток, що наявний на момент оцінки у розмірі 25%:

$$r = 14,1 \times (1 - 0,25) = 10,6 \%$$

У розрахунках приймаємо заокруглене значення ставки дисконту – 11%.

Отже, теперішня вартість майбутнього економічного ефекту від застосування модифікованого бітумно-полімерного захисного покриття становитиме:

$$E_m = \frac{76817 - 78265 \cdot 0,769}{(1 + 0,11)^{15}} = 3476 \text{ тис.грн./км.}$$

Таким чином, розрахований економічний ефект ще раз підтверджує доцільність застосування даного виду протикорозійного покриття.

Ефективність нового модифікованого покриття також значною мірою залежить від дотримання інструкцій при його нанесенні, використання у визначених умовах при допустимій солоності ґрунтів та у відповідності до інших факторів. Остаточню перевірити ефективність протикорозійного покриття можна тільки через деякий період часу шляхом діагностування та оцінки стану газопроводів, які піддавались обробці даним покриттям.

Література

1 Кузьменко Ю.О. Моніторинг корозійного стану магістральних нафтогазопроводів / Ю.О.Кузьменко // Нафтова і газова промисловість. – 1994. – №2. – С.43-44.

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

3 Степачов В. Основні аспекти біологічних чинників на розвиток корозійних процесів підземних сталевих трубопроводів / В. Степачов, П. Лемешинський // Спецвипуск журналу «Фізико-хімічна механіка матеріалів». – 2010. – №8. – С.645-649.

4 Довідник-каталог «Сучасні протикорозійні матеріали для захисту об'єктів нафтогазового комплексу України» / В.М. Василюк, В.А. Черватюк, В.П. Васківський, Ю.Г. Федоренко, С.В. Ткач. – Л.: СПОЛОМ – 2008. – 170 с.

5 Низьев С.Г. Особенности и перспективы противокоррозионной защиты магистральных нефтепроводов / С.Г.Низьев // Трубопроводный транспорт. Теория и практика. – 2007. – №4. – С.38-65.

6 Коршак А.А. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов / А.А. Коршак, А.М. Нечвань. – М.: Недра, 2008. – 488 с.

7 Коррозия и защита от коррозии / И.В.Семенова, Г.М. Флорианович, А.В.Хорошилов. – М., 2006. – 306 с.

8 Методы оценки микробной стойкости защитных покрытий / В.В. Занина, Ж.П. Коптева, А.Е. Коптева, И.А. Козлова // Микробиол. журн. – 2003. – т.65, №5. – С.41-44.

9 Бойченко С.В. Забезпечення біологічної стабільності вуглеводневих палив / С.В. Бойченко, Н.М.Кучма // Вісник НАУ. – 2004. – №4. – С.161-164.

10 Пат. 822775 Україна, МПК (2006) С23F 11/00, F16L 58/02 Спосіб захисту підземних нафтогазопроводів від корозії / Крижанівський Є.І., Федорович Я.Т., Полутренко М.С., Гужов Ю.П., Федорович І.В.; заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – № а2006610107; опубл. 12.05.2008, Бюл. №9, 2008р.

11 Пат. 89709 Україна, МПК (2009) С23F 11/00, F16L 58/02 Спосіб протикорозійного захисту підземних нафтогазопроводів, прокладених в болотних, замулених ґрунтах, які містять сульфатредуючі бактерії / Крижанівський Є.І., Федорович Я.Т., Полутренко М.С., Гужов Ю.П., Федорович І.В.; заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – № а200807330; опубл. 25.02.2010, Бюл. №4, 2010 р.

12 Федорович І.В. Методичні аспекти визначення економічних втрат від виникнення аварій та відмов на лінійній частині магістральних газопроводів / І.В. Федорович, Л.Т. Гораль // Збірник наукових праць НУК. – 2010. – № 5 (434). – С. 150-155.

13 Федорович І.В. Інновації в системі захисту лінійної частини магістральних газопроводів та їх економічне обґрунтування // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2011. – №4 (30). – С.45-50.

Стаття надійшла до редакційної колегії

29.05.12

*Рекомендована до друку професором
Грудзом В.Я.*