

ВИКОРИСТАННЯ СКЛОПЛАСТИКОВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ПРОМИСЛОВИХ ТРУБОПРОВОДІВ ВІД КОРОЗІЇ

Т. П. Венгринюк, В. Я. Попович

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727181,
e-mail: t a n a y 9 @ i . u a

Розроблено спосіб підвищення опірності розвитку тріщиноподібних і корозійних дефектів на зовнішній поверхні трубопроводів застосуванням нового, розробленого багатокомпонентного композитного покриття і способу його нанесення. Спосіб ефективний в умовах нанесення ремонтного покриття без виводу трубопроводу з експлуатації. Захисне покриття, яке отримують згідно з даним способом для захисту труб від пошкоджень, відзначаються термостійкістю, міцністю, високою адгезією до сталевих труб, високими ізоляційними та протикорозійними властивостями. В'язкість під час удару отриманого покриття складає 15 Дж, що відповідає дуже посиленому покриттю класу В. Для зменшення водопоглинання і збільшення адгезії покриття до труби наносять поліуретанове покриття, яке володіє водовідштовхувальними властивостями. Це дає можливість вилучити з процесу зміцнення трубопроводу додаткову операцію апретування (нанесення на поверхню труби гідрофобних водовідштовхувальних) покриттів. Після накладання скловолокна на шар епоксидного покриття отримують склопластикове покриття, яке завдяки високій здатності змочування і адгезії епоксидних смол до скловолокна має високу статичну і динамічну міцність. Внаслідок малої усадки епоксидних смол впродовж їх затвердіння, на поверхні покриття не утворюються мікротріщини. При контакті скловолокна із підігрітим поліуретановим покриттям утворюється еластичний шар, який забезпечує надійну адгезію покриття до труби, перехідний питомий електричний опір покриття складає $1,1 \cdot 10^{10}$ Ом·м². Таким чином, отримане покриття сумісне із системою катодного захисту і забезпечує стійкість покриття до відшарування при катодній поляризації, а також високу стійкість адгезії покриття до сталі у вологих умовах. Покриття призначене як для підводного використання, так і для сухих умов, а також для тривалої експлуатації у вологих умовах за температури до 65 °С. У відносно сухих умовах температура експлуатації покриття – до плюс 100 °С. Покриття розроблене для захисту та зміцнення поверхні сталевих нафтогазопроводів на стадії їх виготовлення, спорудження, транспортування та ремонту. Дане покриття може використовуватись в інших галузях промисловості для захисту трубопроводів і емностей від атмосферної, ґрунтової та інших видів корозії, а також від механічних пошкоджень.

Ключові слова: ізоляційне покриття, трубопровід, автоматичне керування, працездатність трубопроводу.

Разработан способ повышения сопротивляемости развитию трещиновидных и коррозионных дефектов на наружной поверхности трубопроводов путем применения нового разработанного многокомпонентного композитного покрытия и способа его нанесения. Способ эффективен в условиях нанесения ремонтного покрытия без вывода трубопровода из эксплуатации. Защитное покрытие труб от поврежденных, получаемое данным способом, отмечается термостойкостью, прочностью, высокой адгезией к стальным трубам, высокими изоляционными и противокоррозионными свойствами. Вязкость при ударе полученного покрытия составляет 15 Дж, что соответствует очень усиленному покрытию класса В. Для уменьшения водопоглощения и увеличения адгезии на трубу наносят полиуретановое покрытие, которое обладает водоотталкивающими свойствами. Это позволяет исключить из процесса укрепления трубопровода дополнительную операцию апретирования (нанесение на поверхность трубы гидрофобных водоотталкивающих) покрытий. После наложения стекловолокна на слой эпоксидного покрытия получают стеклопластиковое покрытие, которое, благодаря высокой способности смачивания и адгезии эпоксидных смол к стекловолокну, имеет высокую статическую и динамическую прочность. Вследствие малой усадки эпоксидных смол при их отвердевании, на поверхности покрытия не образуются микротрещины. При контакте стекловолокна с подогретым полиуретановым покрытием образуется эластичный слой, который обеспечивает надежную адгезию покрытия к трубе, переходное удельное электрическое сопротивление покрытия составляет $1,1 \cdot 10^{10}$ Ом·м². Таким образом, полученное покрытие совместимо с системой катодной защиты и обеспечивает устойчивость покрытия к отслоению при катодной поляризации, а также высокую устойчивость адгезии покрытия к стали во влажных условиях. Покрытие предназначено как для подводного использования, так и для условий суши, а также для длительной эксплуатации во влажных условиях при температуре до 65 °С. В относительно сухих условиях температура эксплуатации покрытия до плюс 100 °С. Покрытие разработано для защиты и укрепления поверхности стальных нефтегазопроводов на стадии их изготовления, сооружения, транспортировки и ремонта. Данное покрытие может использоваться

в других отраслях промышленности для защиты трубопроводов и емкостей от атмосферной, почвенной и других видов коррозии, а также от механических повреждений.

Ключевые слова: изоляционное покрытие, трубопровод, автоматическое управление, работоспособность трубопровода.

A method to increase the resistance to spread of crack-like and corrosion defects on the outer surface of pipelines by using a new, developed, multicomponent composite coating and a method for its application has been developed. The method is effective in terms of applying repair coating without taking the pipeline out of service. The protective coating, obtained according to this method to protect pipes from damage, is marked by heat resistance, strength, high adhesion to steel pipes, high insulating and anti-corrosion properties. The viscosity at impact of the coating obtained is 15 J, which corresponds to a very reinforced coating of class B. To reduce water absorption and increase adhesion, a polyurethane coating is applied to the pipe, which has water-repellent properties. This makes it possible to exclude from the process of strengthening the pipeline an additional finishing operation (applying a hydrophobic water-repellent coating to the surface of the pipe). After applying fiberglass to the epoxy coating layer, fiberglass coating is obtained, which, due to its high wetting ability and adhesion of epoxy resins to fiberglass, has high static and dynamic strength. Due to the low shrinkage of epoxy resins during their curing, microcracks are not formed on the surface of the coating. When fiberglass comes into contact with a heated polyurethane coating, an elastic layer is formed, which ensures reliable adhesion of the coating to the pipe; the transient specific electrical resistance of the coating is $1.1 \cdot \text{Ohm/m}^2$. Thus, the resulting coating is compatible with the cathodic protection system and ensures the resistance of the coating to peeling during cathodic polarization, as well as high resistance of the coating adhesion to steel in wet conditions. The coating is intended for both underwater use and for dry conditions, as well as for long-term operation wet conditions at temperatures up to 65°C . In relatively dry conditions, the coating operating temperature is up to plus 100°C . The coating is designed to protect and strengthen the surface of steel oil and gas pipelines at the stage of their manufacture, construction, transportation and repair. This coating can be used in other industries to protect pipelines and tanks from atmospheric, soil and other types of corrosion, as well as from mechanical damage.

Keywords: insulating coating, pipeline, automatic control, pipeline performance.

Вступ

Україна займає стратегічне положення на шляху трубопроводів, які проходять з Росії та Середньоазіатських країн до Європи. Завдяки цьому блакитне паливо отримують 19 Європейських країн. Загальна довжина трубопроводів, що проходять територією нашої країни, складає понад 40 000 км. Тому від ефективної роботи газотранспортної системи України залежить не тільки її власний добробут, але й енергетична безпека ЄС.

Транспортування нафти, газу і нафтопродуктів трубопроводами є найбільш ефективним і безпечним способом їх транспортування на значні відстані. Цим способом доставки нафти і газу від районів їх видобутку до споживачів користуються вже понад 100 років. Довговічність і безаварійність роботи трубопроводів безпосередньо залежать від їх ефективного протикорозійного захисту, що забезпечує підвищення надійності роботи трубопроводів, відіграє захист від корозії. З ряду причин більша частина нафто- та газопроводів відпрацювали амортизаційний термін або мають недовговічне антикорозійне покриття з полімерної плівки холодного нанесення. Для зведення до мінімуму ризику корозійних ушкоджень трубопроводу захищають антикорозійними покриттями і додатково засобами електрохімічного захисту (ЕХЗ). Запобігання розвитку в покритті дефектів пе-

редбачає система катодного захисту трубопроводів - "активний" захист від корозії. При цьому ізоляційні покриття забезпечують первинний ("пасивний") захист трубопроводів від корозії, виконуючи функцію "дифузійного бар'єру", через який утруднюється доступ до металу корозійноактивних агентів (води, кисню, повітря).

Для того, щоб захисне покриття ефективно виконувало свої функції, воно повинно задовольняти цілий ряд вимог, основними з яких є: низька вологокиснепроникність, високі механічні характеристики, висока і стабільна в часі адгезія покриття до сталі, стійкість до катодного відшаровування, хороші діелектричні характеристики, стійкість покриття до ультрафіолетового випромінювання і теплового старіння. Ізоляційні покриття повинні виконувати свої функції в широкому інтервалі температур будівництва та експлуатації трубопроводів, забезпечуючи їх захист від корозії на максимально можливий термін їх експлуатації.

Аналіз сучасних досліджень і публікацій

Однією з головних причин зростання корозійних втрат металів у світовій практиці є збільшення хімічної агресивності навколишнього середовища. Крім того, за останнє десятиріччя значно підвищилися обсяги будівництва та експлуатації металоємних об'єктів у районах підвищеної корозійної небезпеки. В багатьох пуб-

лікаціях оглядового характеру показано, що у 70% випадків причиною корозії підземних магістральних трубопроводів є порушення однорідності (руйнування) ізоляційних покриттів. Аналіз частоти «відмов» підтверджує, що близько 50% аварій відбувалося на неізольованих ділянках трубопроводів або на комунікаціях, де захисні властивості покриття суттєво знизилися. Тенденції до зниження ефективності та надійності захисних покриттів пов'язані зі збільшенням діаметрів труб, механічних навантажень, тисків і температур транспортованих продуктів, а також із прокладанням трубопроводів у ґрунтах високої корозійної активності [1,2,3].

Для зовнішньої ізоляції трубопроводів у даний час застосовуються переважно ізоляційні матеріали виробництва ВАТ "Трубоізоляція" (м. Новокуйбишевськ, Самарська обл.): адгезійні ґрунтовки типу "П-001", "НК-50", полімерні стрічки типу "НК ПЭЛ-45", "НКПЭЛ-63", "Полилен", "ЛДП", захисна обгортка "Полилен О". Основними закордонними постачальниками ізоляційних матеріалів для нанесення полімерного стрічкового покриття є фірми: "Polyken Pipeline Coating Systems" (США), "Altene" (Італія), "Nitto Denko Corporation", "Furukawa Electric" (Японія).

До переваг стрічкових покриттів слід віднести: високу технологічність їх нанесення на труби в заводських і трасових умовах, добрі діелектричні характеристики, низьку вологокиснепровідність і досить широкий температурний діапазон застосування.

Основними недоліками полімерних стрічкових покриттів є: низька стійкість до зрушення під впливом осідання ґрунту, недостатньо висока ударна міцність покриттів, екранування ЕХЗ, низька біостійкість адгезійного підшару покриття.

Для зовнішньої ізоляції трубопроводів найбільш часто застосовуються такі типи заводських покриттів: а) заводські епоксидні покриття; б) заводські поліетиленові покриття; в) заводські поліпропіленові покриття; г) заводські комбіновані стрічково-поліетиленові покриття. Дані типи покриттів відповідають сучасним технічним вимогам і забезпечують довготривалість, ефективний захист трубопроводів від ґрунтової корозії.

У різних країнах віддається перевагу різним типам заводських покриттів. У США, Англії, Канаді найбільш популярні епоксидні покриття труб, в Європі, Японії та Росії перевага віддається заводським покриттям на основі екструдованого поліетилену. Для ізоляції морсь-

ких трубопроводів і "гарячих" (80-110 °С) ділянок трубопроводів застосовуються, як правило, поліпропіленові покриття. Комбіновані стрічково-поліетиленові покриття використовуються в основному для ізоляції труб малих і середніх діаметрів з температурою експлуатації до плюс 40° С.

На сьогоднішній день можна сміливо стверджувати, що з усього різноманіття конструкційних полімерів одними з найбільш перспективних є системи на основі полімерних та армуючих матеріалів, зокрема склопластики – композиційні матеріали, що складаються з наповнювача (скловолокна – скляних ниткоподібних волокон, тканини або мата), і в'язучого – епоксидної або поліефірної смоли певного виду. Наповнювач виконує армуючу функцію і забезпечує потрібну міцність. Поліефірна смола надає матеріалу монолітність, сприяє ефективному використанню міцності скловолокна і розподілу зусиль між волокнами, захищає скловолокно від агресивних середовищ [4].

Найбільшою міцністю володіють склопластики, що містять орієнтовано розташовані безперервні волокна. Такі склопластики поділяються на односпрямовані (у яких волокна розташовані паралельно) і перехресні (у яких волокна розташовані під заданим кутом один до одного). Змінюючи орієнтацію волокон, можна в широких межах регулювати механічні властивості склопластиків.

Переваги склопластикових матеріалів та покриттів – висока механічна міцність, відсутність корозії; стійкість до агресивних середовищ. Завдяки своїм властивостям склопластики знаходять широке застосування в таких галузях, як нафтова промисловість, житлово-комунальне господарство, хімічна та енергетична промисловість.

В даний час багатьма науковцями ведеться робота з вирішення проблеми підвищення механічної та корозійної стійкості трубопровідних систем за допомогою склопластикових конструкцій, розробки та дослідження нових конструктивно-технологічних рішень, що забезпечують підвищену механічну і корозійну стійкість конструкцій.

Так, наприклад, композитні конструкції, якими підсилюють бандажі ППС виробництва ТОВ "Поліпромсинтез" (Україна), є багатошаровою композитною системою, виготовленою на основі полімерних та армуючих матеріалів і призначені для посилення і ремонту ділянок сталевих трубопроводів, що транспортують природний газ, газовий конденсат та інші продукти. Встановлюються на зовнішній поверхні

ділянок як діючих трубопроводів, так і окремих труб, що застосовуються в подальшому при будівництві або реконструкції трубопроводів [3].

Ремонт трубопроводів проводиться з метою усунення ряду локальних дефектів, виявлених при діагностиці: механічних (задирок, подряпин, відколів, вм'ятин), каверн, корозії (загальною зовнішньої і внутрішньої, піттинговою, зварних стиків), поверхневих відшарувань, зварних з'єднань (пор, шлакових включень, зміщення кромок до 30% товщини стінки труби) та інших.

Виходячи з вищенаведеного стає ясно, що безпека трубопровідної системи країни на прямому залежить від вирішення проблем, пов'язаних з ремонтом трубопроводів. Один із шляхів вирішення проблеми ремонту – впровадження нових високоефективних ізоляційних матеріалів, технологій їх нанесення в трасових умовах. Ці матеріали повинні відповідати великому набору вимог (адгезія, перехідний опір, механічні властивості, довговічність, технологічність в різних кліматичних умовах, вартість, доступність та ін.), які можна виразити одним словом – ефективність.

При цьому, оскільки покриття володіє великим електричним опором, катодний захист неефективний на великих площах відшарованого покриття. Таким чином, без утворення міцної і довговічної адгезійної взаємодії ізоляційного покриття з металом труби неможливо добитися великої надійності і безпечності наших трубопровідних систем. Підхід до рішення задачі полягає у використанні зовсім інших принципів захисту металів від корозії, які здійснюються на молекулярному рівні за принципом нанотехнологій, коли проходить хімічна взаємодія функціональних груп органічної частини ізоляційного покриття з активними іонами металу на поверхні труби, з утворенням стійких комплексних з'єднань.

Проте вище приведені склопластикові матеріали мають ряд недоліків. Це, наприклад, невисока адгезія (особливо до поліетилену) або складна технологія використання, а також висока вартість матеріалів. Тому дуже важливим питанням є вибір в'язучого для скловолокнистих армувальних матеріалів.

Постановка задачі і мета роботи

Метою даної роботи були: розробка склопластикових покриттів на основі епоксидних та поліуретанових в'язучих для підвищення адгезії склопластикового покриття до різних поверхонь; оцінка можливості застосування декіль-

кох типів склопластиків для зовнішньої поверхні трубопроводів при температурах до 80 °С; спрощення, вдосконалення та здешевлення технології нанесення вказаних систем покриттів. Попередження розвитку тріщиноподібних корозійних дефектів поверхні трубопроводів шляхом застосування нового складу багатоконпонентного композитного покриття і способу його нанесення дозволить розширити функціональні можливості способу і збільшити строк експлуатації трубопроводу за рахунок забезпечення високої міцності і адгезії покриття до трубопроводу [5, 6].

Висвітлення основного матеріалу дослідження

Запропонований спосіб забезпечує високу технологічність і простоту нанесення покриттів, оскільки монтаж даних покриттів не потребує досягнення особливих контрольованих параметрів, таких як очищення поверхні труби до металевому блиску і нагрів до певної температури. Спосіб ефективний в умовах, коли нагрів труби при нанесенні ізоляції неприпустимий. Захисне покриття, яке отримують згідно із даним способом для захисту труб від пошкоджень, відзначається термостійкістю, міцністю, високою адгезією до сталевих труб, високими ізоляційними та протикорозійними властивостями.

Важливою фізико-механічною характеристикою захисних покриттів є міцність під час удару за температури 20° С – це мінімальна енергія удару, яка призводить до втрати міцності покриття, а отже, його суцільності (утворення мікро- і макродефектів). Міцність під час удару отриманого покриття складає 15Дж, що відповідає дуже посиленому покриттю класу В.

Для зменшення водопоглинання і збільшення адгезії покриття до труби наносять поліуретанове покриття, яке володіє водовідштовхувальними властивостями. Це дозволяє виконати додаткову операцію – аппретування (нанесення на поверхню труби гідрофобних (водовідштовхувальних) покриттів, таких як аміносилики, емульсія етиглідроксанової рідини тощо, які вимагають для закріплення на поверхні труби нагріву покриття від 80 до 150° С протягом 20-60 хв.

Спосіб попередження розвитку тріщиноподібних і корозійних дефектів поверхні трубопроводів здійснюють за допомогою автоматизованої установки для нанесення ізоляційного покриття на трубопровід [5,7].

Перед нанесенням трубу очищають і обробляють відомими способами. На підготовлену

поверхню труби через сопла, встановлені над оброблюваною ділянкою, насосами по трубопроводах методом набризкування подають технологічні розчини. Спочатку наносять шар епоксидної модифікованої смоли марки ЕД-10, зверху – шар затверджувача на основі амінів. Встановлені на кронштейнах установки рушники, обертаючись навколо труби, рівномірно розподіляють два компоненти по поверхні труби. Завдяки тому, що технологічні розчини наносяться в рідкому стані, що обумовлює їх змочувальну здатність, епоксидне покриття рівномірним шаром покриває поверхню труби, заповнюючи мікронерівності. Товщина епоксидного покриття при цьому не перевищує 0,25 мм. На нанесене епоксидне покриття в напуск намотують скловолокно Т-10-80 згідно з ДСТУ 19170-2003, ширина стрічки якого складає 450мм. В процесі розмотування рулону із скловолокном зменшується його радіус, а отже, натяг стрічки, що призводить до утворення гофр і складок. Для забезпечення постійного натягу впродовж всього процесу намотування у способі передбачене його автоматичне регулювання до заданої величини, яка в даному випадку складає 50 кГс. Після накладання скловолокна на шар епоксидного покриття отримують склопластикове покриття, яке завдяки високій здатності змочування і адгезії епоксидних смол до скловолокна володіє високою статичною і динамічною міцністю. Внаслідок малої усадки епоксидних смол впродовж їх твердіння на поверхні покриття не утворюються мікротріщини.

На отримане склопластикове покриття покомпонентно наносять поліуретанове покриття 3М Scotchkote 352, яке складається з двох компонентів: компонента А (основи) і компонента Б (затверджувача). Спочатку на склопластикове покриття накладають шар підігрітого до 60°C компонента А – поліуретану, а зверху – підігрітого до 15° С компонента Б – затверджувача. Співвідношення дозування компонентів складає: 3 частини компонента А до одної частини компонента Б. Нанесені компоненти рівномірно розподіляються по поверхні труби рушником. При контакті скловолокна з підігрітим поліуретановим покриттям утворюється еластичний шар, який забезпечує надійну адгезію покриття до труби.

Досліджено, що товщина багатокомпонентного покриття повинна бути оптимальною. Якщо його товщина мала – воно характеризується слабкою стійкістю до динамічної дії і слабким опором до механічної дії, якщо його товщина велика – знижується еластичність, збільшується крихкість і напруження на поверхні

розділу шарів покриття. Регулюванням кількості нанесення шарів кожного з компонентів багатокомпонентного покриття можна досягти необхідної товщини покриття залежно від діаметру трубопроводу і вимог [6].

Для проведення випробувань використовувались зразки з покриттям, нанесеним на металеві пластини із низьковуглецевої сталі 17Г1С розміром 150×150×1,5 мм.

Конструкція покриттів з відповідними номерами зразків була наступна: зразок №1 - шар епоксидної ґрунтівки, силовий бандаж, шар покриття 3М Scotchkote 352, силовий бандаж шар покриття 3М Scotchkote 352; зразок №2 - шар епоксидної ґрунтівки, силовий бандаж, шар покриття 3М Scotchkote 352; зразок №3 - шар епоксидної ґрунтівки, скловолокно, шар покриття 3М Scotchkote 352, скловолокно, шар покриття 3М Scotchkote 352; зразок №4 - шар епоксидної ґрунтівки, скловолокно, шар епоксидної ґрунтівки, скловолокно, шар покриття 3М Scotchkote 352; зразок №5 - шар епоксидної ґрунтівки, скловолокно, шар покриття 3М Scotchkote 352.

За фізико-механічними та захисними властивостями покриття поділяються на класи, конкретизовані у ДСТУ 4219 -2003, згідно з яким клас А – нормальне покриття, клас Б – посилене покриття, клас В – дуже посилене покриття.

За даними дослідження (рис. 1) видно, що кращими фізико-механічними та захисними властивостями володіє зразок № 5, покриття якого складається з шару епоксидної ґрунтівки, нанесеного на неї скловолокна і поліуретанової композиції 3М Scotchkote 352.

Епоксидна ґрунтівка марки ЕДТ-10 складається з епоксидної модифікованої смоли ЕД-10 і модифікованого затверджувача на основі амінів. У покритті використовують скловолокно марки Т-10-80.

Нанесенням певної кількості шарів кожного з компонентів можна отримати необхідну товщину захисного покриття для труб різного діаметру – від 273мм до 1420мм. В даному прикладі була отримана товщина покриття 4,2 мм, яка достатня для ізоляції та захисту труб діаметром до 1420мм класу В [10]. На рисунку 2 показана залежність часу затвердіння ізоляційного покриття від температури.

Захисні покриття класу В застосовують на трубопроводах діаметром 820 мм і більше, незалежно від умов прокладання, а також на всіх трубопроводах довільного діаметру, що прокладають на ділянках з високою корозійною активністю середовища, у засоленних, болотистих і поливних ґрунтах, на підводних переходах

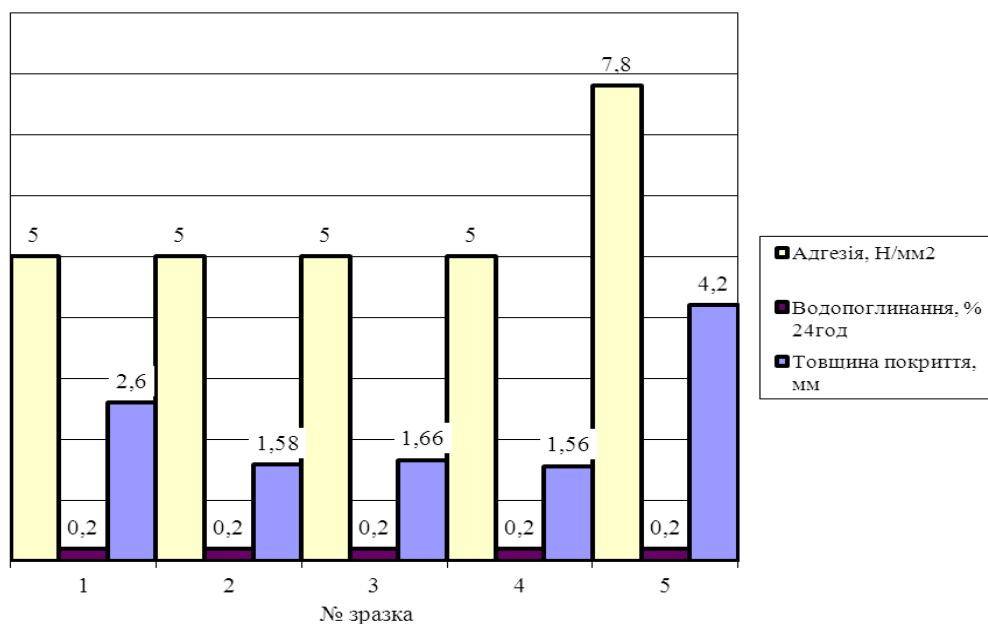


Рисунок 1 – Комплексна гістограма

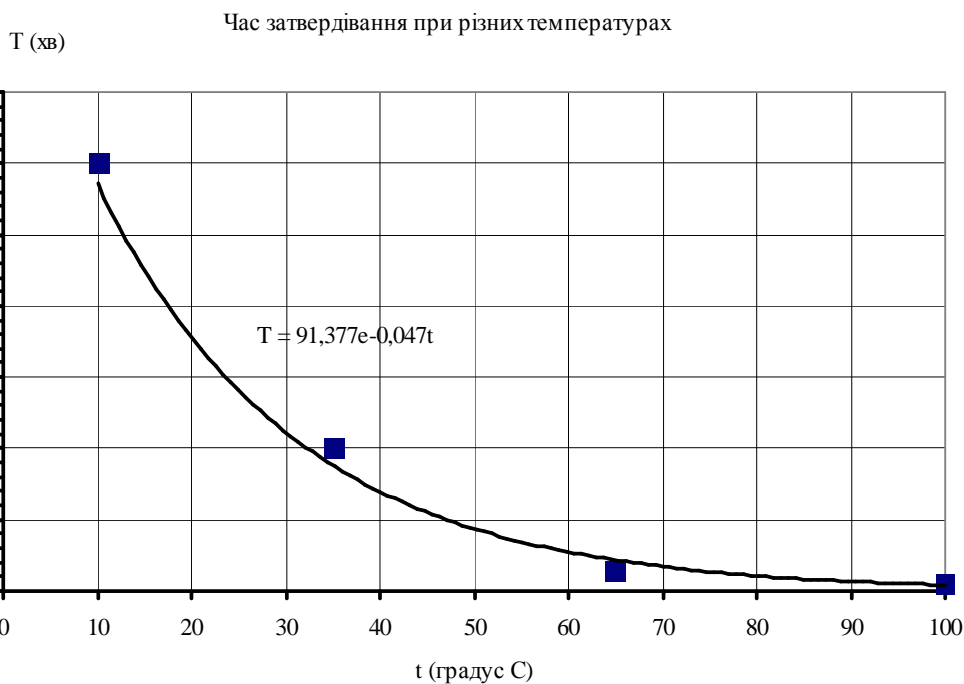


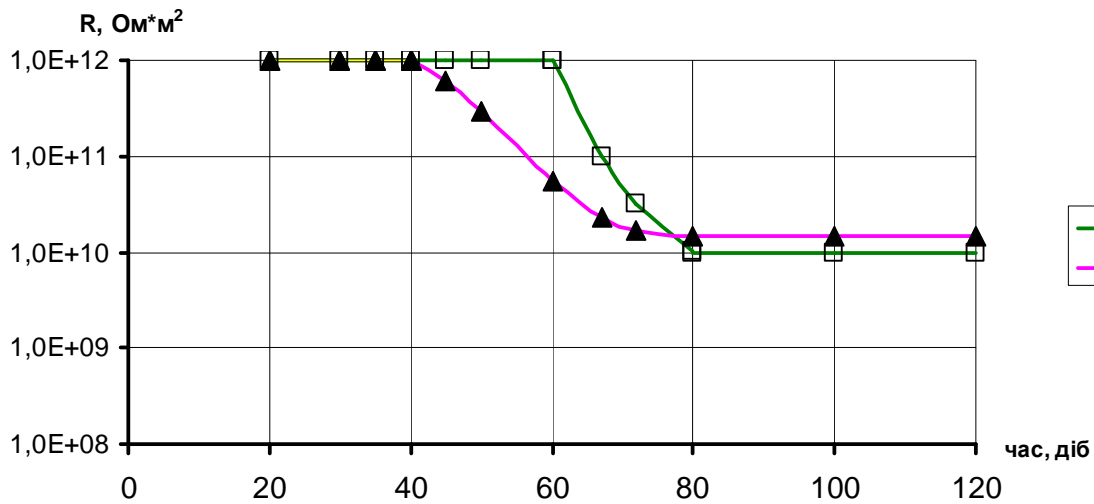
Рисунок 2 – Залежність часу затвердіння від температури

і переходах через залізниці, автомобільні шляхи, на ділянках промислових і побутових стоків, на ділянках впливу блукаючих струмів джерел постійного струму, для транспортування зріджених вуглеводнів і аміаку, на ділянках трубопроводу з температурою транспортованого продукту вищою 40°C тощо.

Міцність під час удару отриманого покриття складає 15 Дж, що відповідає покриттю класу В. Адгезія до сталі в діапазоні температури від 20°C до максимальної дорівнює 7,8 МПа, що також відповідає покриттю класу В.

Перехідний питомий електричний опір покриття (електричний опір між ізольованим за допомогою захисного покриття металом трубопроводу та ґрунтом, який віднесено до одиниці площі поверхні трубопроводу), складає $1,1 \cdot 10^{10}$ Ом·м².

Таким чином, отримане покриття сумісне із системою катодного захисту і забезпечує стійкість покриття до відшарування при катодній поляризації, а також високу стійкість адгезії покриття до сталі у вологих умовах. Призначене як для підводного використання, так і для



1 – в лабораторних умовах; 2 – в трасових умовах

Рисунок 3 – Залежність перехідного питомого електричного опору від часу

сухих умов. Покриття призначене для тривалої експлуатації у вологих умовах при температурі до 65° С. У відносно сухих умовах температура експлуатації покриття до +100° С. Може наноситись у складних польових умовах, що вимагають високі швидкість нанесення, механічну і хімічну стійкість та захисні властивості покриття.

Як впливає з рис. 3, результати вимірювань, отримані в лабораторних умовах і зняті в трасових умовах, практично не відрізняються протягом перших 120 діб.

Висновки

Покриття призначене для ізоляції підземних, підводних та надземних сталевих нафтогазопроводів діаметром від 273 до 1420 мм класу А, Б, В, а також інших підземних і надземних металевих споруд (ємностей, сполучних деталей, засувок, насосних штанг таке інше) для попередження розвитку тріщиноподібних і корозійних дефектів та захисту від ґрунтової та інших видів корозії згідно вимог ДСТУ 4219 – 2003.

Результати випробувань фізико-механічних і захисних властивостей ізоляції композитного покриття «ІКП» на основі поліуретанової композиції «3М Scotchkote 352» свідчать про їх відповідність вимогам до захисних покриттів посиленого і дуже посиленого типів [8, 9].

Даний тип зовнішнього покриття має великі перспективи для широкого використання в технології будівництва та ремонту пошкоджених ізоляційних покриттів та ізолювання зварних стиків.

Література

1. Середницький Я.А. Захист металлоконструкцій в ґрунтах підвищеної корозійної активності. *Українське матеріалознавство*. Л.: Наук. товариство ім. Т. Шевченка, 1994. Т. 1. С. 113–119.
2. Крижанівський Є.І., Никифорчин Г.М. Корозійно-воднева деградація нафтових і газових трубопроводів та її запобігання: науково-технічний посібник / Під ред. В.В. Панасюка. У 3-х т. Т. 1: Основи оцінювання деградації трубопроводів. Івано-Франківськ: Івано-Франківський нац. техн. ун-т нафти і газу, 2011. 457 с.
3. Шлапак Л. С. Оцінка технічного стану газопроводів з корозійними дефектами. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 1999. № 36. Т. 5. С. 123–128.
4. Композиционные материалы: Справочник / В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин и др.; под общ. ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнопольского. М.: Машиностроение, 1990. 512 с.
5. Пат. 101532 Україна, Спосіб попередження розвитку тріщиноподібних та корозійних дефектів поверхні трубопроводів / Венгринок Т. П., Копей Б.В.: заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу; заявка № а201107154, заявл. 06.06.2011; опубл. Бюл. № 7.
6. Венгринок Т., Черватюк В. Використання ізоляційних композиційних покриттів «ІКП» в сучасних технологіях ізоляції та ремонту підземних сталевих нафтогазотрубопроводів. *Проблеми корозійного захисту конструкцій*.

ційних матеріалів: XI міжнародна конференція – виставка. Львів, 4-6 червня 2012 р. С. 693-698.

7. Венгриянюк Т.П. Фізико-механічні та захисні властивості ізоляційних композитних покриттів ІКП для антикорозійного захисту об'єктів нафтогазового комплексу. *Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених "Техніка і прогресивні технології у нафтогазовій інженерії"*. 2012. С. 45.

8. Венгриянюк Т. П. Автоматизована установка для нанесення ізоляційного покриття на трубопровід. *Розвідка та розробка нафтових родовищ*. 2012. № 1 (42). С.38- 45.

9. Венгриянюк Т.П. Відновлення і зміцнення нафтогазопроводів. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2010. № 2 (35). С. 136-139.

References

1. Serednytskyi, YaA 1994, Zakhyst metalokonstruktsii v hruntakh pidvyshchenoi korozii noi aktyvnosti. Ukrainske materialoznavstvo [Protection of metal structures in soils of high corrosion activity. Ukrainian Materials Science]. Shevchenko Scientific Society. Lviv Vol. 1. pp. 113–119. (in Ukrainian)

2. Krizhanovskyy, YeI, Nikiforhin, GM 2011, Korozii no-vodneva dehradatsiia naftovykh i hazovykh truboprovodiv ta yii zapobihannia [Hydrogen corrosion break-down of oil and gas pipelines and its prevention]: Scientific and Technical Manual. In 3 vols Vol. 1: Fundamentals of pipeline degradation assessment. Ivano-Frankivsk Nat. tech. Univ. of Oil and Gas. Ivano-Frankivsk. 457 p. (in Ukrainian)

3. Shlapak, LS 1999, Otsinka tekhnichnoho stanu hazoprovodiv z korozii nymy defektamy. rodovyshch [Assessment of technical condition of gas pipelines with corrosion defects]. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh [Prospecting and Development of Oil and Gas Fields]*. no 36. vol. 5. pp. 123–128. (in Ukrainian)

4. Vasilyev, VV, Protasov, VD, Bolotin, VV et al 1990, Kompozitsionnye materialy [Composite materials]: Reference book.; Under the general. Ed. Vasilyeva, VV, Tarnopolsky Yu M. Mashinostroenie. Moscow. 512 p. (in Russian)

5. Pat. 101532 Ukraine, Sposib poperedzhennia rozvytku trishchynopodibnykh ta korozii nykh defektiv poverkhni truboprovodiv [Method of Prevention of Cracked and Corrosion Defects of Pipeline Surface]/ Vengryniuk TP & Kopey BV: Applicant and Patent Owner of Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas; Application No. a201107154,

Application. 06.06.2011; publ. Bul. no 7. (in Ukrainian)

<http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/6505>

6. Vengryniuk, T & Chervatyuk V 2012, Vykorystannia izoliatsiinykh kompozytsiinykh pokryttiv " IKP" v suchasnykh tekhnolohiiakh izoliatsii ta remontu pidzemnykh stalevykh naftohazotruboprovodiv [Use of insulating composite coatings "IKP" in modern technologies of isolation and repair of underground steel oil pipelines] . *Problemy korozii noho zakhystu konstruktsiinykh materialiv [Problems of corrosion protection of structural materials]*. XI International Conference - Exhibition., Lviv, June 4-6. pp. 693-698. (in Ukrainian)

7. Vengryniuk, TP 2012, Fizyko-mekhanichni ta zakhysni vlastyivosti izoliatsiinykh kompozytnykh pokryttiv IKP dlia antykorozii noho zakhystu obiektiv naftohazovoho kompleksu [Physico-mechanical and protective properties of insulating composite coatings of IKP for anticorrosive protection of objects of oil and gas complex]: International scientific and practical conference of young scientists "Engineering and advanced technologies in oil and gas engineering". p. 45. (in Ukrainian)

8. Vengryniuk, TP 2012, Avtomatyzovana ustanovka dlia nanesennia izoliatsiinoho pokryttia na truboprovod [Automatic installation for the application of coating on the pipeline]. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i gazovykh rodovyshch [Prospecting and Development of Oil and Gas Fields]*. no. 1 (42). pp. 38-45. (in Ukrainian)

9. Vengryniuk, TP 2010, Vidnovlennia i zmitsnennia naftohazoprovodiv [Restoration and strengthening of oil and gas pipelines]. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch [Prospecting and Development of Oil and Gas Fields]*. no. 2 (35). pp. 136-139. (in Ukrainian)