

Дана методика лягла в основу стандартів ГСТУ 320.02829.777.014-99 [8] та СТП 320.00135390.068-2001 [9]. При розробці цих стандартів було проаналізовано ряд керівних та нормативних документів, які містять вимоги до технічного стану бурових веж – як нових, так і тих, що були в експлуатації понад нормативний термін.

Отже, можна зробити висновок, що застосування розроблених методик неруйнівного контролю та технічного діагностування бурових веж та їх основ дає можливість визначити їх фактичний технічний стан та продовжити термін їх безаварійної експлуатації.

1. *НАОП 2.1.21-1.01-74 Правила безопасности в нефтегазодобывающей промышленности. Введено 31.01.74 г. – М.: Недр, 1974.* 2. *Инструкция по испытанию буровых вышек в промысловых условиях. ВНИИТнефть, Госгортехнадзор России. – М., 1996. Действует с 18.09.96 г.* 3. *Инструкция по проверке технического состояния вышек буровых установок АО «Уралмаш». НИИтяжмаш АО «Уралмаш», Госгортехнадзор России. – М., 1996. Действует с*

18.09.96 г. 4. *Коллакот Р. Диагностика поврежденного. Пер. с англ. – М.: Мир, 1998. – 512с.* 5. *Патон Б.Е. Неразрушающий контроль и надежность технических объектов //Вісн.АН УРСР. - №1. –С.71-76.* 6. *Механіка руйнувань і міцність матеріалів: Довідн. Посібник /З заг. Ред. В.В. Панасюка. –К.: Наук. Думка, 1998. – ISBN 5-12-000300-1. Т. 5: Неруйнівний контроль і технічна діагностика /за ред. З.Т. Назарчука. –Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України, 2001. -1134с. ISBN 996-02-1735-8.* 7. *РД 39-22-180-79 Методические указания по осмотру буровых вышек специальными бригадами. Миннефтепром, ВНИИТБ. – Баку, 1981. Действует с 01.10.79 г.* 8. *ГСТУ 320.02829777.014-99 Неруйнівний контроль та оцінка технічного стану металоконструкцій бурових веж в розібраному і зібраному стані. – Київ, 2000. Чинний від 01.05.2000 р.* 9. *СТП 320.00135390.068-2002 Система стандартів підприємства відкритого акціонерного товариства „Укрнафта”. Оцінка фактичного технічного стану основ бурових веж. Чинний від 01.10.2003 р.*

УДК 621.643

КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛАСТМАСОВИХ ТРУБ У ПРОЦЕСІ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ

© Криничний П.Я., Грицив А.Б., Райтер П.М., 2005
Науково-виробнича фірма „ЗОНД”, м. Івано-Франківськ

Описано ультразвуковий спосіб вимірювання товщини стінки, діаметру та овальності поліетиленових труб. Досліджено чинники, які впливають на точність вимірювання і заходи їх вирішення. Описаний принцип роботи розробленої установки для контролю геометричних параметрів пластмасових труб та наведені її основні технічні показники.

Досвід використання труб з пластмас нараховує вже більш як 50 років. Вперше їх застосували в країнах Західної Європи для будівництва каналізаційних систем та водогонів. Європейські країни і сьогодні займають одне з чільних місць з використання пластмасових труб.

Лише Німеччина, Італія, Франція та Англія споживають 80% усього їх європейського виробництва. Поступово ці технології поширюються все більше, захоплюючи нові ринки, в тому числі і ринок України, і витісняючи труби з традиційних матеріалів (чавун, сталь, мідь).

Сьогодні пластмасові труби використовують для будівництва водогонів, артезіанських свердловин, систем меліорації, протічних і напірних каналізаційних колекторів, газопроводів, а також для обі-

гріву теплиць і підлог та захисту електричних кабелів. Широкий спектр використання таких труб обумовлений рядом переваг порівняно з трубами, виготовленими з традиційних матеріалів, зокрема:

- висока опірність корозії, інкрустації осаду, що збільшує термін експлуатації трубопроводів до 50 років;

- менша питома вага порівняно зі сталевими трубами, що полегшує транспортування та монтаж трубопроводів;

- висока опірність блукаючим струмам;

- низька теплопровідність;

- відсутність конденсації на зовнішній поверхні труби;

- можливість з'єднання із трубопроводами з інших матеріалів;

- висока гнучкість, що дозволяє зберігати та транспортувати труби в бухтах та котушках;
- низька вартість монтажу та прокладки в порівнянні з сталевими трубами.

У сучасних економічних реаліях України використання труб з пластмас набуває все більшого розмаху. Існує стійка тенденція до більш широкого впровадження цієї технології як комунальними службами, так і окремими користувачами. Здебільшого відбувається заміна існуючих комунікацій, що перебувають в аварійному стані (переважно водогонів), та монтаж нових трубопроводів (водогони, газопроводи, каналізаційні колектори) у житловому та промислового будівництві. Виникло все більше підприємств, що займаються виготовленням трубних виробів з пластмас.

Документами, що регламентують вимоги до труб з пластмас в Україні, є будівельні стандарти [1-3]. Ці документи встановлюють геометричні параметри труб (зовнішній діаметр, товщина стінки, овальність) та граничні їх відхилення.

Слід зазначити, що всі граничні відхилення можуть набувати лише додатних значень. Для прикладу, якщо зовнішній діаметр труби становить 280 мм, його граничний відхил повинен бути в межах від 0 до +1,7 мм; номінальна товщина стінки для такої труби повинна складати 15,9 мм при граничному відхилі не більшому ніж +1,7 мм. На практиці це спонукає виробника свідомо налаштувати обладнання так, щоб отримувати виріб з геометричними параметрами, що перевищують номінальні на половину граничного допуску. Тим самим забезпечується можливість довготривалої експлуатації установок неперервної екструзії без їх проміжного налаштування та „попадання” геометричних параметрів виготовлюваних труб у межі встановленого допуску у разі незначних відхилень технологічного процесу. Це вимушений крок, яким ідуть виробники, оскільки дотримання технічних вимог є обов'язковим, а обладнання, яке б могло забезпечити неперервний моніторинг вищезазначених геометричних параметрів безпосередньо в процесі виготовлення труби, у виробника немає. Все це призводить до значної перевитрати матеріалу і, як наслідок, збільшення собівартості труб.

Одним з провідних виробників обладнання для контролю геометричних параметрів труб з пластмас в процесі їх виготовлення є американська фірма BETA LaserMike, яка пропонує на ринок установки типу UltraScan 3125. Ці установки забезпечують неперервний контроль товщини стінки і концентричності внутрішньої та зовнішньої поверхонь труб. У них використано стаціонарний блок сканування, в якому може бути розміщено до 8 первинних ультразвукових перетворювачів. Труби контролюють луна-

імпульсним методом з імерсійним варіантом створення акустичного контакту. Діаметр вимірюють окремим блоком за допомогою променя лазера. Таке обладнання є високоточним, але водночас і дорогим, через що воно не набуло належного поширення на Україні (табл. 1).

Фахівцями науково-виробничої фірми “ЗОНД” – підприємства, що має понад 15-ти річний досвід роботи на ринку неруйнівного контролю та технічної діагностики, - розроблено установку для контролю геометричних параметрів труб з пластмас ПОЛІМЕР-4К. Установка призначена для чотирьохканального контролю товщини стінки, зовнішнього діаметру та овальності поліетиленових труб ультразвуковим методом.

Таблиця 1 - Основні технічні показники установки

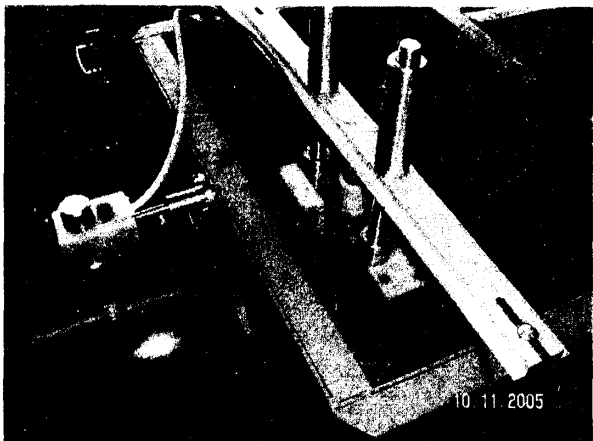
Діапазон діаметрів контрольованих труб	від 20 до 400 мм
Діапазон вимірювання товщини стінки труб	від 2,0 до 22,8 мм
Відносна похибка вимірювання товщини стінки	не більше 3%
Діапазон вимірювання овальності	від 1,0 до 14,0 мм
Максимальна швидкість поздовжнього переміщення труби, що контролюється	6,5 м/хв
Температура зовнішньої поверхні труби	від 10 до 30 °C

Основною перевагою установки “ПОЛІМЕР-4К” є можливість контролю не тільки товщини стінки й зовнішнього діаметру труби, але й овальності при значно нижчих витратах на придбання та експлуатацію установки.

Установка дозволяє здійснювати безеталонне налаштування вимірювальних каналів, забезпечує автоматичну світлову та звукову сигналізацію виявлених відхилень контрольованих параметрів від нормованих значень. Цифрова та графічна індикація результатів вимірювань здійснюється на екрані комп'ютера за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

До складу такої установки входять наступні складові: блок збору та попередньої обробки інформації, дефектоскоп, персональний комп'ютер та блок сканування (рис. 1).

Робота установки базується на використанні ультразвукового імерсійного луна-імпульсного методу неруйнівного контролю із застосуванням поздовжніх хвиль. Контроль проводять за допомогою п'яти п'єзоелектричних ультразвукових роздільно-сумішених перетворювачів (ПЕП), розташування яких відносно труби показане на рисунку 2.



a)



b)

Рис. 1. Експериментальний зразок установки ПО-ЛІМЕР-4К: блок сканування (а) та блок збору, обробки та візуалізації інформації (б)

Спосіб вимірювання товщини стінки є загальноприйнятим і полягає у визначенні часового інтервалу t_T між імпульсами 2 та 3, отриманими як відбиття ультразвукових коливань (УЗК) від зовнішньої та внутрішньої стінки труби (див. рис. 2).

Враховуючи швидкість розповсюдження УЗК,

$$h = \frac{V_{pl} \cdot t_T}{2}, \quad (1)$$

де h – товщина стінки труби; V_{pl} – швидкість розповсюдження поздовжньої хвилі в матеріалі труби; t_T – часовий інтервал між імпульсами 2 та 3.

Такі вимірювання проводять за допомогою кожного з чотирьох ПЕП, зміщених один відносно одного на кут 90° у площині, перпендикулярній до напрямку руху труби.

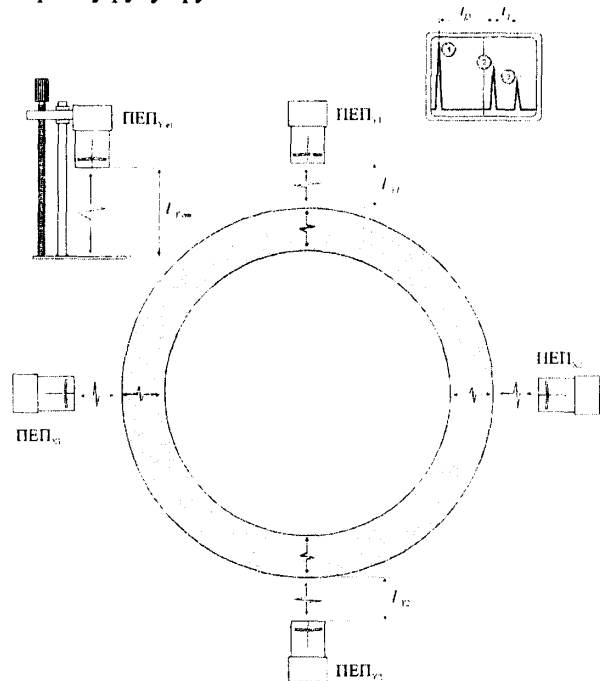


Рис. 2. Розташування ПЕП при вимірюванні геометричних параметрів пластмасових труб

Спосіб вимірювання зовнішнього діаметру має деякі особливості. Перед проведенням контролю в блок сканування вводять фрагмент труби із наперед відомим діаметром, який є стандартним для труб даного типорозміру. При цьому між зовнішньою поверхнею труби та кожним з п'єзоелектричних перетворювачів залишаються деякі зазори l . На А-скан зображенні ці зазори відповідають часовому інтервалу t_D між імпульсами 1 та 2 (рис. 2), величина якого може змінюватись залежно від діаметру труби та від швидкості розповсюдження УЗК у контактному середовищі під впливом зміни його температури. Для компенсації впливу температури середовища в систему додатково введено еталонний п'єзоелектричний перетворювач (ПЕП_{ет.}) з відбивачем, призначений для корекції даних при визначенні діаметру. У момент, коли труба-зразок знаходиться в площі сканування, за допомогою регульовального гвинта відстань між ПЕП_{ет.} та відбивачем регулюється таким чином, щоб виконувалась будь-яка з умов:

$$l_{em} = l_{y1} + l_{y2} \quad \text{або} \quad l_{em} = l_{x1} + l_{x2}, \quad (2)$$

чи, відповідно

$$t_{D_{em}} = t_{DX1} + t_{DX2} \quad \text{або} \quad t_{D_{em}} = t_{DY1} + t_{DY2}, \quad (3)$$

де l_{em} – відстань між ПЕП_{ет.} та відбивачем; l_{x1} , l_{x2} , l_{y1} , l_{y2} – відповідні відстані між кожним з перетворювачів

чів та поверхнею труби; t_{Dee} - часовий інтервал між зондуючим імпульсом та імпульсом від поверхні відбивача; t_{x1} , t_{x2} , t_{y1} , t_{y2} - часові інтервали між зондуючими імпульсами та імпульсами від поверхні труби для кожного з вимірювальних ПЕП.

Під час практичних вимірювань діаметр труби обчислюється за формулами:

$$D_x = D_{emal.} + \frac{V_{вод} \cdot (t_{DX1} + t_{DX2})}{2};$$

$$D_y = D_{emal.} + \frac{V_{вод} \cdot (t_{DY1} + t_{DY2})}{2},$$
(4)

де D_{em} - діаметр труби, що була використана при настройці установки; D_x , D_y - діаметр труби, вимірний у горизонтальній та вертикальній площині відповідно; $V_{вод}$ - швидкість ультразвуку у воді, яка уточнюється під час кожного вимірювання:

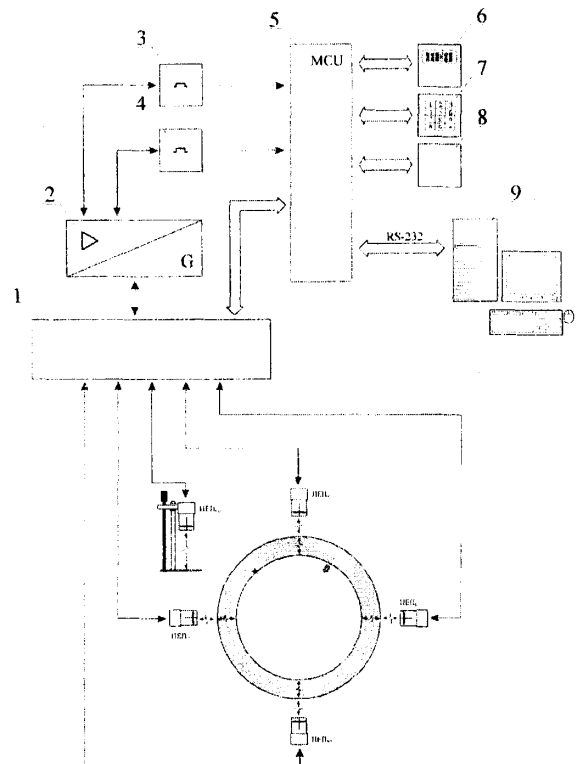
$$V_{вод} = \frac{l_{em}}{t_{Dem}}.$$
(5)

Овальність труби визначають порівнюючи її діаметри у вертикальній D_y та горизонтальній D_x площинах:

$$\Delta D = |D_x - D_y|.$$
(6)

Функціонально-структурна схема установки ПОЛІМЕР-4К показана на рисунку 3.

Установка працює таким чином. Генератор ультразвукових коливань 2 по чергово (під керуванням мікроконтролера 5) збуджує один з п'яти ПЕП. Ультразвукові коливання від ПЕП, розміщеного над трубою, через шар води спрямовуються в зону контролю. На границі розділу двох середовищ (вода-пластмаса) УЗК зазнають часткового відбиття: частина пучка ультразвукових коливань, яка пройшла через шар контактної рідини відбивається від зовнішньої поверхні труби, проходить зворотній шлях і попадає на ПЕП. Цей сигнал підсилюється підсилювачем 2, поступає на формувач прямокутних імпульсів по діаметру 3, де генерується прямокутний імпульс, тривалість якого дорівнює проміжку часу між зондуючим та першим відбитим імпульсами. Потім цей прямокутний імпульс надходить до мікроконтролера. За тривалістю даного імпульсу обчислюють діаметр труби за наведеними вище виразами (4). Промінь УЗК, що пройшов крізь стінку труби, відбивається від внутрішньої поверхні труби і поширюється в зворотному напрямку через тіло труби і шар контактної речовини, повертаючись на ПЕП, підсилюється і поступає на формувач прямокутних імпульсів по товщині 4, де генерується сигнал прямокутної форми, тривалість якого рівна проміжку часу між поверхневим та донним імпульсами. За тривалістю цього сигналу обчислюють товщину труби в певній точці за наведеними вище формулами.



1 - блок комутації ПЕП; 2 - генераторно-підсилювальний тракт; 3 - формувач прямокутних імпульсів по діаметру; 4 - формувач прямокутних імпульсів по товщині стінки; 5 - мікроконтролер; 6 - клавіатура управління; 7 - блок індикації; 8 - блок автоматичної сигналізації; 9 - комп'ютер

Рис. 3. Функціонально-структурна схема установки ПОЛІМЕР-4К

Управління установкою здійснюється з персонального комп'ютера, на екрані якого відображаються результати контролю (рис. 4). Для забезпечення візуалізації даних контролю та управління режимами роботи установки розроблено спеціалізоване програмне забезпечення.

Блок сканування установки (рис. 1а) представляє являє собою спеціалізовану під певний типорозмір труби імерсійну ванну з жорстко закріпленими в ній тримачами перетворювачів. Втрату контактної рідини унеможливають за допомогою ущільнювачів.

Випробування установки ПОЛІМЕР-4К у виробничих умовах (на базі підприємства „Інвестполімербуд”, м. Івано-Франківськ) показали, що особливу увагу при розробці та конструюванні подібних установок слід приділяти наступним аспектам:

- забезпеченню співвісності п'єзоелектричних перетворювачів з кільцевим перерізом труби;

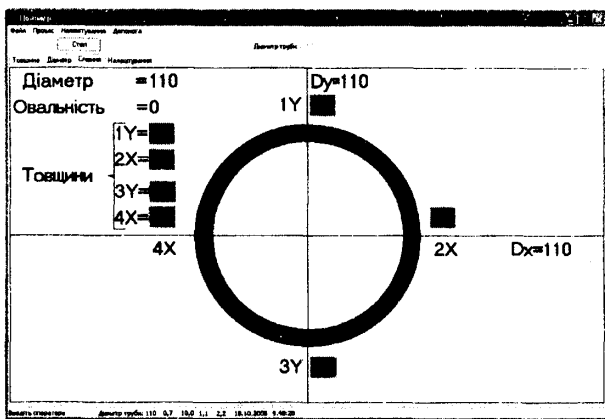
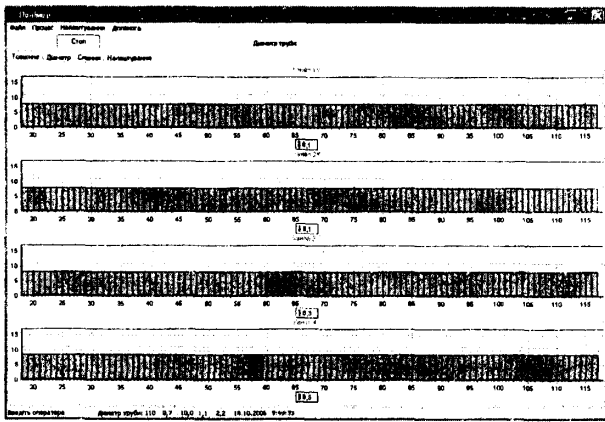
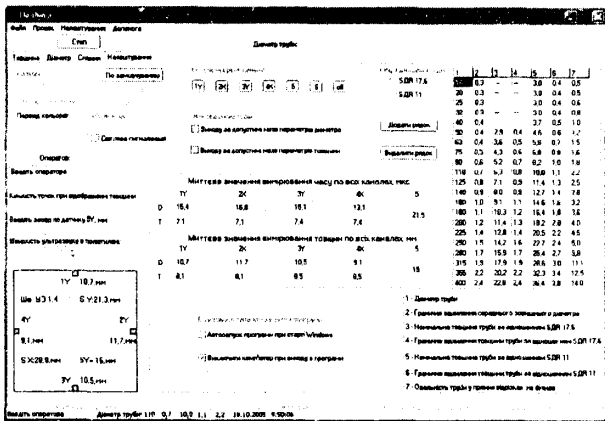


Рис. 4. Представлення результатів контролю на екрані комп'ютера

- забезпеченню належної якості акустичного контакту між ПЕП та поверхнею труби;
- компенсації впливу температури матеріалу труби на результати вимірювань товщини стінки;
- компенсації впливу градієнту температури по товщині стінки труби на результати вимірювань;
- компенсації впливу температури охолоджуючої рідини (води) на точність вимірювання діаметра.

Забезпечення співвісності п'єзоелектричних перетворювачів з кільцевим перерізом труби має вирішальне значення, оскільки незначне відхилення осі направленості кожного з ПЕП від горизонтальної або вертикальної осей кільцевого перерізу труби призводить до порушення способу вводу УЗК в матеріал об'єкту контролю і, як наслідок, до значного розсіювання енергії ультразвуку в оточуюче середовище та спотворення результатів контролю. Щоб запобігти подібним явищам було спроектовано „слідкуючу” механічну систему сканування, в якій чотири ПЕП закріплені жорстко на рамі, яка, в свою чергу, може вільно рухатись в площині, перпендикулярній до напрямку руху труби. Такий механізм дозволяє відстежувати незначні переміщення труби без втрати співвісності ПЕП з кільцевим перерізом труби.

У плані забезпечення належної якості акустичного контакту між ПЕП та поверхнею труби проблема виникає через „дрижання” труби (внаслідок тертя з гумовими діафрагмами ущільнювачів ванн охолодження) та утворення дрібних бульбашок повітря на її поверхні. Вирішити цю проблему вдалося завдяки використанню м'яких щіток, розташованих по окружності труби, що встановлюються перед системою з акустичними перетворювачами.

Значну проблему становить також той факт, що в різних точках вздовж технологічної лінії (місця, де потенційно можна здійснювати контроль) температура матеріалу труби є різною, а отже й різною є швидкість ультразвуку в пластмасі.

Попередні підрахунки показували, що при зміні температури на 10 °С швидкість поздовжньої хвилі змінюється на 0,05 мм/с. Враховуючи, що температура плавлення, наприклад, поліетилену високої густини становить близько 160 °С, а температура охолодженої труби біля протягувальної машини – 30 °С, дисперсія швидкості ультразвукових коливань сягає 0,65 мм/с.

Вирішення цієї проблеми лежало на шляху до застосування відповідних калібрувальних кривих та спеціально розробленої технології налаштування обладнання перед початком контролю. Автори сподіваються опублікувати результати досліджень, які були проведені в цьому напрямку, найближчим часом. Окрім того, що температура матеріалу труби є не однаковою вздовж технологічної лінії, вона ще й неоднорідна по товщині стінки труби. Внаслідок того, що охолодження труби відбувається лише ззовні, температура зовнішньої поверхні є значно нижчою за температуру внутрішньої. Внаслідок цього ультразвукові коливання при русі в товщу матеріалу сповільнюються, а після відбиття від внутрішньої стінки труби – поступово прискорюються. Фактично, існує лише два місця в технологічній лінії, де градієнт температури по стінці труби є мінімальним

– на виході останньої ванни охолодження, там де труба вже є одноманітно теплою, та одразу після екструдера, там, де труба є одноманітно гарячою. Саме ці місця й слід обирати для встановлення блоку сканування.

Під час вимірювання діаметра значну роль відіграють температурні коливання охолоджуючої рідини, оскільки вона також є і контактним середовищем для вводу ультразвукових коливань у матеріал труби. Коливання температури носять як добовий, так і сезонний характер. Крім того, вони залежать від продуктивності самої установки для виготовлення труб і продуктивності системи подачі та відведення води.

Урахувати всі фактори, які беруть участь у процесі теплообміну між трубою, рідиною, що її охолоджує, та навколишнім середовищем, дуже важко. Тому набагато простіше й ефективніше проводити додаткове уточнення швидкості УЗК у воді безпосередньо під час контролю, передбачивши для цього окремий акустичний канал, що й було реалізовано в установці ПОЛІМЕР-4К.

З огляду на зазначені вище проблеми слід зауважити, що контроль труб з пластмас у процесі їх виготовлення, при всій простоті на перший погляд, насправді є задачею далеко не тривіальною. Можливо, саме цим і обумовлена відсутність на ринку України установок для такого роду діагностики. Те рішення, яке в цьому плані пропонує НВФ „ЗОНД” у вигляді установки ПОЛІМЕР-4К, на наш погляд є досить вдалим і таким, що дозволяє здійснювати контроль основних параметрів пластмасових труб з достатньою точністю.

1. ДСТУ Б В.2.7-73-98 Будівельні матеріали. Труби поліетиленові для подачі горючих газів. Технічні умови. 2. ДСТУ Б В.2.7-93-2000 Будівельні матеріали. Труби для мереж холодного та гарячого водопостачання із поліпропілену. Технічні умови. 3. ДСТУ Б В.2.5-17-2001 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Труби зі структурованого поліетилену для мереж холодного, гарячого водопостачання та опалення.

УДК 621.643:620.191.4

ВИКОРИСТАННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ СКЛАДОВОЇ НАПРУЖЕНОСТІ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ПАРАМЕТРІВ ПОШКОДЖЕНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ПІДЗЕМНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

© Кісіль І.С., Яворський А.В., Костів Б.В., 2005
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Розглянуто використання горизонтальної складової магнітного поля над гальванічно з'єднаними трубопроводами при контролі стану ізоляції, встановлено функціональну залежність між опором дефектних ділянок та напруженістю магнітного поля, визначено максимальний крок дискретизації функції горизонтальної складової магнітного поля.

Підземні металічні трубопроводи є найбільш металомісткими конструкціями, що морально не старіють упродовж тривалого часу. Ритмічна робота багатьох галузей промисловості безпосередньо пов'язана з надійністю підземних нафтогазопроводів. Однією із основних причин відмов підземних трубопроводних систем є корозія трубопроводів, яка виникає при порушенні ізоляції.

Пошкодження захисного ізоляційного покриття трубопроводу робить можливим контакт його стінки з ґрунтовим електролітом, що сприяє корозії металу труби. Тому в процесі експлуатації підземних магістральних нафтогазопроводів є важливою своєчасна

оцінка стану їх ізоляційного покриття. Крім того важливим є визначення місця, в якому має місце корозія, та величини і характеру пошкодження.

На даний час існує ряд методів і розроблених на їх основі методик контролю стану ізоляції підземних нафтогазопроводів, основні з яких поділяються на контактні та безконтактні.

Контактні методики не дають змоги проводити контроль при значному питомому опорі ґрунту, у важкодоступних місцях та у зоні дії блукаючих струмів, а безконтактні методики контролю хоча виграють у простоті, дальності і універсальності, але програють у точності знаходження місця пошкодження ізоляції.