

## ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІУРЕТАНОВИХ ПОКРИТТІВ У ПРОЦЕСІ РЕМОНТУ НАСОСНИХ ШТАНГ

<sup>1</sup>Б.В. Копей, <sup>2</sup>О.І. Стефанишин, <sup>1</sup>О.Р. Мартинець, <sup>1</sup>А.Б. Стефанишин

<sup>1</sup>ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727146,  
e-mail: koreyb@iifnq.edu.ua

<sup>2</sup>ЦБВО ВАТ "Укрнафта", 79760, Львівська обл., м. Борислав, вул. Шевченка 77-а

Застосування поліуретанових покриттів – один з найбільш поширених способів захисту від корозії, зносу, корозійної втоми в промисловості. Ізоляція металу від корозійного середовища шаром нанесеного на нього захисного покриття перешкоджає діяльності мікрогальванічних елементів на поверхні металу і тим самим захищає від корозії та зносу. Електрохімічними та імпедансними методами вивчали корозійну стійкість сталі з захисними поліуретановими покриттями, модифікованими інгібувальними пігментами.

Встановлено, що поєднання у складі поліуретанового ґрунту суміші фосфату / молибдату цинку та додатково природного силікату кальцію підсилює захисні властивості покриття завдяки ефекту синергізму.

Ключові слова: насосні штанги, поліуретан, корозія, метал, покриття, склопластик.

Применение полиуретановых покрытий – один из наиболее распространенных способов защиты от коррозии, износа, коррозионной усталости в промышленности. Изоляция металла от коррозионной среды слоем нанесенного на него защитного покрытия препятствует деятельности микрогальванических элементов на поверхности металла и тем самым защищает от коррозии и износа. Электрохимическими и импедансной методами изучали коррозионную стойкость стали с защитными полиуретановыми покрытиями, модифицированными ингибирующими пигментами.

Установлено, что сочетание в составе полиуретанового грунта смеси фосфата / молибдата цинка и дополнительно природного силиката кальция усиливает защитные свойства покрытия благодаря эффекту синергизма.

Ключевые слова: насосные штанги, полиуретан, коррозия, металл, стеклопластик.

Protection against corrosion, wear, corrosion fatigue by applying coatings is one of the most common methods in the industry. Isolation of metal from the corrosion environment using the layer of protective coating deposited on it interferes with the microgalvanic elements action on the surface of metal and thus protects against corrosion and wear. Electrochemical and impedance methods were applied to study the resistance to corrosion of steel with the protective polyurethane primer coatings modified by inhibiting pigments.

It was established that the combination of polyurethane primer coating in this composition together with the mixture of phosphate / molybdenum zinc and added to it natural calcium silicate strengthens protective properties of coating due to synergetic effect.

Key words: sucker rods, polyurethane, corrosion, metal, isolation, fiberglass.

### Постановка проблеми

Під час видобування нафти штанговими насосами застосовують велику кількість типів та конструкцій насосних штанг. Класичні штанги виготовляються з суцільного стержня з вивадженими на кінцях головками. Для захисту від корозійної втоми зносу та продовження їх довговічності доцільно використовувати захисні покриття. Останнім часом почали широко використовувати поліуретани, які відрізняються високими фізико-механічними властивостями та хімічною стійкістю. Водночас існує необхідність створення ефективних інгібованих ґрунтів під основне поліуретанове покриття, які б могли додатково захищати метал від поширення підплівкової корозії.

### Виділення невирішених частин проблеми

Вирішення таких проблем, як корозія, корозійна втома, зношення, відкладення парафіну та асфальто-смолистих речовин на поверхні підземної частини обладнання штангової насосної установки є важливим, особливо після ремонту насосних штанг. Вирішення цих про-

блем дасть змогу збільшити ресурс ремонтівних насосних штанг та знизити витрати на їх експлуатацію.

### Мета статті

Особливо необхідно вказати на найбільш ефективний метод захисту від корозії, зношення, корозійної втоми – застосування покриттів. Ізолювання металу від корозійного середовища шаром нанесеного на нього захисного покриття перешкоджає діяльності гальванічних мікроелементів на поверхні металу і тим самим захищає від корозії та зносу.

### Аналіз сучасних досліджень і публікацій

Забезпечення довговічності конструкцій – поняття, яке включає у себе як технологічні, так і конструктивні вимоги. Під час експлуатації виробів з металів та їх сплавів доводиться стикатися з явищем руйнування їх під дією навколишнього середовища. Корозія та корозійна втома металів завдає великої економічної шкоди. Внаслідок корозії та корозійної втоми виходять з ладу обладнання, машини, механізми,

руйнуються металеві конструкції. Особливо сильно піддається корозії та корозійній втоми обладнання, що контактує з агресивним середовищем, наприклад розчинами мінералізованої пластової води, кислот, солей. Витрати на ремонт обладнання у багато разів перевищують вартість металу, з якого вони виготовлені.

Захист від корозії та корозійної втоми - одна з головних проблем у вирішенні цього питання. Під впливом руйнівних впливів і агресивних середовищ металеві конструкції поступово втрачають первинний зовнішній вигляд і втрачають свої якості. У таких випадках дуже гостро постає питання про захист металу від корозії та корозійної втоми. Корозія роз'їдає метал, роблячи непридатним його подальше використання та експлуатацію. Корозійна втома полягає у зародженні та рості тріщин. З плином часу це призводить до зниження міцності, а в ряді випадків і до руйнування металевих виробів. Швидкість корозійно-втомних процесів залежить від умов, в яких виготовляються та експлуатуються вироби. Оскільки усунути вплив експлуатаційних чинників на металеві конструкції практично неможливо, то й корозію та корозійну втому слід визнати вічним супутником металу.

Сучасний захист металів від корозії та корозійної втоми базується на наступних методах:

- підвищення хімічного опору конструкційних матеріалів;
- ізоляція поверхні металу від агресивного середовища металевими та полімерними покриттями;
- пониження агресивності робочого середовища;
- зниження корозії та корозійної втоми накладенням зовнішнього струму (електрохімічний захист).

Ці методи можна розділити на дві групи. Перші два методи зазвичай реалізуються до початку виробничої експлуатації металовиробу (вибір конструкційних матеріалів і їх поєднань ще на стадії проектування і виготовлення виробу, нанесення на нього захисних покриттів). Останні два методи, навпаки, можуть бути здійснені тільки в ході експлуатації металовиробу (пропускання струму для досягнення захисного потенціалу, введення в технологічне середовище спеціальних добавок-інгібіторів) і не пов'язані з якою-небудь попередньою обробкою до початку використання.

При застосуванні перших двох методів не можуть бути змінені склад сталей і природа захисних покриттів даного металовиробу при безперервній його роботі в умовах змінної агресивності середовища. Друга група методів дозволяє при необхідності створювати нові режими захисту, що забезпечують найменше корозійне пошкодження виробу при зміні умов їх експлуатації. Проте в кожному випадку доводиться вирішувати яким із засобів, або в якому їх поєднанні можна отримати найбільший економічний ефект.

За принципом захисної дії металеві покриття розрізняють анодні і катодні. Анодні

покриття мають у водному розчині електролітів більш негативний електрохімічний потенціал, ніж захищений метал, а катодні – позитивний. Унаслідок зсуву потенціалу анодні покриття зменшують або повністю усувають корозію основного металу в порах покриття, тобто надають електрохімічний захист, тоді як катодні покриття можуть підсилювати корозію основного металу в порах, проте ними користуються, оскільки вони підвищують фізико-механічні властивості металу, наприклад зносостійкість, твердість. Але при цьому потрібна значно велика товщина покриттів, а у ряді випадків додатковий захист. Металеві покриття поділяються також за способом їх отримання електролітичним осадженням, хімічним осадженням, гарячим і холодним нанесенням, термодифузійною обробкою, металізацією напиленням, плакіруванням.

Неметалеві покриття отримують нанесенням на поверхню різних неметалевих матеріалів – лакофарбових, каучукових, пластмасових, керамічних і ін. Найбільш поширені лакофарбові покриття, які можна поділити за призначенням (атмосферостійкі, обмежено атмосферостійкі, водостійкі, спеціальні, маслобензостійкі, хімічно стійкі, термостійкі, електроізоляційні, консерваційні) і за складом плівкоутворювача (бітумні, епоксидні, кремнійорганічні, поліуретанові, пентафталеві та ін.).

Покриття, що отримуються хімічною і електрохімічною обробкою поверхні, є півки нерозчинних продуктів, що утворилися в результаті хімічної взаємодії металів із зовнішнім середовищем. Оскільки багато з них є пористими, вони застосовуються переважно як підшари під мастила і лакофарбові покриття, збільшуючи захисну здатність покриття на металі і забезпечуючи надійне зчеплення. Методи нанесення – оксидування, фосфатування, пасивування, анодування.

В машинобудуванні проводиться обробка корозійного середовища з метою зниження корозійної активності, якими є нейтралізація або знекислення корозійних середовищ, а також застосування різного роду інгібіторів корозії, які в невеликих кількостях вводяться в агресивне середовище і створюють на поверхні металу адсорбційну півку, що гальмує електродні процеси і змінює електрохімічні параметри металів.

Розробка і виробництво нових металевих конструкційних матеріалів підвищеної корозійної стійкості шляхом усунення з металу або сплаву домішок, прискорюють корозійний процес (усунення заліза з магнієвих або алюмінієвих сплавів, сірі із залізних сплавів і так далі), або введення в сплав нових компонентів, що сильно підвищують корозійну стійкість (наприклад, хрому в залізо, марганцю в магнієві сплави, нікелю в залізні сплави, мідь в нікелеві сплави і так далі). Перехід у ряді конструкцій від металевих до хімічно стійких матеріалів (пластичні високополімерні матеріали, скло, кераміка та ін.).

В даний час полімерні композиційні матеріали (ПКМ) на основі поліуретанів (ПУ) і різних наповнювачів широко використовуються в будівельній, нафтопереробній, машинобудівній та легкій промисловості. Вони характеризуються підвищеною механічною, хімічною і корозійною стійкістю, хорошими діелектричними властивостями, можуть бути як високоеластичними, так твердими і міцними. Всі ці якості сприяють їх конкуренції з природними матеріалами.

Пропонується використання під час ремонту штанг технології їх зміцнення шляхом нанесення захисного поліуретанового покриття. Описана технологія дасть можливість збільшити ресурс відремонтованої штанги в процесі подальшої її експлуатації.

Корозійні та корозійно-втомні процеси обладнання підземної частини штангових насосних установок для видобування нафти є причиною значних витрат коштів і часу на ремонт, заміну обладнання і виконання спуско-підіймальних операцій. Це пояснюється високою концентрацією солей та кислих газів в продукції пласта, застосуванням корозійно-агресивних рідин, що закачуються в свердловину. Отже, корозія, корозійна втома, знос і парафінізація та відкладення АСР на поверхні підземної частини обладнання установки штангових насосів — важливі проблеми, вирішення яких дасть змогу знизити витрати на експлуатацію та ремонт обладнання. Знайомство з сучасною ситуацією на нафтовидобувних промислах України дає підставу стверджувати, що затребуваними на сьогодні методами профілактики та боротьби із корозійним руйнуваннями та парафінізацією мають бути:

- технологічно простими;
- такими, що можуть здійснюватись в умовах промислу без передання обладнання в капіремонт чи замовлення спецтехніки;
- недорогими (маловитратними).

Захист від корозії, зношення, корозійної втоми шляхом застосування покриттів — найпоширеніший спосіб в промисловості. Ізоляція металу від корозійного середовища шаром нанесеного на нього захисного покриття перешкоджає діяльності гальванічних мікроелементів на поверхні металу і тим самим захищає від корозії та зношення.

Антикорозійні поліуретанові покриття — покриття, що мають високу адгезією до металів (алюмінієвим і магнієвим сплавам, сталі, титану, цинку) і неметалів (бетону, дереву, склопластикам), володіють достатньою пружністю, стійкістю до стирання і зносу, стійкістю до старіння, радіаційною стійкістю, стійкістю до дії атмосферних чинників, води, кислот, лугів, розчинників

Поліуретани — один з нових видів полімерних матеріалів, що мають велике промислове значення. До поліуретанів відносять високомолекулярні сполуки, що містять значну кількість уретанових груп, незалежно від будови іншої частини молекул. Зазвичай ці полімери одержують при взаємодії Поліізоціанати з речовинами, що мають кілька гідроксильних груп, на-

приклад з гліколями. Такі речовини можуть містити й інші реакційно-здатні групи, зокрема аміні і карбоксильні. Тому в поліуретанів крім уретанових груп можна виявити амідні, ефірні (прості і складні) групи, а також ароматичні і аліфатичні радикали. Ці полімери називають іноді «поліуретанів», іноді — «ізоціанатного полімерами». Уретан можна розглядати як ефір нестійкою карбамінової кислоти або як амідоефір вугільної кислоти.

Ізоціанат, що міститься у складі поліуретанів, реагує з водою (якщо вона є на поверхні, що покривається), чим усувається дія її на розвиток корозії і на зниження адгезії. Тому застосування поліуретанових лаків особливе бажано для захисту від корозії та корозійної втоми сталевих виробів.

Поліуретан застосовується практично у всіх галузях промисловості для вирішення різноманітних завдань. Однією з таких задач є захист деталей механізмів від корозії, впливу агресивних середовищ, ударного навантаження і абразивного зносу. Футерівка може являти собою поліуретанове покриття, яке наноситься безпосередньо на деталь, дозволяє збільшити термін служби деталі та досить легко відновлюється у випадку стирання.

Пінополіуретан (ППУ)-матеріал білого (світло-жовтого) кольору, твердий, надзвичайно легкий. Він має дуже низьку теплопровідність, тому використовується як утеплювач. Матеріал негігроскопічний (закриті пори), стійкий до дії зовнішніх природних факторів.

Він не має жодного шкідливого впливу на здоров'я людини. ППУ відповідає вимогам пожежобезпеки для матеріалів, що застосовуються в будівництві.

ППУ напілюється практично на всі будівельні матеріали: метал, бетон, цеглу, дерево, скло, фарбу, при цьому поверхня може мати любую конфігурацію. В результаті цього відсутня потреба в спеціальному кріпленні або приклеюванні ізоляції. ППУ-покриття стійке до кислотних та лужних розчинів, може працювати в ґрунті, використовуватись, як покривельний і, навіть, служити для антикорозійного захисту металу. Однаково підходить як для зовнішнього, так і для внутрішнього захисту конструкцій.

Напилення твердого пінополіуретану (ППУ) — це найефективніша технологія нанесення теплоізоляційних покриттів на поверхнях великої площі або поверхнях зі складним рельєфом. Напилення відбувається за допомогою спеціального устаткування безпосередньо на об'єкті замовника. Одержуване покриття — безшовний однорідний покрив із твердого ППУ, отриманий у результаті змішування двох компонентів при їхньому одночасному напиленні на поверхню, що ізолюється. На перший погляд, технологія напилення дуже схожа з технологією фарбування поверхні пульверизатором. Тужавіння покриття відбувається протягом 3-40 секунд. Напилення може наноситися в кілька шарів до досягнення товщини покриття, що відповідає теплотехнічному розрахунку.

Напилення із твердого пінополіуретану одержало широке поширення при ізоляції: будинків промислового й цивільного призначення (підвалів, стін, покрівель, перекриттів, підлог, внутрішніх перегородок, балконів і лоджій); приміщень сільськогосподарського призначення (ферм, теплиць і т.п.); холодильних і морозильних камер, у тому числі й на водному транспорті; авторефрижераторах, ізотермічних контейнерів і кузовів автомобілів, внутрішніх перегородок на водному транспорті; технологічного устаткування, сховищ, резервуарів, емностей.

Переваги напилення говорять самі за себе. Як показала практика, використання напилення із твердого пінополіуретану дозволяє заощадити близько 50% коштів, що витрачають при застосуванні традиційних методів теплоізоляції.

По-перше, завдяки унікальним теплоізоляційним властивостям твердого пінополіуретану замовник кардинально знижує капітальні витрати на утримання систем тепlopостачання (адже для опалення тепер буде потрібно устаткування набагато меншої потужності) і поточні витрати на енергоносії (тому що для підтримки необхідної температури витрачається набагато менше теплоенергії).

По-друге, значну економію приносить зниження витрат на транспортування, складування й монтаж теплоізоляції. Тому що будь-який теплоізоляційний матеріал на 85-90% складається з газу (повітря, вуглекислоти й т.п.), його набагато зручніше й вигідніше виготовляти прямо на місці застосування, ніж гнати «вагон або фуру з повітрям» за сотні, а то й тисячі кілометрів. З однієї тонни сировини (чотири бочки по 250 л) можна одержати 20 м<sup>3</sup> твердого пінополіуретану й нанести його шаром в 3-4 см на площі 400-600 м<sup>2</sup>. Виходить, для теплоізоляції такої площі замість пари «Камазів» з 40 м<sup>3</sup> готового утеплювача буде досить однієї «Газелі» із сировиною й устаткуванням на борту. Крім цього, не будуть потрібні ні величезна кількість кріпильних і видаткових матеріалів, ні організація й охорона складу.

По-третє, замовник практично до нуля знижує витрати на поточні й капітальні ремонти теплоізоляції протягом усього строку її служби. Теоретично цей строк оцінюється в 30-50 років. На практиці ж недавні дослідження покриттів із твердого пінополіуретану, нанесених ще в 70-і роки ХХ століття в США, Європі і Японії, показали відсутність змін корисних властивостей цього матеріалу.

По-четверте, незначна щільність твердого пінополіуретану 35-75 кг/м<sup>3</sup> виключає додаткове навантаження на ізолюваний об'єкт, а виходить, рятує замовника від витрат на посилення несучих конструкцій об'єктів.

По-п'яте, повністю виключаються втрати від вандалізму й розкрадань, а значить і витрати на охорону змонтованої теплоізоляції. Адже напиленню із твердого пінополіуретану дуже важко заподіяти якої-небудь шкоди й зовсім неможливо зняти й віднести його із собою.

### Технологічні вигоди

Практичне застосування напилення із твердого пінополіуретану на порядок технологічніше від інших методів теплоізоляції й зберігає до 80% часу при виконанні теплоізоляційних робіт.

По-перше, зменшується час на навантаження, транспортування й розвантаження теплоізоляційних матеріалів. Завантажити чотири бочки з компонентами й установкою для напилення, доставити їх до об'єкта й вивантажити набагато простіше, ніж 40 м<sup>3</sup> готового теплоізолятора.

По-друге, у кілька разів скорочуються строки провадження робіт. Бригада з 2-х чоловік в стані робити до 800 м<sup>2</sup> напилення за зміну, а висока швидкість тужавіння (затвердіння) матеріалу допускає експлуатацію об'єкта практично відразу ж після закінчення робіт. Теплоізоляція такої площі традиційними готовими теплоізоляторами вимагає на порядок більших трудозатрат.

По-третє, на додачу до теплоізоляції замовник при використанні напилення із твердого пінополіуретану одержує додаткову звукоізоляцію, а за допомогою напилення із щільністю вище 65 кг/м<sup>3</sup> ще й вирішує завдання гідроізоляції й антикорозійного захисту свого об'єкта. Такою багатофункціональністю не може похвалитись жоден із традиційних теплоізоляторів.

По-четверте, висока адгезія (прилипання) твердого пінополіуретану до будь-яких матеріалів дає можливість напилювати його практично на будь-яку поверхню, не дивлячись на кут її нахилу, навіть на стелі! Покриття, що утворюється, із твердого пінополіуретану щільно облягає об'єкти з будь-яким рельєфом і здобуває їхню форму, тобто не вимагає вирівнювання поверхонь під ізоляцію.

По-п'яте, екологічна чистота напилення із твердого пінополіуретану значно полегшує його монтаж й експлуатацію, а хімічна й біологічна стійкість допускає його використання під впливом агресивних середовищ.

Завдяки всім цим властивостям, що витікають з фізичних характеристик і хімічної будови матеріалу, ППУ з успіхом використовується для виготовлення тепло-, гідро-, паро-, шумоізоляції в комплексі.

Захисні властивості вітчизняних пінополіуретанов ППУ-3Н і ППУ-304Н були випробувані на листових зразках товщиною 1 мм дуралюміну Д-16 і вуглецевій сталі (кадміюваної, оцинкованої, такої, що піддавалася кадмуванню чи цинкуванню). На заздалегідь знежирені пластинки був нанесений за допомогою напилювачів устава «Пена-1» шар пінопласту завтовшки 13-15 мм. Отримані у такий спосіб зразки були встановлені з нахилом пластинки 45 до горизонту в приміщенні із звичайним повітряним середовищем з 100 %-вою вологістю і температурою 50 °С. Щотижня протягом 6 місяців на зразках вирізували ділянку покриття розміром 10×10 мм і перевіряли візуально стан металу під пінопластом; крім того, методом трикутника оцінювали якість адгезії пінопласту

до металу. Результати випробувань показали, що покриття на основі пенополіуретанів ППУ-3Н і ППУ-304Н надійно забезпечують захист від корозії дуралюмінію Д-16, а також вуглецевої сталі (кадмійованої і оцинкованої), але не забезпечують захист від корозії вуглецевої сталі, що не піддалась кадмуванню або цинкуванню (на деяких зразках після 3 місяців випробувань були виявлені сліди корозії). Пенополіуретан ППУ-304Н, крім того, не забезпечує захист дуралюмінію Д-16 неплакованого і неанодованого. Очевидно, для захисту від корозії цих металів необхідно розробити спеціальні рецептури пенополіуретанів, до складу яких входять відповідні інгібітори корозії.

Поліуретан може володіти різною твердістю, в тому числі і дуже високою (необхідною для багатьох механізмів), але в теж час зберігає деяку еластичність, яка дозволяє твердим частинкам переміщатися по поверхні деталі без подряпин і подальшого руйнування. Еластичне покриття так само в значній мірі нейтралізує вібраційні й ударні впливи, запобігаючи їх передачу на підшипники і інші частини обладнання та володіє значною стійкістю до дії кислот, різних розчинників, масел, бензину, озону та інших руйнівних речовин, що дозволяє захистити деталі механізмів, де постійно використовуються подібні речовини.

Поліуретанове покриття відрізняється дуже низьким зношуванням і високим опором до розриву і багаторазовим деформаціям. Покриття надовго продовжує термін служби деталей, а в разі його зносу, деталь очищається і покриття можна наносити знову.

Пропонується використання комбінованого покриття для захисту насосних штанг від корозії, корозійної втоми, зносостійкості. Перший шар – металізаційне покриття, другий – склотканина, третій – поліуретан. Таке покриття разом з високими антикорозійними властивостями має добрі фізико-механічні властивості, а також володіє стійкістю до дії агресивних середовищ. Пінополіуретанові покриття металоконструкцій з метою захисту їх від корозії застосовуються у ряді країн. Досвід експлуатації поліуретанових покриттів показав, що вони протягом декількох років зберігають первинний блиск, не жовтіють, не фарбуються, легко очищаються від забруднень. Випробування показали, що наносити пінополіуретан на поверхню найдоцільніше напиленням, оскільки це не тільки сприяє значному підвищенню продуктивності праці, але і веде до істотного збільшення ефективності покриття. Такі покриття захищають поверхню металу не тільки за рахунок властивостей шару пінопласту, але і за рахунок плівок, що утворюються при його спінюванні, як з боку зовнішнього середовища, так і з боку металу.

Антикорозійні поліуретанові покриття наносять за допомогою пістолетів повітряного або безповітряного розпилювання, накаткою, пензлем і іншими способами. Життєздатність початкових композицій поліуретанів складає від 4 до 24 год. При складанні і застосуванні

поліуретанових композицій слід мати на увазі необхідність швидкого і ретельного очищення використовуваної технологічної апаратури відразу ж після нанесення покриття, а також необхідність строгого дотримання вимог техніки безпеки у зв'язку з токсичністю деяких компонентів рецептури. Покриття наносять розпилюванням на поверхню штанги, заздалегідь очищену металевими щітками. Покриття можна наносити на штангу, що не просохла, що дозволяє скоротити термін проведення робіт.

Антикорозійні поліуретанові покриття набули поширення і за кордоном. У США і Франції поліуретанові лаки наносять на палуби і палубні надбудови, а також внутрішні поверхні димарів вантажних суден і танкерів. Відоме, зокрема, успішне застосування на танкерах і рефрижераторах чотиришарового покриття: перший шар — епоксидна ґрунтовка; другий — поліуретан, третій і четвертий шари — поліуретан великої жорсткості. Завдяки стійкості до дії нафти, олів і мийних засобів, незаймистості і зносостійкості поліуретанові покриття почали наносити і в машинних відділеннях суден. В Англії розроблено пінополіуретанове покриття на основі ізоціаната «Супросек 1160» і поліефірів «Дальтолака 1180» і «Дальтолака 2190» з додаванням для підвищення стійкості до дії води і агресивних середовищ касторової олії і епоксидної смоли; пігментом є окис заліза. Це покриття вже застосовується в різних галузях машинобудування. У Німеччині пінополіуретанові покриття наносять на магістральні підземні трубопроводи, при цьому одночасно досягається захист їх від корозії і теплоізоляції. Раніше ці трубопроводи, що піддаються руйнівній дії конденсаційної вологи, забарвлювали, причому через кожні два-три роки доводилося відновлювати забарвлення; ця операція у зв'язку з необхідністю виконання більшого об'єму земляних робіт була дуже трудомісткою.

## **Висновки**

1 Корозія металів здійснюється відповідно до законів природи і тому її не можна повністю усунути, а можна лише сповільнити.

2 Поліуретанові покриття є кращим способом захисту від корозії металу насосних штанг та мають добрі фізико-механічні властивості.

3 Наносити пінополіуретан на поверхню насосних штанг найдоцільніше напиленням, оскільки це не тільки сприяє значному підвищенню продуктивності праці, але і веде до істотного збільшення ефективності покриття.

## **Література**

1 ГОСТ 13877-96. Межгосударственный стандарт. Штанги насосные и муфты штанговые. Технические условия. — Киев. Госстандарт Украины, 2002.—28с.

2 Фаерман И.Л. Штанги для глубинных насосов / Фаерман И.Л. — Баку: Азовнефтеиздат, 1955. — 323 с.

- 3 Круман Б.Б. Глубиннонасосные штанги / Круман Б.Б. – М.: Недра, 1977. – 181 с.
- 4 Копей Б.В. Насосні штанги свердловинних установок для видобування нафти. / Копей Б.В., Копей В.Б., Копей І.В. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2009. – 406 с.
- 5 Середницький Я.А. Поліуретанові матеріали як протикорозійні покриття магістральних трубопроводів // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2000. – №3. – С. 84–90.
- 6 Омельченко С.И., Кадурина Т.М. Модифицированные полиуретаны. – К.: Наукова думка, 1983. – 238 с.
- 7 Leidheizer H. Mechanism of corrosion inhibition with special attention to inhibitors in organic coatings // Journal of Coatings Technology. – 1981. – 53. – P. 29–39.
- 8 Середницький Я.А. Поліуретанові матеріали як протикорозійні покриття магістральних трубопроводів / Я.А. Середницький // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2000. – №3. – С. 84–90.
- 9 Омельченко С.И. Модифицированные полиуретаны / С.И. Омельченко, Т.М. Кадурина. – К.: Наукова думка, 1983. – 238 с.
- 10 Модифицированные материалы на основе полиуретанов / Под ред. Дж.М. Бьюнстона. – М.: Химия, 1982. – 274 с.
- 11 Hare C.H. Mechanisms of corrosion protection with surface-treated wollastonite pigments // Paint & Coating Industry. March 1998. P. 74–82.
- 12 Карякина М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий. – М.: Химия, 1988. – 272 с.
13. Daniel C. Southam, Trevor W. Lewis, Andrew J. McFarlane, T. Borrmann, Jim H. Johnston. Calcium–phosphorus interactions at a nanostructured silicate surface // Journal of Colloid and Interface Science. – V. 319. – 2008. – P. 489–497.

*Стаття надійшла до редакційної колегії*  
21.02.13

*Рекомендована до друку*  
професором **Петриною Ю.Д.**  
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)  
д-ром техн. наук **Хоминцем З.Д.**  
(ТзОВ «СМІІ-сервіс», м. Івано-Франківськ)