

УДК 624.953-624.07

DOI: 10.30838/J.PMNTM.2413.050722.33.858

## ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СТАЛІ ПІД ЧАС ВІДНОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

ЕГОРОВ Є. А.<sup>1\*</sup>, *докт. техн. наук, проф.*,ІВЧЕНКО Ю. В.<sup>2</sup>, *канд. техн. наук*,КУПНЄВИЧ Л. В.<sup>3</sup>, *інж.*,КАРАСІК І. В.<sup>4</sup>, *здоб.*

<sup>1\*</sup> Кафедра металевих, дерев'яних і пластмасових конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-61, e-mail: [evg.egorov@ukr.net](mailto:evg.egorov@ukr.net), ORCID ID: 0000-0001-7199-192X

<sup>2</sup> Кафедра металевих, дерев'яних і пластмасових конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-61, e-mail: [ivchenko.yuliia@pgasa.dp.ua](mailto:ivchenko.yuliia@pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0002-1318-991X

<sup>3</sup> Кафедра металевих, дерев'яних і пластмасових конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-61, e-mail: [mwp.constr@pgasa.dp.ua](mailto:mwp.constr@pgasa.dp.ua)

<sup>4</sup> Кафедра металевих, дерев'яних і пластмасових конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-61, e-mail: [mwp.constr@pgasa.dp.ua](mailto:mwp.constr@pgasa.dp.ua)

**Анотація.** *Постановка проблеми.* Метал як матеріал із високими властивостями міцності дуже широко використовується в будівництві. Але процеси його виробництва пов'язані з великими енергозатратами і наявність його в державі може суттєво коливатися. Тому використання цього матеріалу завжди повинно здійснюватися тільки вразі серйозного обґрунтування. На даний час в Україні тимчасово склалася ситуація, коли, з одного боку, виробництво металу різко знизлося, з іншого ж – потреби його в будівництві суттєво виросли. *Мета статті* – показати деякі шляхи суттєвого зменшення витрат металу з одночасним забезпеченням достатнього рівня надійності на прикладі сталевих резервуарів для зберігання нафти та нафтопродуктів. Всі пропозиції авторів ґрунтуються на численних результатах натурних обстежень резервуарів, які перебували в експлуатації по 20...30 років і більше. У статті наводяться приклади ефективного використання металу під час відновлення старих і частково зруйнованих цивільних, в тому числі житлових, будівель, виконаних із цегли та залізобетону. Розглядаються деякі пропозиції щодо швидкого масового будівництва житла, що також наразі дуже актуально і так само як і при відновленні будівель, потребує використання металу. *Висновки.* Ситуація, яка склалася на цей час в нашій країні, характеризується збільшенням попиту на метал, з одного боку, та одночасним зменшенням його виробництва, з іншого. Це потребує залучення всіх можливостей до більш ефективного використання металу в будівельних конструкціях, а саме: ширшого застосування тонкостінних конструкцій, застосування ефективних профілів прокату, переосмислення і коригування нормативних документів, у яких закладені необґрунтовані витрати металу.

**Ключові слова:** *метал; сталеві резервуари; нормативні вимоги; швидке будівництво; блок-модулі*

## SOME FEATURES OF USING STEEL WHEN RENOVATION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

YEHOROV Yev.A.<sup>1\*</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,IVCHENKO Yu.V.<sup>2</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,KUPNIEVYCH L.V.<sup>3</sup>, *Eng.*,KARASIK I.V.<sup>4</sup>, *External Cand.*

<sup>1\*</sup> Department of Metal, Wooden and Plastic Structures, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-61, e-mail: [evg.egorov@ukr.net](mailto:evg.egorov@ukr.net), ORCID ID: 0000-0001-7199-192X

<sup>2</sup> Department of Metal, Wooden and Plastic Structures, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-61, e-mail: [ivchenko.yuliia@pgasa.dp.ua](mailto:ivchenko.yuliia@pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0002-1318-991X

<sup>3</sup> Department of Metal, Wooden and Plastic Structures, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-61, e-mail: [mwp.constr@pgasa.dp.ua](mailto:mwp.constr@pgasa.dp.ua)

<sup>4</sup> Department of Metal, Wooden and Plastic Structures, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-61, e-mail: [mwp.constr@pgasa.dp.ua](mailto:mwp.constr@pgasa.dp.ua)

**Abstract. Problem statement.** Steel as a material with high strength properties is very widely used in construction. But its production processes are associated with high energy consumption, and its availability in the country can vary significantly. The use of this material should always be seriously substantiated. Ukraine is currently in a temporary situation when, on the one hand, metal production has fallen sharply, while, on the other hand, in construction its needs have increased significantly. **Purpose of the article.** Firstly, the authors show some ways of significantly reducing metal consumption while providing a sufficient level of reliability by using the example of steel tanks for storing oil and petroleum products. All the authors' proposals are based on numerous data of tanks field inspections that have been in operation for 20...30 years or more. Secondly, the article gives examples of steel effective use in the renovation of old and partially destroyed civilian buildings made of brick and reinforced concrete. Some proposals for the fast mass construction of housing are considered, which is also very relevant today, and also, as in the buildings renovation, requires the steel costs. **Conclusions.** Today in Ukraine the demand for steel has increased, on the one hand, and at the same time, its production has decreased. This requires the involvement of all opportunities for more efficient use of steel in building structures, namely: the wider use of thin-walled structures, the use of effective rolled profiles, comprehension and adjusting regulations, which unreasonable steel costs are included.

**Keywords:** *steel; steel tanks; regulatory requirements; fast construction; block-modules*

**Постановка проблеми.** Використання металу в будівельних конструкціях завжди вимагало певної аргументації стосовно економічної ефективності таких рішень. А це, у свою чергу, безпосередньо залежить від загального обсягу виготовлення металу вітчизняними виробниками. Слід зазначити, що, якщо наприкінці 1990-х і на початку 2000-х років наша металургійна промисловість виробляла від 32,0 до 40,0 млн т сталі, то у 2021 році цей показник знизився до 21,4 млн т, тобто приблизно в 1,5...2,0 рази. А зараз через цілу низку причин можна очікувати, що такі показники понизяться ще більше. В той же час, через ті ж самі причини потреби металу, безперечно, значно виростуть. Саме тому ця стаття присвячена розгляду основних напрямків, де використання металу може виявитися вкрай актуальним, а також пропозиціям, які дозволять зробити це використання більш ефективним.

Звичайно, що головний напрямок підвищення обсягів використання металу може бути пов'язаний з відновленням технічного стану будівель і споруд, які зазнали тих чи інших пошкоджень, і з побудовою нових цивільних та промислових об'єктів.

**Мета статті** – по-перше, показати деякі шляхи суттєвого зменшення витрат металу з одночасним забезпеченням достатнього рівня надійності на прикладі сталевих резервуарів для зберігання нафти та

нафтопродуктів. Всі пропозиції авторів ґрунтуються на численних результатах натурних обстежень резервуарів, які перебували в експлуатації по 20...30 років та більше. По-друге, навести приклади ефективного використання металу для відновлення старих і частково зруйнованих цивільних, в тому числі житлових, будівель, виконаних із цегли та залізобетону. Розглядаються деякі пропозиції щодо швидкого масового будівництва житла, що також наразі дуже актуально і так само, як і для відновлення будівель, потребує використання металу.

**Відновлення та будівництво нових сталевих резервуарів.** Кафедра металевих і дерев'яних конструкцій ПДАБА активно займалася і продовжує займатися широким колом питань, пов'язаних із розрахунками, проектуванням (зокрема, розробленням проектів із підсилення цих споруд з метою підвищення їх несної здатності) та моніторингом технічного стану сталевих вертикальних циліндричних резервуарів [1–4], тобто найбільш поширених споруд для зберігання нафти та нафтопродуктів.

Такі споруди характеризуються великими витратами металу на їх виготовлення. Це загальновідомий факт, який не потребує зайвих доказів. Багато таких споруд наразі виявилися серйозно пошкодженими, локально чи повністю зруйнованими. Крім того, можливі стратегічні зміни в питаннях забезпечення

нашої держави органічним паливом можуть висунути нові вимоги до будівництва нових резервуарних парків.

Відомо, що всі будівельні роботи, починаючи з проекту і закінчуючи здачею об'єкта в експлуатацію, повинні виконуватися за діючими нормативними документами. Щодо сталевих вертикальних циліндричних резервуарів такими документами на цей час є ВБН [5] та ДСТУ [6]. Слід одразу зазначити, що обидва ці документи були введені в дію в роки металургійного буму. Певно, тому за їх вимогами багато конструктивних та розрахункових параметрів було змінено в бік суттєвого збільшення витрат сталі на виготовлення резервуарів порівняно з проектами радянських часів. Але будь-яких серйозних технічних обґрунтувань для цього просто не було, і доцільність уведення таких змін до сьогодні залишається дуже спірною.

Це підтверджується, перш за все, багаторічним досвідом надійної в цілому експлуатації нафтових резервуарів, запроєктованих та виготовлених за радянськими нормами 1950–60 роки. Більш детальний аналіз таких показників виконали співробітники ПДАБА на основі численних результатів досліджень натурних резервуарів [7].

Мова йде про те, що зараз за вимогами [5] товщина настилу покрівлі сталевих нафтових резервуарів повинна бути не менше 4,0 мм. Товщина листів днища резервуарів повинна складати не менше 6,0 мм, а для рулонованих днищ діаметром до 25 м мінімальна товщина днища повинна прийматися не менше 5 мм. Мінімум припустимі товщини листів циліндричної стінки для резервуарів діаметром до 15,0 м повинні бути не менше 5,0 мм.

Для порівняння із цими даними можна поставити результати, одержані ПДАБА, які свідчать що в радянські часи тисячі резервуарів місткістю до 5 000 м<sup>3</sup> (діаметр 22,8 м) включно мали товщину настилу покрівлі 2,5 мм і довговічність таких покрівель складала не менше 25...30 років. Днища таких резервуарів при товщині

4,0 мм мали довговічність 20...25 років. А листи циліндричної стінки товщиною 4,0 мм мали довговічність 30...35 років і більше. За сьогоднішньою ситуацією такі показники можна вважати цілком прийнятними.

За згаданим вище ВБН [5] були змінені і деякі розрахункові параметри та формули. Так, наприклад, формула для обчислення потрібного розрахункового значення товщини циліндричної стінки резервуарів:

$$t = N / \gamma_c R_{wy} + C_1 + C_2, \quad (1)$$

де  $t$  – розрахункова товщина стінки резервуара;  $N$  – розрахункове кільцеве розтягувальне зусилля в стінці;  $\gamma_c$  – коефіцієнт умов роботи стінки резервуара;  $R_{wy}$  – розрахунковий опір стикових зварних з'єднань;  $C_1$  – припуск на корозію, що приймається за технічним завданням;  $C_2$  – мінусове граничне відхилення товщини сталі, що приймається за відповідними нормативно-технічними документами на прокат.

У цій формулі були змінені коефіцієнти умови роботи  $\gamma_c$  для поясів циліндричної стінки резервуарів. А саме, для нижнього поясу замість  $\gamma_c = 0,7$  було прийнято  $\gamma_c = 0,6$ , а для всіх інших поясів замість  $\gamma_c = 0,8$  прийнято  $\gamma_c = 0,7$ . Із формули (1) виходить, що це прямим чином впливає на значення  $t$  – товщину циліндричної стінки резервуара. Крім цього, у саму формулу (1) були додані припуск на корозію  $C_1$  та можливий мінусовий допуск на прокат  $C_2$ .

При цьому призначення конкретних значень, особливо  $C_1$ , фактично покинуто на призволяще. Що ж до мінусового допуску  $C_2$ , слід зазначити, що таким чином відбувається подвійне його врахування, оскільки така ж процедура здійснюється і при визначенні  $R_y$  (розрахунковий опір сталі), див. п. 7.2 ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проектування» [7], а, значить, автоматично це переноситься і на  $R_{wy}$  (розрахунковий опір зварного з'єднання).

Стосовно зазначених вище розрахункових змін можна навести показники надійності, які були обчислені за

результатами натурних обстежень резервуарів, виготовлених ще до всіх вищезгаданих змін (табл.).

За наведеними даними виходить, що, по-перше, всі резервуари із вказаною в таблиці товщиною поясів зберігають достатній рівень надійності впродовж 30 років експлуатації. І, по-друге, пояси товщиною 4,0 мм також мають високий рівень надійності в резервуарах місткістю до 1 000 м<sup>3</sup> включно.

Цілком можливе і деяке пом'якшення до марок сталі, які могли б застосовуватися для виготовлення конструкцій резервуарів. Так,

для листів центральної частини днищ, а також для настилу покрівель резервуарів до 5 000 м<sup>3</sup> цілком допустимо було б використання сталі СтЗкп2 (С235).

Із цього приводу достатньо зауважити, що в радянські часи із цієї сталі виготовляли не тільки такі суто огорожувальні елементи (днища та покрівлі), а і пояси циліндричної стінки резервуарів, які являють собою головні несні елементи. І більшість таких резервуарів (місткістю до 5 000 м<sup>3</sup>) безвідмовно експлуатувалися 20–25 років та більше.

Таблиця

**Ймовірність виконання умови міцності поясів циліндричної стінки сталевих резервуарів**

№ п/п	Місткість резервуара, м <sup>3</sup>	№ поясів	$t_n$ , мм	$p(\tau)_{i0}$	$p(\tau)_{i0}^*$	$p(\tau)_i$			
						Термін експлуатації, років			
						10	20	30	40
1	1 000 ( $H_{cm} = 8,94$ м)	I	5	1	1	1	0.999	0.997	0.992
		II	4	1	1	1	1	1	0.998
3	2 000	I	6	1	1	0.990	0.970	0.91	0.81
		II	5	1	1	1	0.997	0.98	0.93
		III	4	1	1	0.997	0.96	0.86	0.71
4	3 000	I	8	1	1	0.998	0.99	0.97	0.93
		II	6	1	1	1	0.997	0.99	0.91
		III	5	1	1	1	0.99	0.93	0.80
5	5 000 ( $H_{cm} = 11,92$ м)	I	10	1	1	1	0.998	0.99	0.98
		II	8	1	1	1	1	1	0.997
		III	7	1	1	1	1	1	0.997
		IV	6	1	1	1	1	0.999	0.993

Що стосується безпосередньо робіт із відновлення резервуарів, тут основні принципи їх виконання залишаються добре випробуваними багатьма нашими вітчизняними спеціалістами. Зокрема, ПДАБА (кафедра металевих конструкцій) виконує проекти підсилення вертикальних та горизонтальних резервуарів із метою відновлення їх міцності та стійкості, а також нарощування вертикальних резервуарів для підвищення їх місткості.

Урахування всіх вищенаведених пропозицій дозволило б суттєво зменшити витрати металу і вартість робіт, пов'язаних із відновленням ушкоджених і зведенням нових резервуарів для зберігання нафти та нафтопродуктів.

Тепер щодо інших напрямків, актуальність яких різко зросла внаслідок

масових руйнувань цивільних будівель, що мали місце останнім часом.

**Відновлення частково зруйнованих цивільних будівель.** Аналіз наявних даних свідчить, що в багатьох випадках руйнування будівель має локальний характер і певна частина з них може бути відновлена зі збереженням конструкцій, які залишилися не пошкодженими.

Практично всі без винятку цивільні будівлі виконані із цегли або залізобетону, зокрема, із залізобетонних блоків або панелей. Під час відновлення прорізи в будівлях, що утворилися в результаті руйнувань, доцільно було б заповнити вставками, в яких цегляна кладка здійснюється в обоймі металевого каркаса (своєрідні фахверкові стійки та ригелі), який поширюється і на певні, прилеглі до

зруйнованих, ділянки цегляних або залізобетонних конструкцій будівлі.



*Рис. 1. Установлення бандажів для відновлення міцності*



*Рис. 2. Установлення кільцевих ребер жорсткості для забезпечення стійкості*



*Рис. 3. Нарощування резервуарів для підвищення місткості*



Рис. 4. Підсилення нижньої частини горизонтального резервуара

Із застосуванням такого рішення будівля може стати не тільки суто відновленою, а і більш жорсткою, ніж до руйнування. Всі проблеми з «містками холоду» та низькою вогнестійкістю вирішуються, бо на сьогодні запропоновано і застосовується в практиці будівництва багато варіантів різних конструктивних рішень, спрямованих на усунення цих недоліків.

У деяких випадках можуть застосовуватися інші види підсилення, але, знову-таки, з використанням металевих конструкцій.

#### Швидке масове будівництво житла.

На сьогоднішній день у цій сфері пропонуються багаточисельні технології швидкого зведення блок-модульних будинків. Самі блоки у більшості інженерних рішень представляють собою легкий каркас з металу або дерева (рис. 7).

Огороджувальні конструкції виконуються із сандвіч-панелей або з профільованого листа. Панелі з металевою оболонкою, за рахунок своєї міцності, приймають на себе частину навантаження, тому дозволяють збільшити крок стійок. Але при цьому виникає необхідність у залученні вантажопідйомної техніки і кваліфікованих працівників, які володіють складною технікою монтажу.

Привабливими виглядають пропозиції деяких зарубіжних фірм щодо блок-модулів із металевим каркасом і заповненням із застосуванням склопакетів та тих же сандвіч-панелей (рис. 8). Це дозволяє уникнути виконання на об'єкті «мокрих» будівельних та оздоблювальних робіт, і скоротити термін монтажу будинку на 100 м<sup>2</sup> загальної площі до 2...3 днів.

Вартість такого житла загальною площею 100 м<sup>2</sup> складає приблизно 16 тис. доларів.

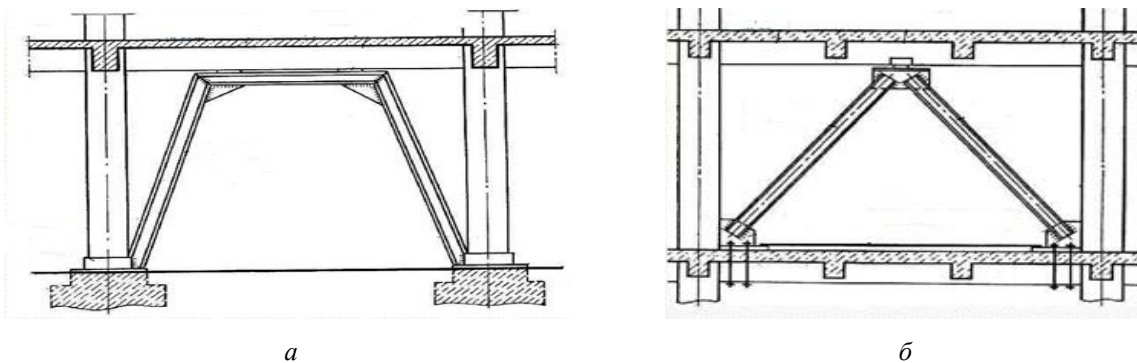
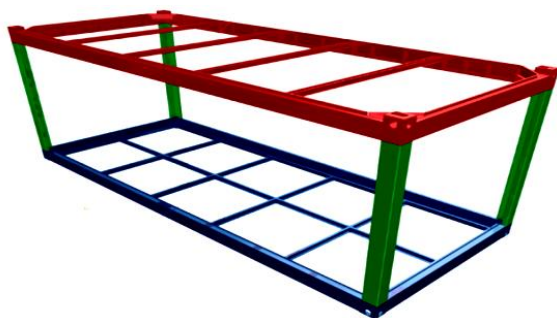


Рис. 5. Підсилення із збільшенням несної здатності залізобетонного ригеля:  
а – за допомогою сталевих порталів; б – за допомогою підкосів





Рис. 6. Підсилення цегляної будівлі напруженими металевими бандажми (можуть встановлюватися як зовні, так і всередині)



а



б

Рис. 7. Каркаси блок-модулів: а – з металопрокату; б – з легких сталевих тонкостінних конструкцій



а



б

Рис. 8. Блок-модулі із застосуванням склопакетів

**Висновки.** Ситуація, яка склалася наразі в нашій країні, характеризується збільшенням попиту на метал, з одного боку, та одночасним зменшенням його виробництва, з іншого. Це потребує залучення всіх можливостей до більш ефективного використання металу в будівельних конструкціях, а саме:

- більш широкого застосування тонкостінних конструкцій;
- застосування сталей підвищеної міцності;
- переосмислення і коригування нормативних документів, в яких закладені необґрунтовані витрати металу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Єгоров Є. А., Ісмагулов Б. Г., Вахрушев В. В. Збільшення терміну експлуатації нафтових резервуарів у результаті їх реконструкції. *Нафтова і газова промисловість*. 2002. № 1. С. 47–49.
2. Єгоров Є. А. Визначення безпечного рівня навантаження нафтових резервуарів. *Нафтова і газова промисловість*. 2002. № 2. С. 49–51.
3. Єгоров Є. А., Білоконь А. І., Дяченко Л. М. Анализ изменения физического состояния стальных резервуаров для нефтепродуктов на различных этапах жизненного цикла сооружения. *Экономика, менеджмент, управление проектами, организация*. Днепропетровск : Наука и образование, 2003. Вып. 3. С. 259–264.
4. Єгоров Е. А., Исмагулов Б. Г., Федоряка Ю. В. Проблемы устойчивости стальных вертикальных цилиндрических резервуаров в задачах технической диагностики. *Вісник академії ПДАБА*. 2010. № 11. С. 19–28.
5. ВБН В.2.2-58.2-94. Резервуари вертикальні сталеві для зберігання нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа. *Відомчі будівельні норми України*. Київ : Держкомнафтогаз, 1994. 98 с.
6. ДСТУ Б В.2.6-183:2011. Резервуари вертикальні циліндричні сталеві для нафти та нафтопродуктів. Загальні технічні умови. Київ : Мінрегіон України, 2012. 77 с.
7. Єгоров Е. А. Исследования и методы расчетной оценки прочности, устойчивости и остаточного ресурса стальных резервуаров, находящихся в эксплуатации. Днепропетровск : Навчальна книга, 2002. 95 с.
8. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. Київ : Мінрегіон України, 2014. 199 с.

## REFERENCES

1. Yehorov Yev.A., Ismagulov B.G. and Vahrushev V.V. *Zbilshennya terminu ekspluatatsiyi naftovih rezervuariv u rezultati yih rekonstruktsiyi* [Increasing the service life of oil tanks as a result of their reconstruction]. *Naftova i gazova promislovisht* [Oil and gas industry]. 2002, iss. 1, pp. 47–49. (in Ukrainian).
2. Yehorov Yev.A. *Viznachennya bezpechnogo rivnya navantazhennya naftovih rezervuariv* [Determining the safe load level of oil tanks]. *Naftova i gazova promislovisht* [Oil and gas industry]. 2002, iss. 2, pp. 49–51. (in Ukrainian).
3. Yehorov Yev.A., Bilokon A.I. and Dyachenko L.M. *Analiz izmeneniya fizicheskogo sostoyaniya stalnyih rezervuarov dlya nefteproduktov na razlichnyih etapah zhiznennogo tsikla sooruzheniya* [Analysis of the change in the physical state of steel tanks for petroleum products at various stages of the structure life cycle]. *Ekonomika, menedzhment, upravlenie proektami, organizatsiya* [Economics, Management, Project Management, Organization]. Dnipropetrovsk : Science and Education Publ., 2003, iss. 3, pp. 259–264. (in Russian).
4. Yehorov Yev.A., Ismagulov B.G. and Fedoryaka Yu.V. *Problemyi ustoychivosti stalnyih vertikalnyih tsilindricheskikh rezervuarov v zadachah tehniczeskoy diagnostiki* [Problems of Stability of Steel Vertical Cylindrical Tanks in Problems of Technical Diagnostics]. *Visnik akademiyi PDABA* [Bulletin of the PSACEA]. 2010, iss. 11, pp. 19–28. (in Russian).
5. *VBN V2.2-58.2-94. Rezervuari vertikalni stalevi dlya zberigannya nafti i naftoproduktiv z tiskom nasichenih pariv ne vische 93,3 kPa* [Vertical steel tanks for storage of oil and oil products with saturated vapor pressure not exceeding 93,3 kPa]. *Vidomchi budivelni normi Ukrayini* [Departmental Building Codes of Ukraine]. Kyiv : State Committee for Oil and Gas, 1994, 98 p. (in Ukrainian).
6. *DSTU B V2.6-183:2011. Rezervuari vertikalni tsilindrichni stalevi dlya nafti ta naftoproduktiv. Zagalni tehniczni umovi* [Vertical cylindrical steel tanks for oil and oil products. General technical conditions]. Kyiv : Ministry of Regional Construction of Ukraine, 2012, 77 p. (in Ukrainian).
7. Yehorov Yev.A. *Issledovaniya i metodyi raschetnoy otsenki prochnosti, ustoychivosti i ostatochnogo resursa stalnyih rezervuarov, nahodyaschihsya v ekspluatatsii* [Research and methods for calculating the strength, stability and residual life of steel tanks in operation]. Dnipropetrovsk : Textbook, 2002, 95 p. (in Russian).
8. *DBN V.2.6-198:2014. Stalevi konstruktsiyi. Normi proektuvannya* [Steel structures. Design standards]. Kyiv : Ministry of Regional Construction of Ukraine, 2014, 199 p. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 28.05.2022.