

# ОПТИМІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ІСНУЮЧИХ ВЕРТИКАЛЬНИХ МЕТАЛЕВИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ РЕЗЕРВУАРІВ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*У науковій роботі описано конструктивне рішення типового резервуару для зберігання рідин, виготовленого з металу, узагальнено відомості про технічний стан загального фонду резервуарів України, зроблено висновки щодо необхідності оптимізації експлуатаційних параметрів існуючих резервуарів з урахуванням жорстких вимог чинних нормативних документів з надійності та довговічності.*

**Ключові слова:** тонкостінні оболонки, металеві циліндричні резервуари, напружено-деформований стан, оптимізація конструктивних параметрів, підсилення конструкцій.

## *Abstract*

*The scientific work described the structural solution of a typical tank made of metal for storing liquids, have been summarized information on the technical condition of the general fund of tanks of Ukraine, have been formulated conclusions regarding the need to optimize the operational parameters of existing tanks, taking into account the hard requirements of current standards on reliability and durability.*

**Key words:** thin walled shells, metal cylindrical tanks, stress-strain state, optimization of structural parameters, reinforcement of structures.

## Вступ

Відомо, що одним із видів просторових конструкцій, які часто використовуються у промисловості та сільському господарстві, є тонкостінні оболонки. Завдяки криволінійній формі оболонки добре працюють під навантаженням, як просторові несучі конструкції. Багаторічний досвід досліджень, проектування, будівництва та експлуатації оболонок показав, що для просторових споруд, основною функцією яких є зберігання рідин, ефективними є певні типи оболонок – сферичні оболонки, або, циліндричні оболонки обертання горизонтального і вертикального розташування, які називають резервуарами. Великорозмірні оболонки в Україні та у всьому світі прийнято будувати вертикальними.

Циліндричні резервуари, виготовлені з металу, згідно з [1 – 3], (рис. 1), складаються з металевої циліндричної стінки, плоского тонкостінного днища, даху оболонки сферичної або конічної форми, виготовленої за каркасною або безкаркасною конструктивною схемою.

Основні геометричні параметри сталевих вертикальних резервуарів – діаметр  $D$ , висота  $H$  і товщина стінок оболонки –  $t$ . Ключовим техніко-економічним параметром будь-якого резервуару є його місткість (корисний об'єм) –  $V$  [3]. Внаслідок важких екологічних та економічних наслідків, які можуть відбутися при руйнуванні великорозмірних резервуарів, наповнених нафтопродуктами, агресивними чи отруйними рідинами, їх часто відносять до класу наслідків (відповідальності) СС-3 [3, 4].

## Основна частина

Переважає більшість металевих резервуарів України збудована ще у минулому сторіччі. Численні економічні кризи у нашій державі призвели до того, що, внаслідок недофінансування утримання таких споруд, їх технічний стан суттєво погіршився у порівнянні з проектним [1 – 2].



Рис. 1. Типовий великорозмірний резервуар для зберігання метанолу на одному з підприємств хімічної промисловості України. Зовнішній вигляд і стан

Водночас, нововведені нормативні документи по надійності [4], а також, більш жорсткі вимоги з сейсмічної стійкості [5] будівельних об'єктів вимагають від проектувальників та організацій, що експлуатують подібні споруди, забезпечити нормативні показники міцності, жорсткості та довговічності. Досвід аналізу напружено-деформованого стану резервуарів під дією комплексу технологічних та кліматичних навантажень, з урахуванням виявлених при їх обстеженні дефектів та пошкоджень, свідчить, що більшість з них потребують підсилення [1, 2].

Основною причиною непридатності до нормальної експлуатації наявних в Україні резервуарів є:

- зростання нормативного коефіцієнту надійності (відповідальності) [4];
- зростання аварійних (сейсмічних впливів) на споруди [5];
- зростання кліматичних впливів [1, 2];
- при зборі навантажень проектними установами часто не враховується невігідний випадок гідростатичних випробувань на герметичність [3];
- погіршення інженерно-геологічних умов будівельних майданчиків [1];
- експлуатаційний знос будівельних конструкцій резервуарів, монтажні дефекти та невиконання планових ремонтів [1].

Оскільки у бічних стінках резервуарів при завантаженні гідростатичним тиском від продукту виникають осеві напруження розтягу, їх гіпотетичне підсилення пов'язане із нарощуванням перерізу. У [1] було доведено, що підсилення розтягнутих елементів резервуарів, через велику трудомісткість, не доцільне. Часто дешевше буде збудувати новий резервуар замість дефектного, аніж підсилювати старий.

В умовах воєнного стану і, як наслідок, кратного недофінансування будівельної галузі, у порівнянні з минулим, постає наукова задача мінімальними витратами досягти максимального результату. Тому, найбільш раціональним та доцільним за несприятливих умов є зменшення розрахункової місткості резервуарів. Це, в кінцевому випадку, дозволить експлуатувати, навіть, аварійні споруди без підсилення, хоч і з меншою ефективністю.

Наукові дослідження за цим напрямком, проведені авторами, дозволили сформулювати такі висновки.

### Висновки

1. Більшість великорозмірних металевих надземних циліндричних резервуарів, збудованих за часів СРСР, знаходяться в непридатному до нормальної експлуатації, або аварійному технічному стані.

2. Споруди потребують підсилення, яке, в умовах воєнного стану не доцільне.
3. Для подальшої безпечної експлуатації таких споруд рекомендується зменшення проектного ступеня наповненості резервуарів рідинами (зниження проектної місткості).
4. Аналіз напружено-деформованого стану моделей резервуарів, виконаними методом скінчених елементів, доводить, що ступінь наповненості слід зменшити на 30 – 50%., відповідно зменшивши проектну місткість ( $V$ ) до  $0,5 \dots 0,7 V$ .
5. Рекомендується зміна методології періодичних випробувань споруд на герметичність, з урахуванням зниження місткості.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Попов В.О. Аналітичне моделювання напружено-деформованого стану резервуару для зберігання метанолу об'ємом 20000 м<sup>3</sup> від технологічних та кліматичних впливів / В.О. Попов А.В. Попова // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. Вінниця, ВНТУ, 2021-1. С. 87–98.
2. Байда Д.М., Сазонова І.Р. Особливості розрахунку сталевих резервуарів при дії сейсмічних впливів. Будівництво в сейсмічних районах України. Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво) / ДП «ДНДІБК». – Випуск 76. – К., 2012. – С. 154–159.
3. Резервуари вертикальні сталеві для зберігання нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа. ВБН В.2.2-58.2-94. / Держкомнафтогаз. – К.: Укрнафтопродукт, 1994. – 98 с. – (Відомчі будівельні норми України).
4. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. К.: Мінрегіон України, 2018. – 30 с. – (Державні будівельні норми України).
5. ДБН В.1.1.12:2014. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівництво в сейсмічних районах України. Введ. З 1.10.2014 р. на заміну ДБН В.1.1.12:2006. К.: Мінрегіон України, 2014 – 110 с.

**Попов Володимир Олександрович** — к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, email: [v.a.popov.vntu@gmail.com](mailto:v.a.popov.vntu@gmail.com)

**Крикльова Катерина Павлівна** — Комунальне підприємство “Житомирводоканал”, інженер відділу розвитку і модернізації виробництва, магістрант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця [Katherine.kryklyva@gmail.com](mailto:Katherine.kryklyva@gmail.com)

**Popov Vladimir O.** — Ph.D. Docent of department of civil engineering, architecture and municipal economy, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia city, Ukraine, email: [v.a.popov.vntu@gmail.com](mailto:v.a.popov.vntu@gmail.com). ORCID 0000-0003-2379-7764

**Kryklyva Katerina P.** — Municipal enterprise “Zhytomyrvodokanal”, engineer of the department for the development and modernization of production, undergraduate of the department of civil engineering, architecture and municipal economy, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia city, email: [Katherine.kryklyva@gmail.com](mailto:Katherine.kryklyva@gmail.com)