

УДК 621.791:624.04

Шульга Є.М., к.т.н. доцент Лавріненко Л.І,  
Київський національний університет будівництва і архітектури**АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ  
РЕКОНСТРУКЦІЇ РЕЗЕРВУАРІВ ЄМНІСТЮ 20–50 тис. м<sup>3</sup>**

*Проведено аналіз можливості продовження терміну експлуатації резервуарів нафтопродуктів з урахуванням їх реального технічного стану та наведені конструктивні рішення реконструкції. Враховані технологічні особливості виготовлення та ремонту резервуарів як листових конструкцій.*

*Ключові слова: Сталеві конструкції, резервуари нафтопродуктів, технічний стан, зварні шви, деформації, стінка, днище, купол.*

При створенні парків резервуарів для зберігання нафтопродуктів наприкінці минулого сторіччя в Україні в короткі терміни була побудована велика кількість резервуарів ємністю 20...50 тис. м<sup>3</sup> із застосуванням рулонних заготовок сталей підвищеної та високої міцності 09Г2С-12 або 06ГБ(355). При складанні та зварюванні вертикальних монтажних з'єднань досить складним було забезпечення геометричної форми стінок та виключення кутових деформацій у відповідності до сучасних норм проектування [1]. Через наявність в кожному рулоні прямолінійної кінцевої ділянки стики часто мали великі кутові деформації, через що при наливанні нафти місцеві напруження могли досягати значень межі текучості. Додатково така ситуація ускладнюється необхідністю зварювання в нижніх ярусах стінок листів товщиною 14...18 мм. Внаслідок цього в монтажних вертикальних зварних з'єднаннях стінки з'являлися та починали розвиватися пластичні деформації. Крім того, при експлуатації в вертикальних швах після напрацювання  $10^3 \dots 5 \times 10^3$  циклів наливання-зливання нафти починають зароджуватися і розвиватися тріщини втоми [2].

Відомі конструктивні рішення підсилення стінок резервуарів поперечними ребрами не є достатньо ефективними, бо на тонкостінній оболонці такі ребра самі створюють додаткові концентратори напружень.

З введенням нових норм проектування [1] резервуарів для зберігання нафти та нафтопродуктів суттєво (у порівнянні з чинними на момент проектування нормами) посилено вимоги до статичної міцності стінки та допуски на її відхилення від проектної форми.

З урахуванням підвищення екологічних вимог постає питання про збільшення товщини центральної частини днища або ж застосування подвійного днища [3].

**Аналіз технічного стану** стінок резервуарів після 20 років експлуатації показав, що товщина стінок поясів зменшилась на 6,2...10,5% від проектних значень, проте для поясів 2-12 ярусів відповідає вимогам норм проектування та забезпечує несучу здатність протягом терміну експлуатації щонайменше 20 років. Нижня частина першого ярусу висотою 400 мм, що примикає до днища, має суцільні корозійні ушкодження глибиною 3...10 мм. Технічний стан плаваючих покриттів часто потребує заміни центральної його частини. Водовідводи мають низьку дієздатність, бо проходять всередині резервуару і взимку замерзають. При відсутності водозливу до центру, на покрівлі утворюються багаточислені місця збирання води, в яких днище піддається інтенсивній корозії, а надлишок навантаження призводив до виходу нафти на поверхню покриття та деформацію короба.

При розробці конструктивних рішень резервуарів використано таку послідовність робіт, що запропонована інститутом електрозварювання ім. Є.О.Патона:

- підйом стінки і фіксація її на тимчасових опорах (за необхідності виправлення крену або заміни поясу);
- послідовна заміна крайок днища і першого поясу стінки з підрошуванням (за необхідності) основи;
- заміна вертикальних монтажних стиків стінки з встановленням додаткових кілець жорсткості;
- повна чи часткова заміна центральної частини днища та плаваючої покрівлі;
- облаштування нових люків та кріплення нового технологічного обладнання.

**Для відновлення працездатності резервуарів** на ґрунті проведеного аналізу технічного стану та виконаних розрахунків застосовані та апробовані спеціальні конструктивні рішення.

*Підйом стінки* є складною інженерною операцією та виконується одночасно по всьому периметру без руйнування залізобетонного кільця фундаменту. При цьому зусилля від підйомників краще прикладати до виступаючої частини крайок днища або встановлювати підйомники під днище у спеціальні прорізи.

*Заміна крайки та першого поясу* стінки виконується послідовно. Для резервуарів ємністю 20...50 тис. м<sup>3</sup> довжина листів, що вирізаються, може становити до 9,0 м. Проектна форма стінки та днища досягається виконанням спеціальних вимог технології зварювання горизонтальних та вертикальних швів. Першими виконуються стикові шви крайок (під стінкою) і вертикальні шви стінки. Закріплення стінки до днища виконується одnobічними прихватками. Пов-

ністю шви заварюються після заміни всіх окрайок та заварювання вертикальних швів. Застосовується листовий прокат сталей 10Г2ФБ або 06Г2Б.

*Заміна вертикальних монтажних стиків* стінки виконується на вставках, що пов'язане з виконанням зварювання в жорсткому контурі на стінці резервуару, що представляє собою тонкостінну оболонку. Без застосування спеціальних засобів компенсація усадки зварних швів на стінці може відбуватися за рахунок переходу прилеглих ділянок стінки на менший радіус з утворенням на них неприпустимих вм'ятин. При заміні вертикальних монтажних стиків послідовно вирізаються ділянки зварного з'єднання з прилеглими областями стінок і вварюванням спеціальних вставок. При цьому враховується не тільки наявність жорсткого контуру, а й те, що стінка, змонтована з рулонних заготовок, знаходиться в попередньо напруженому стані. У вільному положенні залишковий радіус стінки в 2...3 рази менший проектного. Тому після вирізання прорізу для нової вставки прилеглі до вертикальних кромки ділянки стінки набувають залишкової кривизни і западають усередину від проектного положення на 10...30 мм залежно від товщини стінки. Після складання стиків в проектному положенні згинальні моменти на кромках стінки і вставки мають бути урівноважені, тобто їхня кривизна у вільному стані кромки повинна бути близькою за значеннями. При виконання вертикальних швів стінки компенсація усадочних поперечних деформацій здійснюється за рахунок величини попереднього вигину вставки. Збільшення величини вставки має бути близьким до величини поперечної усадки вертикальних швів.

Після зварювання вертикальних швів вставки жорстко з'єднуються із загальним масивом стінки, тому горизонтальні шви доводиться виконувати в умовах жорсткого контуру. Враховуючи, що в цьому разі компенсувати зварні деформації нема можливості, необхідно їх передати на прилеглі ділянки стінок або додаткові жорсткі елементи. Лише при товщинах 12 мм та більше стінка може сприймати такі деформації з прийнятними відхиленнями. В резервуарах, що є об'єктом дослідження, пояси мають товщину 8...10 мм, тобто виконання на них горизонтальних швів вимагає спеціальних конструктивних заходів, в іншому разі це призводить до появи в прилеглих областях стінок неприпустимих вм'ятин.

У вертикальних швах вставок повністю відсутні кутові деформації, зміщення кромки та інші дефекти [4]. В таких зварних з'єднаннях немає умов для зародження і розвитку тріщин від мало циклової втоми. Вага всіх вставок не перевищує 20% ваги стінки.

*Реконструкція днища та покрівлі* полягає у перетворенні плаваючої покрівлі на понтон і встановленні куполу. Технологія передбачає подачу в резервуар безкінечної сталевий стрічки зі стану, звареної з окремих листів. Всі попере-

чні шви виконуються встик одностороннім зварюванням із зворотнім формуванням кореня шва. Після зварювання на стенді проводиться контроль непроникності поперечних швів пробою керосину на крейду. Далі стрічка по мірі необхідності подається в резервуар. На місці із стрічки отримують відрізки необхідних розмірів і вкладають в проектне положення. Монтаж ведеться від центра до стінки в нижньому положенні. Поздовжні шви зварюються з двох сторін. Аналогічно виконується заміна днища. Купол встановлюють на тимчасову центральну опору після попереднього укрупнення щитів.

**Висновки.** Сталеві циліндричні резервуари для зберігання нафти та нафтопродуктів ємністю 20...50 тис. м<sup>3</sup> після 20-25 років експлуатації фактично вичерпують свою працездатність. Узагальнено та використано в дипломному проектуванні наведені принципи поновлення працездатності цих конструкцій, що дозволяє продовжити їх експлуатацію на термін не менш, як 20 років, та вимагає подальшої розробки і вдосконалення.

### Література

1. Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 4-2. Резервуари (EN1993-4-2:2007, IDT) ДСТУ-Н Б EN 1993-4-2:2012. – Київ, Мінрегіонбуд України, 2012.
2. ДСТУ Б В.2.6-183:2011. Резервуари вертикальні циліндричні сталеві для нафти та нафтопродуктів. Загальні технічні умови (ГОСТ 31385-2008, ИЕО).– Київ, Мінрегіонбуд України, 2012.
3. ДБН В.2.2-58.1-94. Проектування складів нафти и нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа (із змінами від 24.12.1999 р.) – Київ, Держнафтогазпром України, 1995.
4. Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-7. Пластинчасті конструкції при навантаженні поза межами площини (EN 1993-1-7:2007, IDT) ДСТУ-Н Б EN 1993-1-7:2012– Київ, Мінрегіонбуд України, 2012.

### Анотація

Проведен анализ возможности продления срока эксплуатации резервуаров нефтепродуктов емкостью 20...50 тис. м<sup>3</sup> с учетом их реального технического состояния после 20-25 лет работы. Приведены конструктивные решения реконструкции. Учтены технологические особенности изготовления и ремонта резервуаров как листовых конструкций.

### Abstract

The analysis of the possibility of extending the life of oil tanks with a capacity of 20 ... 50 ths m<sup>3</sup> taking into account their actual technical-consisting of the following 20-25 years. Constructive solutions reconstruction. Take into account the technological features of manufacture and repair reservoirs as sheet structures.