

ІННОВАЦІЇ В СИСТЕМІ ЗАХИСТУ ЛІНІЙНОЇ ЧАСТИНИ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ ТА ЇХ ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

І.В. Федорович

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 41378,
e-mail: public@nung.edu.ua*

Розглянуто організаційно-економічні втрати газотранспортних підприємств, які спричинені корозією металу на лінійній частині магістральних газопроводів. Наведено причини корозійного руйнування металу труби. Представлено порівняльний аналіз мастикових покриттів, які використовуються сьогодні на газотранспортних підприємствах. Проведено оцінку та здійснено техніко-економічний розрахунок ефективності протикорозійного покриття. Доведено доцільність його застосування для захисту газопроводів

Ключові слова: корозія металу, організаційно-економічні втрати, протикорозійне покриття, техніко-економічне обґрунтування, термін експлуатації

Rассмотрены организационно-экономические потери газотранспортных предприятий, вызванных коррозией металла на линейной части магистральных газопроводов. Приведены причины коррозионного разрушения металла трубы. Представлен сравнительный анализ мастиковых покрытий, используемых сегодня на газотранспортных предприятиях. Проведена оценка и осуществлен технико-экономический расчет эффективности противокоррозионного покрытия. Доказана целесообразность его применения для защиты газопроводов

Ключевые слова: коррозия металла, организационно-экономические потери, противокоррозионное покрытие, технико-экономическое обоснование, срок эксплуатации

We consider the organizational and economic expenses of gas transportation companies, which caused corrosion on the linear part of gas mains pipelines. The reasons for the destruction of corrosion of metal pipes are presented. The comparative analysis of mastic coatings used today on the gas companies is presented. The technical and economic efficiency calculation anticorrosion coating was assessed and implemented. Feasibility of its application to protect the pipeline have been proved

Keywords: corrosion, organizational and economic losses, anticorrosive coatings, feasibility study, lifetime

Проблема корозії металів на сьогоднішній день постає однією з найважливіших проблем у нашій державі, особливо за сучасної економічної ситуації, через значну вартість металу та обмеженість матеріальних і фінансових ресурсів. Процес корозії металів відбувається безперервно і завдає величезних збитків, оскільки:

- скорочує термін експлуатації обладнання;
- призводить до аварійних ситуацій на підприємствах, наслідками яких є втрата продукції, зниження її якості та забруднення навколишнього середовища;
- підвищує експлуатаційні та ремонтні витрати.

У зв'язку з цим, проблема захисту металу від корозії є надзвичайно актуальною сьогодні. Тому метою даної роботи є проведення техніко-економічного розрахунку доцільності застосування новітнього протикорозійного ізоляційного покриття для захисту магістральних газопроводів, що дозволить в майбутньому зменшити втрати газотранспортних підприємств.

Організаційно-економічні втрати газотранспортних підприємств, пов'язані з корозією лінійної частини магістральних газопроводів (ЛВ УМГ), поділяються на: витрати на захист від корозії та втрати від корозії металів.

Витрати на захист від корозій включають:

- витрати на електрохімічний захист;
- витрати на протикорозійні покриття;

– витрати на ремонтно-відновлювальні роботи.

В свою чергу, така категорія, як «втрати від корозії металів» передбачає поділ на прямі та непрямі втрати.

До прямих втрат відноситься:

- недоамортизація газопроводів та складових ЛЧ;
- вартість деталей та вузлів, втрачених в результаті корозії;
- витрати на проведення позапланових ремонтів через корозію;
- витрати на експлуатацію додаткових засобів захисту у порівнянні з проектом тощо.

До непрямих втрат відноситься:

- втрати, пов'язані з недопоставанням природного газу внаслідок аварій;
- втрати від простоювання газопроводів у ремонті;
- втрати, пов'язані із зниження якості та брак продукції;
- відшкодування збитків навколишньому середовищу та інші.

Оскільки газотранспортна система України є однією з найбільш металомістких галузей промисловості, проблема антикорозійного захисту трубопроводів була і залишається актуальною надалі. Проте вирішення даної проблеми є досить складним, оскільки воно знаходиться на стику трьох наук – економіки, яка передба-

чає скорочення втрат трудових, матеріальних та фінансових ресурсів, викликаних корозією металів, частковим або повним виходом з ладу основних засобів; екології, вирішальним завданням, якої є недопущення забруднення навколишнього середовища під час аварій; хімії, завданням, якої є збільшення тривалості процесу корозійного руйнування металу та розроблення новітніх заходів протикорозійного захисту металу.

Магістральні газопроводи, прокладені в землі, що містить вологу з розчиненими в ній різними солями, кислотами і лугами, знаходяться в корозійному середовищі. Для захисту від корозії тіло труби покривають ізоляцією. Проте досягти повної ізоляції газопроводу від навколишнього середовища за допомогою захисних покриттів (так званого пасивного захисту) практично неможливо. Поверхня труби контактує з вологим ґрунтом в місцях пошкодження ізоляції, які з'являються при переміщенні трубопроводу в процесі його укладання в траншею, опускання на дно траншеї, при засипанні твердими сухими ґрунтами землі (особливо в літній період за високої температури навколишнього повітря).

Найбільша кількість пошкоджень ізоляції спостерігається на нижній, менше – на верхній, і ще менше – на бічній частинах тіла труби. Це пояснюється тим, що до механічних пошкоджень, що виникають в процесі опускання газопроводу в траншею і його засипання, додаються пошкодження, які спричинені тиском ґрунту, який складає $0,05-0,5 \text{ кГ/см}^2$.

Повний захист газопроводу, який має протикорозійну ізоляцію, досягається при здійсненні активного електрохімічного захисту (катодного, дренажного або протекторного). Вибір виду захисту диктується техніко-економічними міркуваннями. При розробці проекту беруться до уваги наявність або відсутність блукаючих струмів, корозійна агресивність ґрунтів, вид протикорозійної ізоляції і її стан, наявність джерел електроенергії, розміри одноразових і експлуатаційних витрат.

При використанні катодного захисту за допомогою зовнішнього джерела електричного струму трубопровід є катодом по відношенню до ґрунту, при протекторному – до газопроводу приєднуються протектори, що виконують роль анодів, із сплаву металів з високим від'ємним потенціалом в умовах ґрунту. Дренажний захист застосовується на ділянках газопроводів, які знаходяться в районі блукаючих струмів, і полягає у відведенні блукаючих струмів з газопроводу по кабелю в рейкову мережу, що запобігає їх стіканню в ґрунт і «роз'їданню» труб.

Для ефективного застосування захисного ізоляційного покриття необхідно знати корозійні властивості ґрунтів, у яких знаходиться газопровід. Як правило, вони неоднакові по його довжині. Тому дослідження ґрунтів проводяться вздовж всієї траси, а згідно отриманих результатів обирають вид захисного покриття. Згідно з такою методикою найважливішу роль відіграє точність проведених досліджень, а,

відповідно, і точність вибору ізоляційних матеріалів.

Разом із пасивним захистом магістральних газопроводів використовується активний захист за допомогою станції захисту від корозії (електрохімічний захист). Основною функцією такої станції є зведення до мінімуму значення впливу блукаючих струмів на газопровід, що знижує ймовірність виникнення корозії металу труби.

Комплексне використання вище вказаних засобів захисту збільшує міжремонтний період газопроводів, скорочує витрати, пов'язані з їх технічним обслуговуванням та ремонтом.

Так, на одній з нарад, котра відбулася в Ужгороді, Міністр палива і енергетики зауважив: «Підтримка на належному рівні газотранспортної системи, яка на часі вже дуже «зморена», потребує неабиякого фінансування. Корозія, неякісні труби – те, що маємо. Кошти, які виділяються на ремонт – це маленька крапля, яка «розмазується» там, де рветься, але в цілому не може оптимізувати ситуацію. Накласти муфту – тимчасове поліпшення стану окремого відрізка і не більше» [1, ст.4]. Також на нараді було рекомендовано затвердити програму інвестицій ДК «Укртрансгаз» у сумі близько 2 млрд. грн., причому перший кредит планується спрямувати на поліпшення ЛЧМГ, і, насамперед експортних магістралей».

Спроби встановити термін служби різного виду протикорозійної ізоляції сталевих трубопроводів не мали успіху, оскільки він залежить від багатьох чинників. Головним з них є якість ізоляції і її товщина. Чим більша товщина і вища якість ізоляцій, тим вищі захисні властивості та величина терміну їх служби. На якість ізоляції впливає якість матеріалів, з яких вона виготовляється, ретельність підготовки поверхні труб під ізоляцію, якість виконання ізоляційних робіт, здійснення заходів щодо захисту ізоляції від пошкоджень в процесі монтажно-укладальних робіт.

З часом стан захисної ізоляції погіршується, діелектричні властивості її знижуються і, як наслідок, захисна зона установок електрохімічного захисту зменшується. Для забезпечення необхідного ступеня захисту газопроводів від корозії збільшують потужність установок електрохімічного захисту (де це можливо) і додають нові установки (де це необхідно).

Дана проблема була предметом уваги багатьох дослідників, зокрема Дремета О.Ю., Розгонюка В.В., Беккера М.В., Шишківського В.А., Кобзева В. А. та ін. Також проблемам сучасної протикорозійної ізоляції в трубопроводному транспорті присвячені праці таких провідних вчених, як Середницький Я.А., Банахевич Ю.В., Крижанівський Є.І. та ін. Досліджуючи публікації науковців, можна зробити висновок, що основним способом захисту магістральних газопроводів від корозії є застосування протикорозійних покриттів різних видів, вибір яких залежить від умов експлуатації.

Ізоляційні покриття підземних трубопроводів для забезпечення свого основного призначення повинні володіти такими властивостями [2]:

- 1) суцільністю і високими ізолюючими характеристиками;
- 2) адгезією до металевої поверхні;
- 3) механічною міцністю і пружноеластичністю;
- 4) опором удару і напругам ґрунтів;
- 5) низькою вологопроникністю і малою величиною вологовбирання;
- 6) здатністю протистояти проникненню корозійно-активних іонів, а також осмосу й електроосмосу;
- 7) високою хімічною стійкістю та біостійкістю;
- 8) термостійкістю та стійкістю до сонячного опромінення;
- 9) стабільністю техніко-експлуатаційних характеристик у часі;
- 10) простотою технології виробництва й нанесення у заводських і польових умовах.

Матеріали, що входять до складу покриттів, повинні бути недефіцитними, а самі покриття недорогими і довговічними.

Для підвищення стійкості підземних трубопроводів до ґрунтової корозії в системі транспортування газу використовують комплексний захист – поєднання протикорозійних покриттів з електрохімічними засобами захисту (ЕХЗ). Часто, через невисоку якість покриттів або недоліки в технології їх використання та нанесення, навіть у випадку використання комплексного захисту, не забезпечується необхідна надійність роботи газопроводів.

Вибір того або іншого захисного покриття для ремонту повинен бути обґрунтований економічно. Методичні прийоми, що рекомендуються, не завжди дозволяють визначати деякі техніко-економічні показники, вибирати оптимальні варіанти протикорозійного захисту, при яких загальні витрати на засоби захисту і її експлуатацію були б мінімальними. Методи прогнозування старіння ізоляційних покриттів, як і рекомендації щодо прогнозування ефективності їх захисної дії, дозволяють розраховувати експлуатаційні витрати в динаміці по роках, пов'язані із зниженням захисних властивостей покриття і збільшенням витрат електроенергії для електрозахисту. Можливість прогнозування зміни ефективності захисної дії покриттів в часі, аналіз чинників, що визначають одноразові і експлуатаційні витрати на протикорозійний захист є основою для визначення економічної ефективності різних видів і конструкцій ізоляційних покриттів при комплексному захисті.

Найбільш економічно вигідні типи ізоляційного покриття слід визначати порівнянням суми поточних і приведених капітальних витрат за аналізованими варіантами.

Оскільки економічна ефективність кожного ізоляційного покриття виявляється в часі, крім порівняння витрат на нанесення покриття слід враховувати експлуатаційні витрати на протикорозійний захист. При цьому слід мати на увазі, що різні ізоляційні покриття по-різному впливають на величину експлуатаційних витрат, у тому числі і на витрату електроенергії, і мають різні терміни служби.

При техніко-економічному порівнянні покриттів слід розрізняти граничний і середній терміни служби ізоляції. Термін служби ізоляційного покриття, після закінчення якого ізоляція втрачає свої захисні властивості на відремонтованому відрізку газопроводу, слід розуміти як граничний термін її служби. Це означає, що за тривалої експлуатації вся нанесена ізоляція на відремонтованій ділянці внаслідок її старіння буде повністю замінена новою. Для одного і того ж покриття залежно від природно-кліматичних умов та інших чинників експлуатації ділянки газопроводу граничні терміни служби ізоляції можуть складати 10, 25, 30, 50 років. Середній термін служби – об'єктивна економічна категорія, вживана для характеристики середньої довговічності майже всіх основних засобів на підприємствах. Середній термін служби ізоляції може мати як широке, узагальнююче значення, яке можна використовувати для порівняння довговічності різних газопроводів, так і місцеве, локальне значення для даного району прокладання, типу ґрунту тощо.

Для економічного порівняння ізоляційних покриттів з різними термінами служби і експлуатаційними витратами на протикорозійний захист необхідне зіставлення їх техніко-економічних показників за однаковий період часу. Із всієї сукупності аналізованих покриттів за еталон порівняння слід приймати покриття, що має більший термін служби. Для покриття з меншим терміном служби повинні враховуватися сумарні витрати на електрохімічний захист і на повторні заміни вибулої з ладу ізоляції, які можуть бути за період служби довговічнішого покриття.

Сумарні витрати на протикорозійний захист на конкретній ділянці газопроводу визначаються виходячи з фактичного співвідношення нанесених видів ізоляції або проектного співвідношення намічених для застосування конструкцій і видів ізоляції і розраховують за формулою:

$$Q_3 = L(q_1 l_1 + q_2 l_2 + \dots + q_n l_n), \quad (1)$$

де: L – протяжність ділянки трубопроводу;
 q_1, q_2, \dots, q_n – сумарні витрати по кожній з порівнюваних конструкцій і видів покриття;
 l_1, l_2, \dots, l_n – питома вага різних конструкцій і видів ізоляції на ділянці газопроводу.

У зв'язку із різким збільшенням потреби в ізоляційних матеріалах і підвищенням ефективності наукових досліджень дешеві та доступні нафто-бітумні мастикові покриття в найближчий час складатимуть серйозну конкуренцію плівкам та полімерним покриттям. Від техніко-експлуатаційних параметрів бітумно-полімерної чи полімерної ізоляції трубопроводів значною мірою залежить надійність і довговічність антикорозійного захисту трубопроводів. Так, за даними досліджень капітальний ремонт із заміною ізоляційного покриття на основі бітумів чи полімерних стрічок проводиться не частіше одного разу на 16 років. При цьому в середньому 14–18% робіт виконується із заміною прокорованих труб. У більшості випадків (до

Таблиця 1 – Характеристики мастикових покриттів

Показник	МБПД-1	МБГ-90	Інноваційний проект ІФНТУНГ (модифікована мастика)
Температура розм'якшення за методом кільця і кульки, не менше, °С	90	90	94
Глибина проникнення голки при 25°C, 0,1 мм, не менше	18	20	20
Розтяг при 25°C, не менше, мм	70	30	97
Водонасичення за 24 год, не більше, %	0,13	0,2	0,13
Адгезія пластифікованої мастики до заґрунтованого металу, не менше, МПа	0,25	0,2	0,6
Однорідність	однорідна	однорідна	однорідна

70%) причиною цього є руйнування однорідності ізоляційного покриття.

Попри широкий спектр антикорозійних покриттів останнім часом чільне місце відводиться бітумно-полімерним покриттям, які за своєю доступністю і дешевизною можуть скласти серйозну конкуренцію плівковим та полімерним покриттям.

В Україні більшість трубоізоляційних підприємств нафтогазового комплексу використовують нафтобітумні та бітумно-полімерні покриття. Тому проблема підвищення ізоляційних і антикорозійних характеристик нафтобітумних мастикових покриттів є актуальною як з наукової, так і практичної точок зору.

Для ізоляційного покриття на основі бітумно-полімерних мастик небезпеку складають ґрунтові бактерії, які спричиняють мікробіологічну корозію. Саме мікробіологічна корозія є однією з причин пігінгоутворення в ґрунтах підвищеної корозійної активності. Корозійно-активні ґрунтові бактерії сприяють проростанню коренів рослин у бітумні покриття, які руйнують його цілісність, зменшують міцність, довговічність. Одним із методів захисту підземних газопроводів від корозії в слабко- та сильномінералізованих ґрунтах з метою підвищення антикорозійних характеристик ізоляційного покриття є розроблення рецептур нових композицій антикорозійного покриття з введенням у нього інгібіторів корозії та біоцидів (бактерицидних добавок) [3, 4]. Саме від цих складників залежить ефективність захисного покриття, його довговічність та зміцнення поверхні металу.

Основним параметром, який визначає захисну здатність ізоляційного покриття, є його адгезійні властивості. У бітумно-полімерних покриттях, які включають праймер, бітумно-полімерні мастику та ізоляційну стрічку, особливе значення має адгезія мастики до заґрунтованого металу та адгезія стрічки до мастики.

Науковим колективом ІФНТУНГ було проведено експериментальні дослідження з розроблення рецептур нових композицій бітумно-полімерної ізоляції з метою покращення ізоляційних та антикорозійних характеристик захисного покриття [5, 6]. Як базову було обра-

но бітумно-полімерну ізоляційну мастику марки МБПД-1 Дашавського заводу композиційних матеріалів.

З метою підвищення захисту від корозії підземних газопроводів, прокладених в слабко- та сильномінералізованих ґрунтах, що включає очищення поверхні газопроводу, приготування праймера та модифікованої мастики на основі мастики бітумно-полімерної з наступним їх нанесенням на поверхню газопроводу, наклеювання ізоляційної стрічки, було запропоновано в праймер і мастику додатково вводити поверхнево-активні речовини-інгібітори. Додавання цих речовин знижує поверхневий натяг праймера, підвищує його здатність до змочування металу і розтікання по його поверхні, а також володіють бактерицидними властивостями [7].

В якості протикорозійного захисту газопроводів в УМГ "Прикарпаттрансгаз" найчастіше використовують гумово-бітумні (МБГ-90) та бітумно-полімерні покриття (МБПД-1). Як свідчить практика, вказані покриття не є універсальними і тому не можуть використовуватись в ґрунтах з різною корозійною активністю. Характеристики використовуваних мастикових покриттів та модифікованої мастики наведені в табл. 1.

Аналізуючи технічні характеристики поданих в таблиці мастик можна зробити висновок, що бітумно-полімерна мастика завдяки більшій однорідності композиційних систем характеризується значно вищими фізико-механічними, фізико-хімічними та ізоляційними параметрами в порівнянні з іншими, які виготовляються в Україні. Слід зазначити, що мастику типу МБГ-90 необхідно використовувати для захисту газопроводів, прокладених в ґрунтах з низькою мінералізацією (вміст солей $\leq 2\%$), що є одним з її недоліків.

Бітумно-полімерні мастики підвищують техніко-експлуатаційні параметри покриттів магістральних газопроводів на їх основі, збільшують ефективність практичного використання. Варто зауважити, що суттєвим недоліком при використанні мастик типу МБГ-90 та МБПД-1 є їх недостатня стійкість до водонасичення після 70 діб експлуатації, що є негати-

вною характеристикою для протикорозійного покриття.

Порівнюючи характеристики модифікованої мастики [5, 6], видно, що основною перевагою є її універсальність для різних видів ґрунтів (залежно від кислотності), посилена біостійкість, що виключає проростання в неї коренів рослин, які спричиняють руйнування цілісності покриття. Практика використання модифікованого бітумно-полімерного покриття з інгібітором дасть змогу суттєво покращити його техніко-експлуатаційні властивості та збільшити термін експлуатації підземних газопроводів на слабо- та сильномінералізованих ґрунтах.

Наведемо розрахунок економічної доцільності впровадження інноваційного протикорозійного покриття.

Згідно з даними планової калькуляції на виробництво бітумно-полімерної ізоляційної мастики МБП-Д-1, отриманих в УМГ "Прикарпаттрансгаз", вартість 1 т базової мастики МБП-Д-1 складає 7296,32 грн. з ПДВ, а вартість «інноваційно-модифікованої» мастики з використанням інгібітора типу «г» становитиме 7428,7 грн., а з використанням інгібітора «ж» – 7445,7 грн. Отже вартість модифікованої мастики більша вартості "базової" відповідно на 132,7 грн. та 149,7 грн. за тону.

Спосіб захисту з використанням в складі інноваційно-модифікованої мастики праймера з інгібітором типу «г» рекомендовано застосовувати для захисту газопроводів, прокладених у сильно мінералізованих ґрунтах. Для протикорозійного захисту підземних газопроводів, прокладених в корозійно-небезпечних зонах, зумовлених мікробіологічною корозією, характерною для болотних, замулених ґрунтів, які містять сірководень, варто застосовувати «інноваційно-модифіковану» мастику з інгібітором типу «ж».

Слід зазначити, що в усіх випадках вартість модифікованого ізоляційного покриття більша вартості базового, оскільки останнє не містить у своєму складі високовартісну складову – інгібітор. Тобто початкові витрати на протикорозійну обробку трубопроводів будуть вищими у випадку використання модифікованих ізоляційних матеріалів. Ефект від використання покриттів полягає у збільшенні терміну служби трубопроводу після обробки до наступного капітального ремонту. У ході проведених лабораторних досліджень виявлено, що застосування інгібіторів дозволяє збільшити термін служби ізоляційного покриття в 1,3 рази [8].

Розрахуємо економію витрат газотранспортного підприємства від застосування інноваційно-модифікованої мастики.

Вихідні дані для розрахунку наведемо в таблиці 2.

Розрахунок економії витрат від впровадження інноваційно-модифікованого покриття через 15 років проведемо, виходячи з суми витрат необхідних на проведення вибіркового ремонту ізоляції та враховуючи терміни використання протикорозійних покриттів за формулою (2):

Таблиця 2 – Вихідні дані для розрахунку економії витрат на газотранспортних підприємствах

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

$$E = B_{\phi} - B_{np} \cdot K_n, \quad (2)$$

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 інноваційно-модифікованого протикорозійного покриття;

K_n – коефіцієнт напрацювання розраховується за формулою:

$$K_n = \frac{T_{\phi}}{T_{kp}}, \quad (3)$$

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

T_{kp} – термін придатності ізоляційного покриття, роки.

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

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

Оскільки термін експлуатації базового захисного покриття складає 15 років, розрахуємо теперішню вартість майбутнього ефекту за формулою:

$$EM = \frac{B_{\phi} - B_{np} \cdot K_n}{(1+r)^{15}}, \quad (4)$$

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;

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

Ставку дисконту розрахуємо як суму таких складових:

- базова ставка – 7%;
- компенсація ризику зміни базової ставки – 2,5%;
- компенсація специфічних ризиків, при-таманних 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 є на момент оцінки, у розмірі 25%:

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

У розрахунках приймаємо заокруглене значення ставки дисконту 11%.

Отже, теперішня вартість майбутнього економічного ефекту від застосування інноваційно-модифікованого 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 інноваційно-модифікованого протикорозійного покриття.

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

Література

1 Вечерік Р.Л. Краще менше, але краще / Р.Л. Вечерік // Трубопровідний транспорт . – 2010. – №3(63) – С.3-5.

2 Крижанівський Є.І. Підвищення ефективності антикорозійного захисту нафтогазопроводів / Є.І. Крижанівський, Я.Т. Федорович, М.С. Полутренко, І.В. Федорович // Ресурсозберігаючі технології в нафтогазовій енергетиці «ІФНТУНГ-40»: програма міжнар. наук.-техн. конф., 16-20 квітня 2007 р.– Івано-Франківськ, 2007. – 2 с.

3 Крижанівський Є.І. Дослідження ізоляційних та антикорозійних характеристик модифікованих бітумно-полімерних покриттів / [Є.І. Крижанівський, М.С. Полутренко, Ю.П.Гужов та ін.] // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. – №1(26). – С. 57-59.

4 Федорович І.В. Класифікаційна модель чинників відновлення лінійної частини магістральних газопроводів / І.В. Федорович, Г.О. Зелінська // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2009. – №3(21). – С.140-143.

5 Пат. 82775 Україна, МПК (2006) С23F 11/00, F16L 58/02 Спосіб захисту підземних нафтогазопроводів від корозії / Є.І. Крижанівський, Я.Т. Федорович, М.С. Полутренко, Ю.П. Гужов, І.В. Федорович; заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – № а2006610107 заявл. 21.09.06.; опубл. 25.03.08, Бюл. №9.

6 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 / Є.І. Крижанівський, Я.Т. Федорович, М.С. Полутренко, Ю.П. Гужов, І.В. Федорович; патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – № а200807330 заявл. 27.05.2008.; опубл. 10.12.2009, Бюл. №4.

7 Федорович І.В. Процес відтворення основних виробничих засобів та його особливості для лінійної частини магістральних газопроводів / І.В. Федорович // Формування ринкових відносин в Україні: Збірник наукових праць. – 2011. – Вип.2 (117). – С.186-189.

8 Федорович І.В. Ефективність використання модифікованого ізоляційного покриття для збільшення терміну служби трубопроводів / І.В. Федорович // Формування ринкових відносин в Україні: Збірник наукових праць. – 2008. – Вип.10(89). – С.97-100.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
08.11.11*

*Рекомендована до друку професором
М.О. Данилюком*