

МОНІТОРИНГ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РЕЗЕРВУАРІВ НА УКРАЇНСЬКІЙ АНТАРКТИЧНІЙ СТАНЦІЇ «АКАДЕМІК ВЕРНАДСЬКИЙ»

Ю.М. Посипайко¹, А.М. Андреев²

¹ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України. 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: posypaiko.yurii@gmail.com

²Національний антарктичний науковий центр МОН України. 01016, м. Київ, бульв. Тараса Шевченка, 16.
E-mail: uac@uac.gov.ua

Проведено діагностування технічного стану металевих конструкцій резервуарів і трубопроводів на УАС «Академік Вернадський». На підготовчому етапі виконано аналіз проектної та експлуатаційної документації на резервуари, обрано методи технічного обстеження, підібрано обладнання та допоміжне приладдя для виконання діагностичних робіт методами неруйнівного контролю. Виконано інструментальне обстеження стану металоконструкцій резервуарів і трубопроводів методами неруйнівного контролю з метою виявлення дефектів і пошкоджень у конструкційних елементах і зварних з'єднаннях, обстеження стану фундаменту та основи резервуара. Виконано протикорозійні роботи на днищі резервуара та замінено трубопроводи, що мали недопустимі корозійні пошкодження. Усі елементи резервуарів мають робочий технічний стан і відповідають чинним нормам і стандартам на проектування, виготовлення та експлуатацію. Статична міцність стінки зовнішнього та внутрішнього резервуарів відповідає проекту та діючим нормативам. Завдяки проведенню антикорозійних робіт на днищі внутрішнього резервуара РВС-200 можна продовжити його експлуатацію до 2029 р. за умови виконання правил технічної експлуатації резервуарів і організації щорічного моніторингу технічного стану резервуарів та технологічного обладнання. Бібліогр. 20, рис. 5.

Ключові слова: моніторинг технічного стану, методи неруйнівного контролю, резервуари, трубопроводи, дефекти, пошкодження

Вступ. Резервуари для зберігання нафтопродуктів разом із дизельними електростанціями стали в Антарктиці основою життєзабезпечення наукових станцій. Сьогодні на антарктичних станціях експлуатуються переважно два типи резервуарів: резервуари горизонтальні сталі (РГС) та резервуари вертикальні сталі (РВС). Резервуари типу РГС об'ємом 20...150 м³ працюють, наприклад, на станціях Eduardo Frei, King Sejong, Bellingshausen та ін. Резервуари типу РВС об'ємом 200...2000 м³ працюють, наприклад, на станціях Palmer, Rothera, Arctowski та ін.

На Українській антарктичній станції «Академік Вернадський» експлуатуються два резервуари: РВС-200 (рис. 1), збудований у 2007 р., та РГС-150 (рис. 2), збудований у 1980 р. Вони призначені

для приймання та зберігання дизельного пального. Крім того, в експлуатації знаходяться два технологічні резервуари об'ємом біля 6 м³ для підготовки пального перед його подачею в дизельні електрогенератори та котли водяного опалення приміщень станції. У 2016 р. розпочато, а в 2019–2023 рр. продовжено роботи з моніторингу технічного стану та профілактичного ремонту резервуарів і трубопроводів на станції «Академік Вернадський».

Резервуари для зберігання нафтопродуктів є об'єктами підвищеної небезпеки [1], тому їх періодичне технічне діагностування є обов'язковим видом контролю, який разом з постійним моніторингом технічного стану забезпечує безаварійну та безпечну експлуатацію. У той же час резервуари для зберігання нафтопродуктів є важливим



Рис. 1. Резервуар РВС-200. Вид зовні та зсередини

© Ю.М. Посипайко, А.М. Андреев, 2023



Рис. 2. Резервуар РГС-150. Вид зовні та зсередини

елементом системи життєзабезпечення майже всіх антарктичних станцій, що виконують дослідження в Антарктиці. Безаварійна експлуатація резервуарів в умовах Антарктики має велике значення з точки зору охорони навколишнього природного середовища, забезпечення екологічної, техногенної і пожежної безпеки.

Україна ще в 1992 р. приєдналась до міжнародного Договору про Антарктику [2, 3], а з 1996 р. веде дослідження Українська антарктична станція «Академік Вернадський». До країн-учасниць Договору про Антарктику висуваються жорсткі вимоги щодо збереження навколишнього природного середовища [4].

Міжнародні антарктичні організації розробили ряд документів, які регламентують міри щодо забезпечення екологічної безпеки на антарктичних станціях. У цих документах особлива увага приділяється зберіганню та використанню нафтопродуктів, заходам з локалізації аварій та ліквідації їх наслідків. Забезпечити виконання цих вимог можна лише за умови безаварійної експлуатації резервуарів і трубопроводів.

Вимоги міжнародних і національних стандартів, що стосуються резервуарів для зберігання нафтопродуктів, ґрунтуються на нормативних положеннях із забезпечення експлуатаційної надійності резервуарів [5–12]. На різних етапах «життєвого циклу» резервуарів вони зводяться до наступного:

- на етапі проектування – забезпечення запасу несучої здатності конструкцій за рахунок вибору матеріалів, технології виконання зварних з'єднань, форми та геометричних розмірів;
- на етапі заводського виготовлення елементів і будівництва – забезпечення умов якісної поставки, зборки та монтажу конструкцій резервуара;
- на етапі експлуатації – періодичне проведення технічного діагностування металоконструкцій, постійний моніторинг технічного стану, своєчасний профілактичний ремонт і виконання протикорозійних заходів.

Методи та засоби інструментального діагностування резервуарів. Програма технічного діагностування резервуарів визначається вимогами стандарту [13], тому нами виконано наступні

роботи з використанням засобів інструментального неруйнівного контролю:

- візуальний контроль металоконструкцій і зварних з'єднань (лупи оглядові та вимірювальні, штангенциркулі, лінійки, шаблони зварних швів, засоби очищення металу, лампи загального та місцевого освітлення тощо);
- ультразвуковий контроль товщини листів днища та стінки (товщиноміри ультразвукові з п'єзоелектричними перетворювачами та контрольними зразками);
- вимірювання горизонтальності днища (нівелір SL60-2);
- вимірювання вертикальності стінки (теодоліт Т2);
- вимірювання внутрішніх розмірів резервуара (лазерні та стрічкові рулетки);
- контроль герметичності зварних з'єднань днища (прямі й кутові накладні вакуумні камери НК-175 з вакуумметрами, вакуумний насос 2НВР-1Д);
- вихрострумний контроль зварних з'єднань (дефектоскоп ВДЗ-71);
- запис візуальної інформації на цифрові носії за допомогою пристрою ВИК/ТВА-1 та її архівації з метою наступного розшифрування;
- фото- та відеофіксація технологічних процесів підготовки днища до контрольних і ремонтних операцій;
- розрахункова експертиза стану конструкцій резервуара за результатами інструментального обстеження;
- аналіз отриманих результатів обстеження резервуара та підготовка висновку експертизи.

Крім того, у роботі було використано засоби підготовки днища до нанесення антикорозійного покриття (очищувач піскоструминний, компресор повітряний, пилосос та ін.), товщиномір антикорозійного покриття, засоби його нанесення та ін.

Результати технічного діагностування резервуарів наведено в публікаціях [14–17] та технічних звітах [18–20].

Загальна характеристика та технічний стан резервуара РВС-200. Резервуар РВС-200 споруджено на УАС «Академік Вернадський» в 2007 р.

за проектом ВАТ «УкрНДПроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського» і ВАТ «Інститут транспорту нафти» у формі двостінного вертикального циліндра з двома днищами та двома покрівлями за принципом «стакан в стакані». Дві герметичні оболонки забезпечують надійну експлуатацію резервуара в умовах екологічно вразливої Антарктики. Резервуар споруджувався в непростих умовах – антарктичне літо супроводжується вітрами, дощем і снігом. Температура повітря складає $0 \pm 5^\circ\text{C}$.

Розміри внутрішнього резервуара: висота стінки 5,96 м, внутрішній діаметр 6,63 м, товщина листів стінки та днища 5 мм, площа днища $34,5\text{ м}^2$; розміри зовнішнього резервуара: висота стінки 6,58 м, діаметр 6,96 м, товщина листів стінки 5 мм, товщина листів днища 8 мм. Відстань між стінками внутрішнього та зовнішнього резервуарів 0,16 м.

Покрівля резервуара (внутрішня та зовнішня) складається з двох щитів, які спираються на бортовий кутник стінки. Між собою щити скріплені накладним зварним з'єднанням. Товщина листів настилу покрівлі 4 мм.

Фундаментом резервуара є сім взаємно паралельних залізобетонних стрічок розміром $8300 \times 460 \times 650\text{ мм}$. Стрічки фундаменту закріплені за допомогою шпурів до малотріщинуватої скелі. По фундаментних стрічках перпендикулярно їх довжині укладено 15 сталевих балок-двотаврів № 14 заввишки 140 мм, закріплених зварюванням до закладних пластин фундаменту. Ці балки є основою днища резервуара.

Стінки резервуара змонтовано з окремих листів розміром $3000 \times 1500\text{ мм}$, завтовшки 5 мм і з'єднано ручним дуговим двостороннім зварюванням на монтажному майданчику. Всі зварні з'єднання є стиковими.

Візуальний контроль стінок резервуара показав, що на поверхні металевих листів відсутні дефекти прокату: тріщини, розшарування, закати, задири, раковини та ін. Корозія поверхні металу під захисним покриттям є незначною, на рівні прокатної окалини. Захисне фарбове покриття стінки в основному в хорошому стані. Винятком є окремі ділянки в зоні уторного шва, де в результаті корозійних процесів фарбове покриття злуцилось.

Зварні з'єднання в цілому відповідають вимогам стандартів [10, 11, 14]. Ширина валиків посилення шва: $12 \dots 14\text{ мм}$ (вертикальні шви) і $10 \dots 12\text{ мм}$ (горизонтальні шви); висота – $1 \dots 2,5\text{ мм}$. Катети кутового шва стінки і днища $6 \dots 8\text{ мм}$.

У швах не виявлено недопустимих дефектів зварних з'єднань (поверхневі тріщини, пори, підрізи, пропалини, не заварені кратери та ін.), що

перевищують допустимі нормами розміри, але зустрічаються окремі відхилення форми валика посилення шва, які, проте, не можуть вплинути на експлуатаційні характеристики з'єднання. У зварних з'єднаннях виявлено: лінійні зміщення кромки до 1 мм ($4 \dots 5\%$ довжини шва), перевищення опуклості зварного шва ($4 \dots 5\%$ довжини), бризки металу ($10 \dots 15\text{ шт/м}$), підрізи (до $0,5\text{ мм}$) верхньої кромки горизонтальних швів ($10 \dots 15\%$ довжини).

Для виконання вимірювання горизонтальності днища та вертикальності стінки нівелір і теодоліт встановлювались навколо резервуара на снігових заметах. Треба сказати, що всі показники горизонтальності днища та вертикальності обох стінок виявилися в межах чинних нормативів, хоч резервуар монтувався в складних погодних умовах.

Максимальне відхилення твірних резервуара від вертикалі назовні складає $+22\text{ мм}$, а всередину -26 мм . Максимальна різниця точок нівелювання контуру днища складає всього 6 мм .

Вертикальність стінки внутрішнього резервуару виміряна за допомогою підвісу, що закріплювався під покрівлею П-подібним магнітом. Максимальне відхилення твірних стінки від вертикалі назовні складає $+38\text{ мм}$, а всередину -31 мм . Максимальна різниця точок нівелювання контуру днища складає всього 6 мм .

Розрахункова перевірка міцності стінки. Оцінка міцності сталевих резервуарів, що знаходяться в експлуатації, здійснюється на основі результатів їх технічного обстеження із застосуванням загальної схеми розрахунку будівельних конструкцій за граничними станами [2]. У загальному вигляді умова міцності для будь-якого конструктивного елемента записується таким чином:

$$\sigma \leq \gamma R, \quad (1)$$

де σ – розрахункова (максимально можлива) величина напружень в елементі конструкції, яка визначається відповідним розрахунком; R – допустима величина напружень для елемента конструкції, що розглядається; для поясів стінки з Ст3пс – $R = 240,3\text{ МПа}$; γ – коефіцієнт умов роботи, який визначається нормативними документами. Для першого та другого поясів стінки згідно з [10] $\gamma = 0,6$ та $0,7$ відповідно.

Розрахунок величини кільцевого напруження в першому та другому поясках циліндричної стінки резервуара, виходячи з фактичних товщин листів металу та при умові максимального заповнення резервуара, виконано за методикою, викладеною в [8, 14].

Максимально можливе кільцеве напруження в першому (σ_1) та другому (σ_2) поясках стінки складає: $\sigma_1 = 44,3\text{ МПа}$, $\sigma_2 = 34,1\text{ МПа}$ при допустимих значеннях $144,2$ і $168,2\text{ МПа}$ відповідно. Таким чином, умова міцності (1) виконується зі значним запасом.



Рис. 3. Загальний вид корозійних пошкоджень днища

За результатами нівелювання зовнішнього контуру днища визначено параметр ΔU_k , що характеризує нерівномірність осідання, та Θ_k , що характеризує загальний крен резервуару [8]. Розрахунок цих параметрів наведено в [14]. Значення параметра ΔU_i нерівномірності осідання днища для резервуару РВС-200 відповідає вимогам [10], і складає 4, а його допустиме значення – 40. Значення параметра Θ_k загального крену для резервуару відповідає вимогам [10] і складає 0,0004, а його допустиме значення – 0,006.

Днище внутрішнього резервуару виготовлено із сталевих листів завтовшки 5,0...5,2 мм. Листи зібрано в полоси стиковими зварними з'єднаннями, а між собою полоси з'єднано в наклад. Зовнішній огляд і візуальний контроль днища резервуару показали, що поверхня металевих листів і зварні з'єднання вражені корозійною виразкою завглибшки до 2 мм. Корозійні виразки різної глибини згруповані на окремих ділянках площею 20...40 см² і розкидані по листах, переважно вздовж зварних з'єднань. Характерні корозійні ураження листів днища показано на рис. 3.

Зварні з'єднання в цілому відповідають вимогам нормативних документів [7–10]. У швах не виявлено недопустимих поверхневих дефектів зварних з'єднань – тріщин, підрізів, пропалин, не заварених кратерів, пор виробничого походження, критичних корозійних виразок тощо. Ширина валиків посилення шва стикових зварних з'єднань складає 10...12 мм, висота – 1...2,5 мм. У накладних зварних з'єднаннях величина катетів шва складає 5...7 мм. Перехід наплавленого металу шва до металу листа не завжди плавний.

У швах зварних з'єднань також виявлено окремі корозійні виразки завглибшки до 2 мм. Вздовж швів є бризки металу. Загальний вид корозійних пошкоджень зварних з'єднань днища показано на рис. 4.

Контроль герметичності зварних з'єднань днища виконано методом вакуумування [9] з метою виявлення наскрізних пошкоджень – течей. При цьому використано накладні вакуумні камери, розроблені та виготовлені в ІЕЗ ім. Є.О. Патона (проект НК-175), та вакуумний насос 2НВР-1Д. Течей в зварних швах не виявлено.

Крім того, контроль герметичності зварних з'єднань днища та стінок в цілому виконано шляхом перевірки наявності пального в просторі між двома днищами резервуару. У зовнішньому днищі резервуару встановлено випускний патрубок з вентилем. Пальне, що зберігається у внутрішньому резервуарі, може потрапити у простір між стінками та днищами резервуару тільки при наявності течей виробничого або корозійного походження у зварних з'єднаннях чи металевих листах. Відкривши вентиль випускного патрубку днища зовнішнього резервуару, можна переконатись у наявності чи відсутності пального в просторі між двома днищами. Виконання цієї операції показало, що пальне відсутнє. Тобто течі у внутрішньому резервуарі відсутні.

При обстеженні днища проведено випробування пристрою запису візуальної інформації ВК/ТВА-1 (рис. 5). Пристрій обладнано відеокамерою та блоком бездротової передачі інформації на смартфон. Такий пристрій дозволяє записати інформацію про стан зварних з'єднань важкодоступних або розташованих поза доступом фахів-

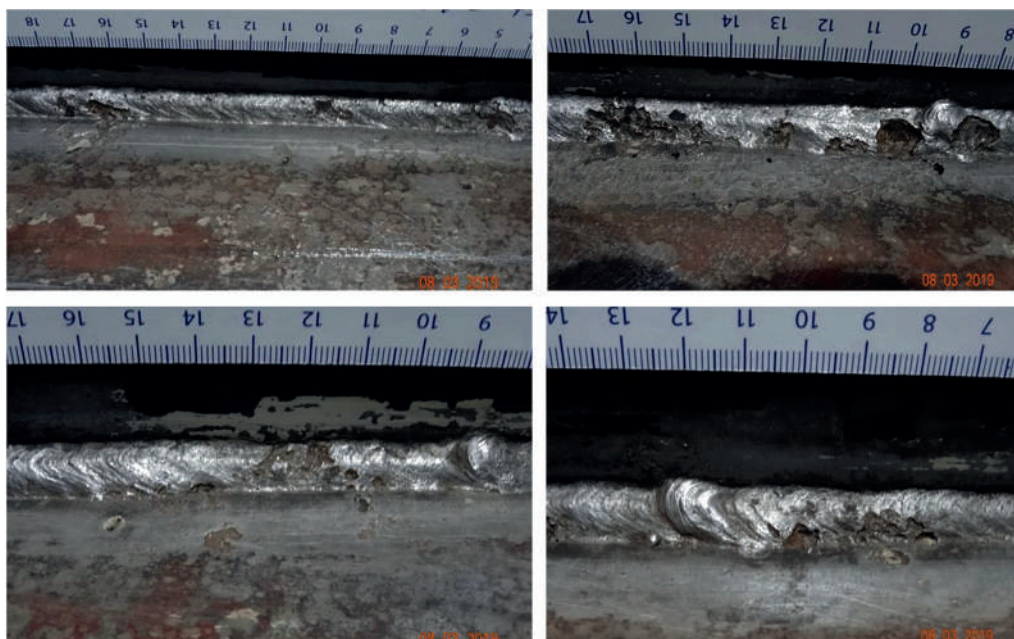


Рис. 4. Загальний вид корозійних пошкоджень зварних з'єднань днища



Рис. 5. Випробування пристрою запису візуальної інформації ВИК/ТВА-1 на зварних з'єднаннях днища резервуара РВС-200

ців з неруйнівного контролю об'єктів, а аналізувати її фахівцям за допомогою комп'ютерної техніки в лабораторних умовах.

Одним з головних висновків при діагностуванні резервуара стала необхідність першочергового антикорозійного захисту днища внутрішнього резервуара. Влаштування антикорозійного покриття днища виконано у 2019 р.

Нанесення на днище антикорозійного покриття. Підготовка днища до нанесення антикорозійного покриття включала кілька етапів його очищення: збір залишків пального та осаду; очищення днища шпателями від залишків фарби; піскоструминне очищення зварних з'єднань, пришовної зони та ділянок металу, вражених виразковою корозією; знежирення поверхні днища ацетоном.

На сьогодні існує безліч антикорозійних матеріалів для нанесення на внутрішню поверхню резервуарів для зберігання нафтопродуктів. З метою вибору сучасних антикорозійних матеріалів і раціональної технології їх застосування в умовах Антарктики протягом 2016–2017 рр. було проведено ряд досліджень на зразках за участю про-

відних фірм, що виконують антикорозійні роботи в резервуарах. У результаті досліджень та аналізу перевага була віддана комбінованому покриттю, першим шаром якого є суспензія лускатого металевого не окисленого цинку в системі полімерних в'язучих, так зване «холодне цинкування» матеріалом LiquidZinc. А наступними трьома шарами є двокомпонентне рідкокерамічне покриття ZingaMetallCeram CoatCN1-N. Матеріал LiquidZinc утворює з очищеною сталеву поверхню стійкий хімічний зв'язок. Процентний вміст цинку в матеріалі 88...92 %, питома вага матеріалу 2,90...2,95 г/см³. Двокомпонентне рідкокерамічне покриття ZingaMetallCeram CoatCN1-N утворює щільний еластичний шар, забезпечуючи захист металу в агресивному середовищі та воді. Це покриття можна наносити в кілька шарів. Час повного висихання 7 діб, розчинник – ацетон. Адгезію шару матеріалу LiquidZinc перевірено способом «зіскоблювання ножом». Перевірка показала, що матеріал не знімається шаром, залишається на металі, а зіскоблюється тільки у вигляді порошку цинку. Адгезію покриття ZingaMetallCeram

CoatCN1-N перевірено на зразках-свідках. Товщина кожного шару при нанесенні на днище вимірювалась товщиноміром.

Загальна характеристика та технічний стан резервуара РГС-150. Резервуар РГС-150 споруджено в 1978-79 рр., коли станція належала Великій Британії та носила ім'я Фарадея, за технологією «Braithwaite», що передбачає складання стінки зі сталених штампованих елементів квадратної форми розміром 1220×1220 мм з діагональними ребрами жорсткості заввишки 40 мм. Така технологія дозволяє складати ємності різного об'єму без зварювання та підймальних механізмів. Стальні квадратні елементи скріплюються між собою гвинтами з використанням еластичних ущільнюючих прокладок і герметика. Товщина металевих листів, з якого шляхом гарячого штампування виготовлено такі елементи, складає 5 мм. У 1986 р. в резервуарі змонтовано та зварено внутрішню герметичну оболонку з листів корозійностійкої сталі завтовшки 3 мм.

Резервуар розділено навпіл герметичною перегородкою на дві ємності однакового об'єму, що з'єднані між собою зовнішнім трубопроводом діаметром 80 мм. На виході кожної ємності встановлено засувку Ду 2,5". Умовно ємності будемо позначати: РГС-150/1 – ліва частина, РГС-150/2 – права частина. Резервуар має форму паралелепіпеда розмірами 7340×7340×3660 мм. Внутрішні розміри ємностей 7250×3570×3660 (± 10) мм. Гранична висота наливу 3600 мм. Конструктивну міцність резервуару надають внутрішні косі та поперечні тяги, виготовлені з кутника 70×70 мм. Покрівля резервуара складена з листів розміром 1220×1220×4 мм, з'єднаних між собою гвинтами та встановлених на арочних балках заввишки 300 мм, що опираються на стінки. Металоконструкції резервуара виготовлені у Великій Британії.

Фундаментом резервуара є сім взаємно паралельних залізобетонних стрічок розміром 8000×600×800 мм. Фундамент споруджено в 1978 р., на скельній основі.

Відхилення поверхні фундаментних стрічок від горизонтальної площини виміряно за допомогою нівеліра SL 60-2 Rank Precision Industries Ltd. Точки нівелювання вибрано на кутах резервуара. Вимірювання показали, що горизонтальна площа фундаменту нахилена по поздовжній осі на 108...115 мм. Такий нахил фундаменту очевидно був закладений в його проєкті з метою нахилу самого резервуара в сторону зливних патрубків.

Поверхня металевих сталених штампованих елементів квадратної форми, що складають зовнішню оболонку стінок резервуара, є рівномірно гладкою, фарбованою, на ній не виявлено дефектів

прокату, штампування чи відхилення форми. На поверхні відсутні сліди протікань пального.

Внутрішню оболонку стінок і днища резервуара змонтовано та зварено з листів антикорозійної сталі розміром 2000×1300 мм завтовшки 3 мм. Між собою листи з'єднані накладними швами, а зі сталеними елементами зовнішньої оболонки – швами «в проріз». Таким чином, усі зварні шви є кутовими з катетами 3...4 мм. Недопустимих дефектів у зварних з'єднаннях і металі не виявлено. Найпоширенішим недоліком зварних з'єднань є нерівномірність форми валика посилення шва, що, проте, не може вплинути на експлуатаційні характеристики з'єднання. Не виявлено корозійних пошкоджень металу та швів.

Вертикальність стінок резервуара виміряно за восьми твірними. Місця розташування твірних для вимірювання вибрано біля кутів резервуара. Відхилення стінок резервуара від вертикалі відповідає нахилу фундаменту: передня стінка нахилена в середину резервуара (–67...–70) мм, а задня – на зовні (+55...+70) мм. Бокові стінки мають незначне відхилення від вертикалі (–8...+20 мм).

Конструкція днища є аналогічною конструкції стінок. Стальні елементи квадратної форми опираються краями на двотаври заввишки 180 мм, що розташовані на фундаментних стрічках. Поверхня металу, яку можна оглянути поміж бетонними стрічками фундаменту, рівномірно вкрита атмосферною корозією, зустрічаються сліди давнього фарбування. На ній не виявлено дефектів прокату, штампування чи відхилення форми. На поверхні відсутні сліди протікань пального.

Покрівлю резервуара складено із плоских сталевих листів розміром 1220×1220×4 мм, з'єднаних між собою гвинтами та встановлених на арочних балках, що опираються на стінки. Товщина металевих листів 4 мм, висота арочних балок 300 мм. Поверхня металу рівномірно гладка, фарбована, на ній не виявлено дефектів прокату, штампування чи відхилення форми.

Технологічне обладнання резервуарів (трубопроводу заповнення паливом, трубопроводу відбору пального для дизель-генераторів, клинові засувки, випускні патрубки з вентилями, люки-лази, світлові люки, дихальні клапани, запобіжні клапани, замірні люки, стаціонарні драбини підйому на покрівлю та спуску в резервуар та ін.) знаходяться в робочому стані.

Висновки

У результаті обстеження технічного стану обох резервуарів та ремонту днища резервуара РВС-200 зроблено наступні висновки:

1. Усі елементи резервуарів (фундаменти, стінки, днища та покрівлі зовнішнього і внутрішнього

резервуарів) мають робочий технічний стан і відповідають чинним нормам і стандартам на проектування, виготовлення та експлуатацію.

2. Статична міцність стінки зовнішнього та внутрішнього резервуарів відповідає проекту та діючим нормативам.

3. Завдяки проведенню антикорозійних робіт на днищі внутрішнього резервуара РВС-200 можна продовжити його експлуатацію до 01.04.2029 р. за умови виконання правил технічної експлуатації резервуарів та організації щорічного моніторингу технічного стану резервуарів і технологічного обладнання.

4. Допоміжний резервуар РГС-150 знаходиться в задовільному технічному стані. Стінки, днище та покрівля не мають недопустимих деформацій чи дефектів, що можуть вплинути на надійність експлуатації та працездатність резервуара. На металоконструкціях резервуара не виявлено слідів протікання пального, що свідчить про герметичність внутрішньої оболонки. Статична міцність стінки, днища та покрівлі резервуара забезпечується системою косих і поперечних тяг, які відповідають проекту резервуара та інструкції з його монтажу. Резервуар може експлуатуватись у режимі тимчасового зберігання пального за умови дотримання Правил технічної експлуатації резервуарів.

5. Трубопроводи, що з'єднують резервуари з дизельною електростанцією, замінені на нові, перевірено на герметичність і міцність перед введенням в експлуатацію.

6. Моніторинг технічного стану резервуарів і трубопроводів слід проводити щорічно під час сезонних технічних робіт, а огляд потенційно можливих місць протікань пального слід виконувати щоденно. При цьому необхідно мати наготові засоби швидкого виявлення протікань та їх усунення.

Список літератури.

1. Закон України від 18.01.2001 № 2245-III «Про об'єкти підвищеної небезпеки».
2. Постанова Верховної Ради України «Про приєднання до Договору про Антарктику» № 2609-XII від 17.09.1992.
3. Закон України від 22.02.2001 № 2284-III «Про приєднання України до Протоколу про охорону навколишнього середовища до Договору про Антарктику».
4. COMNAR Accident Incident and Near Miss Reporting (AINMR) System. <https://www.comnap.aq/membersonly/AINMR/SitePages/Home.aspx>.
5. API 653-2014 Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction.
6. EN 14015-2004 Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed, above ground, welded, steel tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above.
7. (1988) *Правила технической эксплуатации резервуаров и инструкции по их ремонту*. Москва, Недра.
8. (1997) *Доповнення та зміни до «Правил технической эксплуатации резервуаров и инструкции по их ремонту»*. Київ, УО «Укрнафтопродукт».
9. (1998) *Правила технической эксплуатации и охрана труда на нефтебазах*. Київ, УО «Укрнафтопродукт».
10. (1994) ВБН В.2.2-58.2-94 *Резервуари вертикальні сталеві для зберігання нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа*. Київ, Держкомнафтогаз.

11. (2012) ДСТУ Б В.2.6-183:2011 *Резервуари вертикальні циліндричні сталеві для нафти та нафтопродуктів. Загальні технічні умови (ГОСТ 31385-2008, NEQ)*. Київ, Мінрегіон України.
12. (2009) ДБН В.1.2-14-2009 *Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ*.
13. (2009) ДСТУ НБА.3.1-10:2008 *Настанова з проведення технічного діагностування вертикальних сталевих резервуарів*. Київ, Мінрегіонбуд України.
14. Посипайко Ю.М. (2016) Дефектоскопія в Антарктиці: технічне діагностування резервуара РВС-200 на УАС «Академік Вернадський». *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*, 4, 46–51. DOI: <https://doi.org/10.15407/tdnk2016.04.08>
15. Посипайко Ю.М. (2016) Технічне діагностування резервуара РВС-200 на УАС «Академік Вернадський». *Зб. доповідей 8-ї Національної науково-технічної конференції «Неруйнівний контроль і технічна діагностика»*, Київ, сс. 104–109.
16. Жук Г.В., Мороз І.В., Барвінко А.Ю. та ін. (2017) Особливості конструкції та обслуговування резервуару РВС-200 для зберігання дизельного палива на Антарктичній станції «Академік Вернадський». *Автоматическая сварка*, 2, 36–40. DOI: <https://doi.org/10.15407/as2017.02.07>
17. Посипайко Ю.М. (2017) Резервуари в Антарктиці: будівництво та діагностування. *Сварщик*, 4, 44–49.
18. (2016) *Технічний звіт (експертний висновок) про технічний стан резервуара РВС-200, встановленого на Українській антарктичній станції «Академік Вернадський»*. Київ, ІЕЗ ім. Є.О. Патона.
19. (2019) *Висновок про технічний стан резервуара РГС-150, встановленого на УАС «Академік Вернадський» на острові Галіндез в архіпелазі Аргентинських островів*. Київ, ІЕЗ ім. Є.О. Патона.
20. (2019) *Технічний звіт про стан та ремонт днища резервуара РВС-200, встановленого на УАС «Академік Вернадський» на острові Галіндез в архіпелазі Аргентинських островів*. Київ, ІЕЗ ім. Є.О. Патона.

References

1. Law of Ukraine dated January 18, 2001 No. 2245-III «On objects of increased danger» [in Ukrainian].
2. Resolution of the Verkhovna Rada of Ukraine «On accession to the Antarctic Treaty» No. 2609-XI of 17.09.1992 [in Ukrainian].
3. Law of Ukraine dated February 22, 2001 No. 2284-III «On Ukraine's Accession to the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty» [in Ukrainian].
4. COMNAR Accident Incident and Near Miss Reporting (AINMR) System. <https://www.comnap.aq/membersonly/AINMR/SitePages/Home.aspx>.
5. API 653-2014 *Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction*.
6. EN 14015-2004 *Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed, above ground, welded, steel tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above*.
7. (1988) *Rules for the technical operation of tanks and instructions for their repair*. Moscow, Nedra [in Russian].
8. (1997) *Additions and changes to the «Rules for technical operation of tanks and instructions for their repair»*. Kyiv, JSC «Ukrnaftoprodukt» [in Russian].
9. (1998) *Rules for technical operation and labor protection at oil storage depots*. Kyiv, Ukrnaftoprodukt [in Russian].
10. (1994) VBN B.2.2-58.2-94 *Vertical steel tanks for storing oil and oil products with saturated vapor pressure not higher than 93.3 kPa*. Kyiv, Derzhkomaftogaz [in Ukrainian].
11. (2012) DSTU B V.2.6-183:2011 *Vertical cylindrical steel tanks for oil and oil products. General technical conditions (GOST 31385-2008, NEQ)*. Kyiv, Ministry of Regions of Ukraine [in Ukrainian].
12. (2009) DBN V.1.2-14-2009 *General principles of ensuring the reliability and structural safety of buildings, structures, construction structures and foundations* [in Ukrainian].
13. (2009) DSTU NBA.3.1-10:2008 *Guidelines for conducting technical diagnostics of vertical steel tanks*. Kyiv, Minregionbud Ukrainy [in Ukrainian].

14. Posypaiko, Yu.M. (2016) Flaw detection in Antarctic. Technical diagnostics of RVS-200 tank in Ukrainian Antarctic station «Akademik Vernadskii». *Tekh. Diagnost. i Nerazrush. Kontrol*, **4** , 46–51. [in Ukrainian] DOI: <https://doi.org/10.15407/tdnk2016.04.08>.

15. Posypaiko, Yu.M. (2016) Technical diagnostics of RVS-200 tank in UAS «Akademik Vernadskii». In: *Proc. of 8th Nat. Sci.-Tekh. Conf. on Non-destructive Testing and Technical Diagnostics*. Kyiv, 104–109 [in Ukrainian].

16. Zhuk, G.V., Moroz, I.V., Barvinko, A.Yu. et al. (2017) Peculiarities of construction and service of tank RVS-200 for storage of diesel fuel in Antarctica at the station «Akademik Vernadsky». *The Paton Welding J.*, **2**, 33–37. DOI: <https://doi.org/10.15407/as2017.02.07>

17. Posypajko, Yu.M. (2017) Tanks in Antarctica: Construction and diagnostics. *Svarshchik*, **4**, 44–49 [in Ukrainian].

18. (2016) *Technical report (expert opinion) on the technical condition of the RVS-200 tank installed at the Ukrainian Antarctic Station «Akademik Vernadsky»*. Kyiv, PWI [in Ukrainian].

19. (2019) *Conclusion on the technical condition of the RGS-150 tank installed on the UAS «Akademik Vernadsky» on the island of Galindez in the archipelago of the Argentine Islands*. Kyiv, PWI [in Ukrainian].

20. (2019) *Technical report on the condition and repair of the bottom of the RVS-200 tank installed on the UAS «Akademik Vernadsky» on the island of Galindez in the archipelago of the Argentine islands*. Kyiv, PWI [in Ukrainian].

TANK TECHNICAL CONDITION MONITORING AT THE UKRAINIAN ANTARCTIC STATION «ACADEMIK VERNADSKY»

Yu.M. Posypaiko¹, A.M. Andreev²

¹E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU. 11 Kazymyr Malevych str., 03150, Kyiv. E-mail: posypaiko.yurii@gmail.com

²National Antarctic Scientific Center of the Ministry of Education and Science of Ukraine. 16 T. Shevchenko Blvd., 01016, Kyiv. E-mail: uac@uac.gov.ua

Diagnostics of the technical condition of metal structures of tanks and pipelines at «Akademik Vernadsky» UAS was carried out. At the preparatory stage, an analysis of design and operational documentation for tanks was performed, technical inspection methods were selected, equipment and auxiliary equipment were selected for performing diagnostic work using non-destructive testing methods. An instrumental inspection of the condition of metal structures of tanks and pipelines was carried out using non-destructive testing methods in order to identify defects and damage in structural elements and welded joints, an inspection of the condition of the foundation and base of the tank. Anti-corrosion work was carried out on the bottom of the tank and pipelines that had unacceptable corrosion damage were replaced. All elements of the tanks are in working technical condition and comply with current norms and standards for design, manufacture and operation. The static strength of the wall of the external and internal tanks corresponds to the project and current regulations. Due to anti-corrosion work on the bottom of the internal tank of RVS-200, its operation can be continued until 2029, provided that the rules for the technical operation of the tanks and the organization of annual monitoring of the technical condition of the tanks and technological equipment are followed. 20 Ref., 5 Fig.

Keywords: tanks, technical condition monitoring, non-destructive testing methods, defects, damage

Надійшла до редакції 18.09.2023

ПЕРЕДПЛАТА 2024

Журнали	Вартість передплати на друковані версії журналів*, грн.			
	місяць	квартал	півроку	рік
«Автоматичне зварювання», видається з 1948 р., 6 випусків на рік. ISSN 0005-111X. Передплатний індекс 70031.	–	–	900	1800
«Сучасна електрометалургія», видається з 1985 р., 4 випуски на рік. ISSN 2415-8445. Передплатний індекс 70693.	–	300	600	1200
«Технічна діагностика та неруйнівний контроль», видається з 1989 р., 4 випуски на рік. ISSN 0235-3474. Передплатний індекс 74475.	–	300	600	1200
«The Paton Welding Journal»**, видається з 2000 р., 12 випусків на рік. ISSN 0957-798X. Передплатний індекс 21971.	600	1800	3600	7200

*Вартість з урахуванням доставки рекомендованою бандероллю.
** Журнал «The Paton Welding Journal» містить статті, отримані від авторів з усього світу і вибірково переклади на англійську мову статей з журналів «Автоматичне зварювання», «Сучасна електрометалургія», «Технічна діагностика та неруйнівний контроль».

Передплату на журнали можна оформити по каталогам передплатних агенцій «УКРПОШТА», «Прес Центр» та у видавництві. Передплата через видавництво з любого місяця на любой термін, в т.ч. на попередні періоди та окремі статті, починаючи з першого року видання.

Передплата на електронну версію журналів.
Вартість передплати на електронну версію журналів дорівнює вартості передплати на друковану версію. Випуски журналу надсилаються електронною поштою у форматі pdf або для IP-адреси комп'ютера передплатника надається доступ до відповідних архівів журналу.

Передплата через сайт видавництва:
<https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/as/subscription>
<https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/sem/subscription>
<https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/tdnk/subscription>
<https://patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj/subscription>
На сайті видавництва у 2024 р. доступні для вільного копіювання випуски журналів з 2007 по 2022 рр.

ISSN 0235-3474. Техн. діагностика та неруйнівний контроль, 2023, №4

49