



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
METAL CONSTRUCTIONS

2014, ТОМ 20, НОМЕР 3, 159–167

УДК 624.953

(14)-0315-2

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ УТОРНОГО ВУЗЛА ВЕРТИКАЛЬНОГО ЦИЛІНДРИЧНОГО РЕЗЕРВУАРА ПРИ РІЗНОМАНІТНИХ ТИПАХ КІНЦЕВО- ЕЛЕМЕНТНОЇ МОДЕЛІ

В. П. Мущанов, Д. І. Роменський, І. М. Гаранжа

*Донбасська національна академія будівництва і архітектури,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, Донецька область, Україна, 86123.
E-mail: rdi777@bk.ru*

Отримана 23 квітня 2014; прийнята 24 жовтня 2014.

Анотація. У статті розглянуті дослідження НДС уторного вузла вертикального циліндричного резервуара об'ємом 50 тис. м³. Дослідження проведені для резервуара з однією стінкою на жорсткій основі. Проаналізована відповідність напружено-деформованого стану уторного вузла вертикального циліндричного резервуара при різних типах кінцево-елементної моделі на жорсткій основі. До особливостей роботи уторного вузла слід віднести вплив різноманітних навантажень: статичних, динамічних, циклічних, відповідних до нормального режиму експлуатації. Навантаження від тиску рідини прийнято відповідним до нормальної експлуатації. Наведені і проаналізовані основні результати чисельних досліджень та отримана картина напружено-деформованого стану.

Ключові слова: резервуар з однієї стінкою, уторний вузол, напружено-деформований стан, крайовий ефект, чисельні дослідження.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ УТОРНОГО УЗЛА ВЕРТИКАЛЬНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕЗЕРВУАРА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ

В. Ф. Мущанов, Д. И. Роменский, И. М. Гаранжа

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
2, ул. Державина, г. Макеевка, Донецкая область, Украина, 86123.
E-mail: rdi777@bk.ru*

Получена 23 апреля 2014; принята 24 октября 2014.

Аннотация. В статье рассмотрены исследования НДС уторного узла вертикального цилиндрического резервуара объемом 50 тыс. м³. Исследования проведены для резервуара с одной стенкой на жестком основании. Проанализировано соответствие напряженно-деформированного состояния уторного узла вертикального цилиндрического резервуара при различных типах конечно-элементной модели на жестком основании. К особенностям работы уторного узла следует отнести влияние разнообразных нагрузок: статических, динамических, циклических, соответствующих нормальному режиму эксплуатации. Нагрузка от давления жидкости принята соответствующей нормальной эксплуатации. Приведены и проанализированы основные результаты численных исследований и получена картина напряженно-деформированного состояния.

Ключевые слова: резервуар с одной стенкой, уторный узел, напряженно-деформированное состояние, краевой эффект, численные исследования.

INVESTIGATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF UNIT JOINING WALLS TO THE BOTTOM VERTICAL CYLINDRICAL TANKS FOR DIFFERENT TYPES OF FINITE ELEMENT MODEL

Volodymyr Mushchanov, Denis Romensky, Igor Garanzha

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavina Str., Makiyivka, Donetsk Region, Ukraine, 86123.
E-mail: rdi777@bk.ru*

Received 23 April 2014; accepted 24 October 2014.

Abstract. The article describes the investigation of the stress-strain state of unit joining walls to the bottom vertical cylindrical tank of 50 thousand m³. Research has been carried out for the tank with a wall on a rigid base. The relevant of stress-strain state of unit joining walls to the bottom vertical cylindrical tanks for different types of finite element model on a rigid base has been analyzed. Features of the unit joining walls to the bottom should include the effect of various loads: static, dynamic, cyclic, corresponding to normal operation. The load on the pressure of the liquid has taken by appropriate normal operation. The main results of numerical studies and get a picture of the stress-strain state of unit joining walls to the bottom vertical cylindrical tank of 50 thousand m³ for different types of finite element model have been presented and analyzed.

Keywords: a tank with single wall, unit joining walls to the bottom, stress-strain state, edge effect, numerical studies.

Introduction

Presented in the paper materials are part of a range of works, conducted within the framework of research edge effects in the shells of membrane reservoir facilities for storage of liquid and bulk materials [1–3]. Thus, one of the most complex in the calculated plan is unit joining walls to the bottom of tank [4–9].

The main aim of the research is to develop a methodology for determining the adjusted indicators of stress-strain state and evaluation of bearing capacity unit joining walls to the bottom capacitive structures on the example metal tanks with single wall and tanks with a protective wall and reinforced concrete cylindrical silo with a metal funnel [10]. The results of studies [2] possible to establish the need to consider unit joining walls to the bottom vertical cylindrical tank a coarsening with the position of engineering calculation, because practice has shown, important that the stresses in the zone unit joining walls to the bottom after 2–3 plum filling cycle disappears through a small local fluidity (i.e. while maintaining the level of loading «wall adapts»).

In this context, the aim of this paper is to clarify the study of the stress-strain state unit joining walls to the bottom vertical cylindrical tank in different types of finite element model on a rigid base.

Numerical studies were conducted on the tank volume of 50 thousand m³ for the scheme with the rigid structural solution interface wall with the bottom.

For the tank volume of 50 thousand m³ constitute the main parameters: height of wall 18 meters, diameter – 60 meters, the wall thickness of the bottom chord – 30 millimeters [2, 3].

For numerical studies used a universal calculation complex SCAD version 7,31R5. For modeling of a finite element model used finite elements of plate type [11] size 25×25 centimeters and thickness 30 millimeters (fig. 1) [2]. For modeling of walls and bottom are used finite elements of plate type (triangular element of type 42; quadrangular element of type 44). The scheme of loading – the hydrostatic load and gravity load [12]. The load on the pressure of the liquid taken appropriate the normal operation.

For modeling of the model adopted by the enlarged spatial isoparametric finite elements (For wall and floor – 8-nodular of type 36, to weld – 6-nodular of type 34) (fig. 2). Base made tough.

In determining the stresses in the enlarged model sizes 2×2 meters consisting of volumetric elements square, height 50 millimeters, width 50 millimeters, thickness 10 millimeters (loads correspond meridional and ring stresses in the tank wall).

The calculation results at the junction wall with the bottom for the finite element model of plate type presented at figure 3.

The calculation results at the junction wall with the bottom for the finite element model of volume type presented at figure 4.

In order to summarize the data, the results of calculations in the area of unit joining walls to the bottom node for different types of finite element models are presented in figures 5–7:

Conclusions

Analysis meridional stress (σ_m) suggests that in place of the start suture affixed wall to the bottom,

the stresses in the volumetric element have greater value on the outer surface up to 13 % and minimal value on the inner surface up to 44 % compared with a plate member (fig. 5).

Analysis reduced stress (σ_r) suggests that in place of the start suture anchoring to the bottom wall, the stresses in the volumetric element have greater value on the outer surface up to 18 % and the inner surface up to 21 % compared with a plate member (fig. 6).

Analysis displacements at a height of 1 meter a finite element model of volumetric type smaller displacements in the finite element model of the plate type up to 17 % (fig. 7).

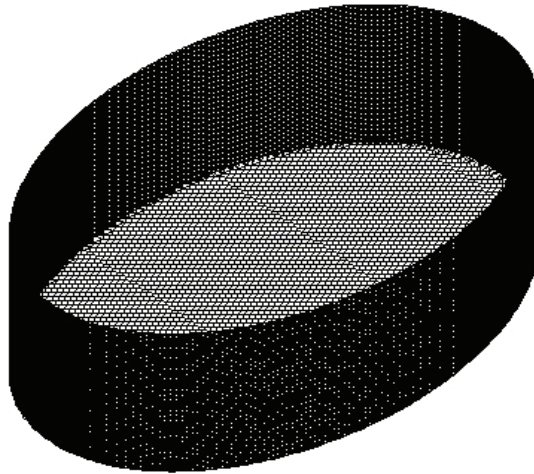


Figure 1. Design scheme of the tank is made of plate type elements.

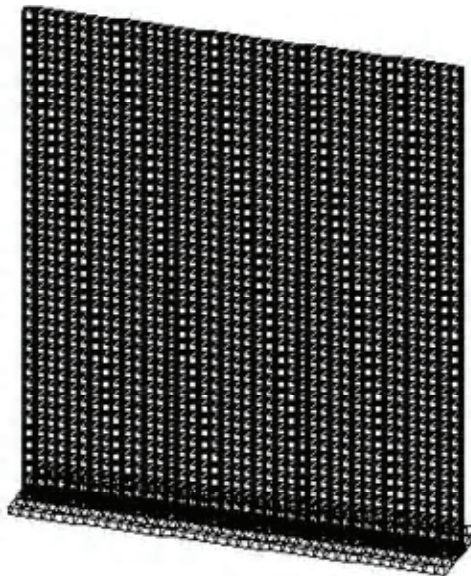
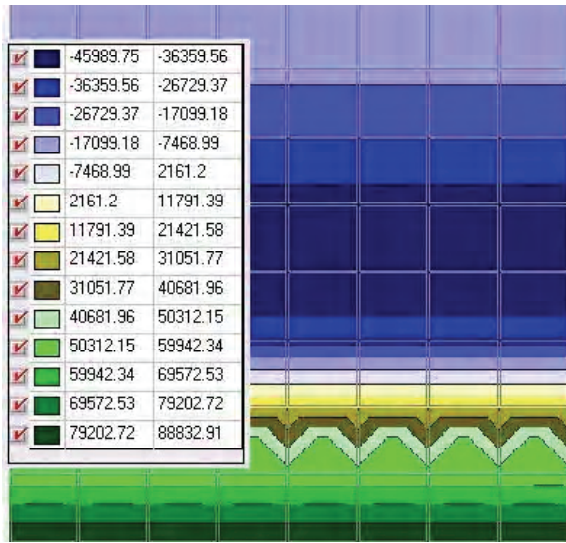
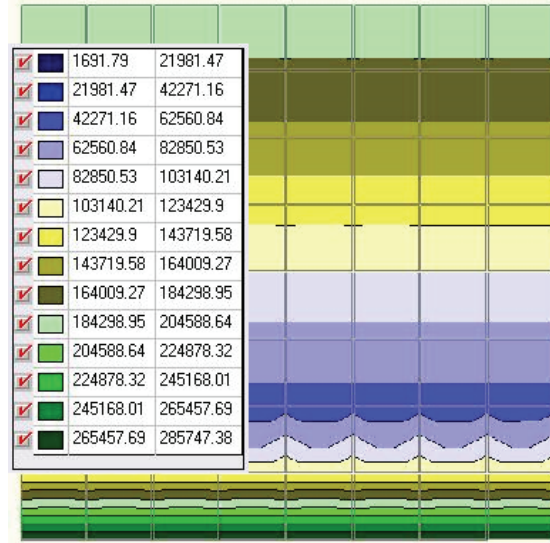


Figure 2. Design scheme enlarged model made of volumetric items.

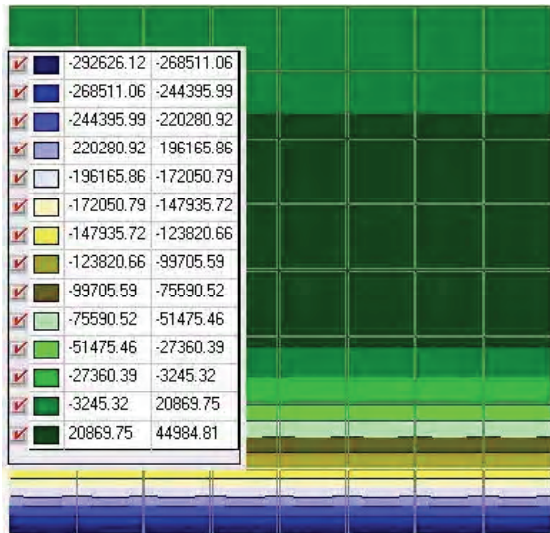
a)



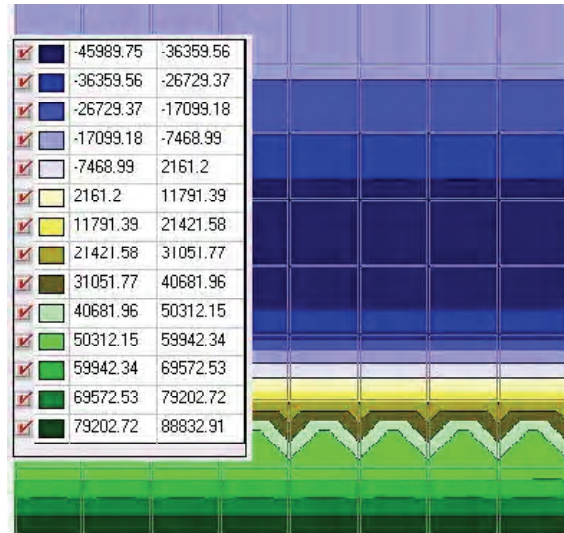
b)



c)



d)



e)

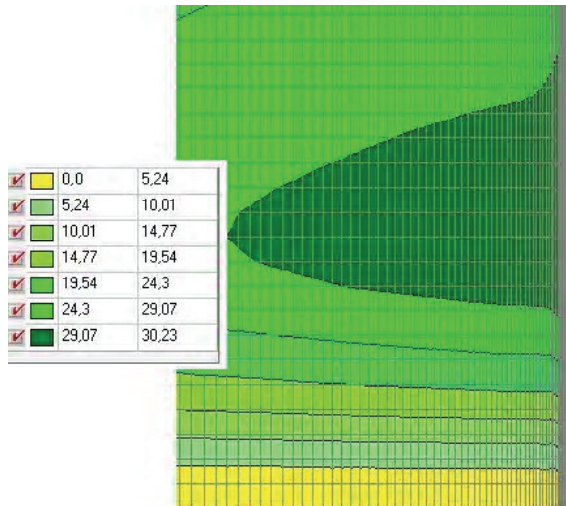


Figure 3. Results at the junction wall with the bottom for the finite element model plate type:

- a) the hoop stress on the outer surface (kN/m²);
- b) the hoop stress on the interior surface (kN/m²);
- c) meridional stress on the outer surface (kN/m²);
- d) meridional stress on the interior surface (kN/m²);
- e) moving the tank wall (millimeters).

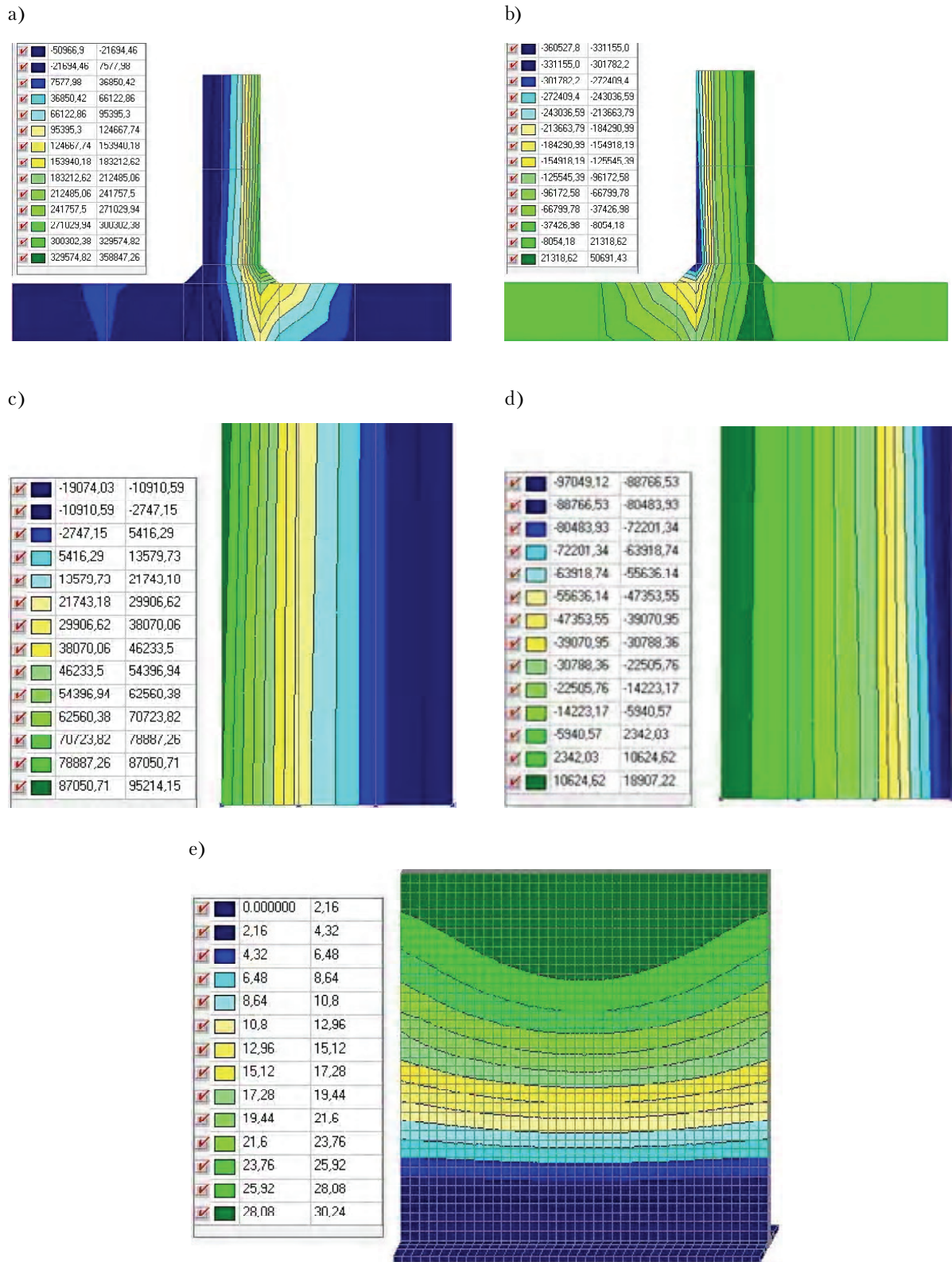


Figure 4. Results at the junction wall with the bottom for the finite element model volume type: a) the hoop stress in unit joining walls to the bottom (kN/m^2); b) meridional stress in unit joining walls to the bottom (kN/m^2); c) the hoop stress in the tank wall at a height of 1 meter (kN/m^2); d) meridional stress in the tank wall at a height of 1 meter (kN/m^2); e) moving the tank wall (millimeters).

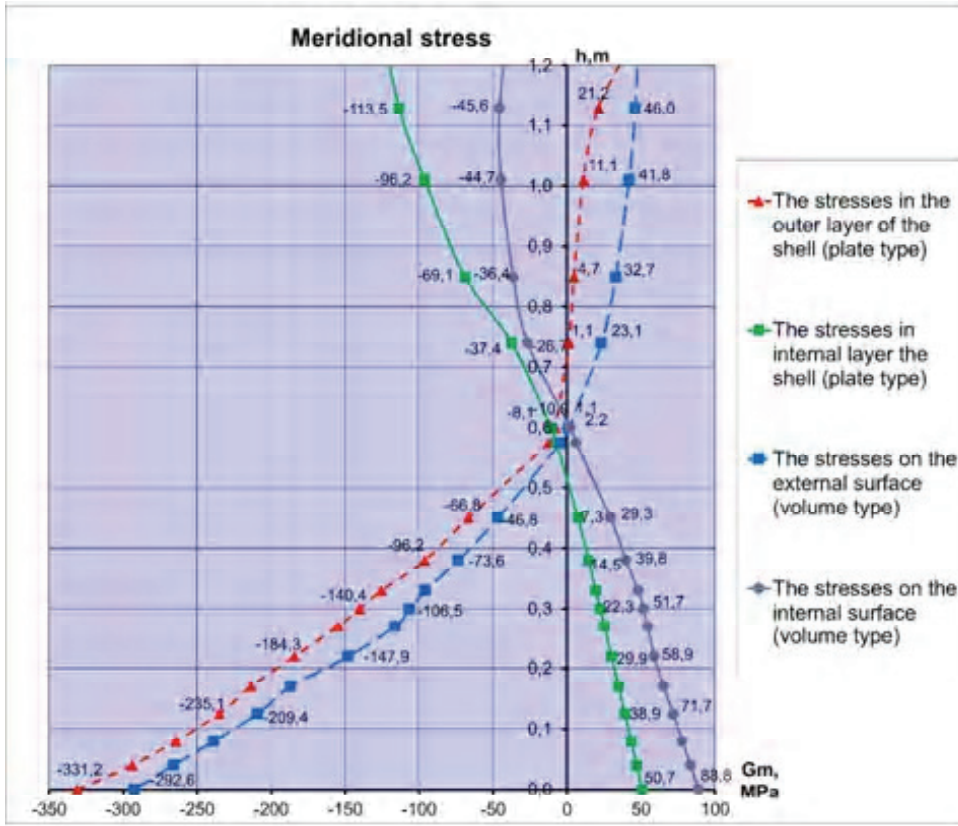


Figure 5. The values of the meridional stress (σ_m) for unit joining walls to the bottom VCT on a rigid base for the finite element model of plate type and a finite element model of volumetric type.

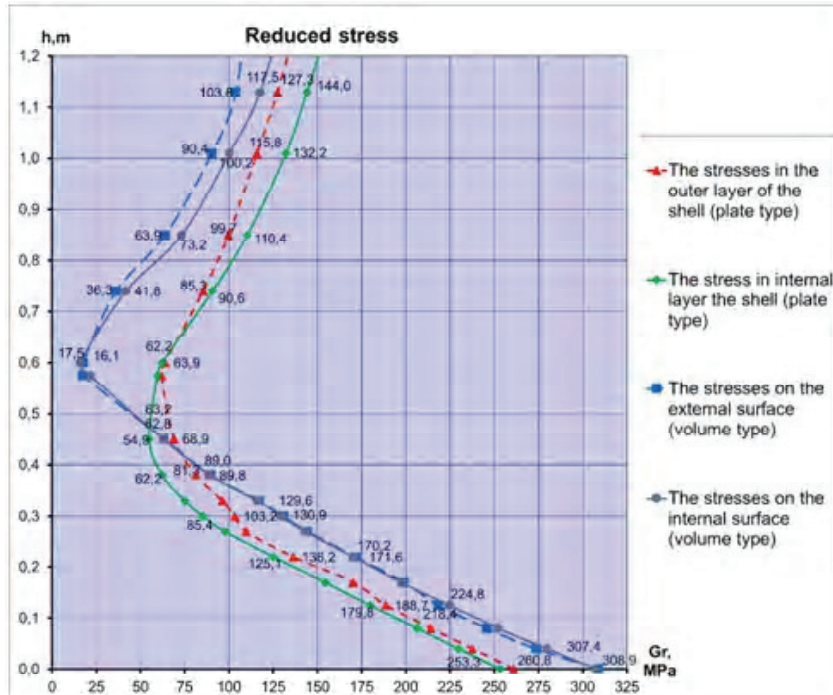


Figure 6. The values reduced stress (σ_r) for unit joining walls to the bottom VCT on a rigid base for the finite element model of plate type and a finite element model of volumetric type.

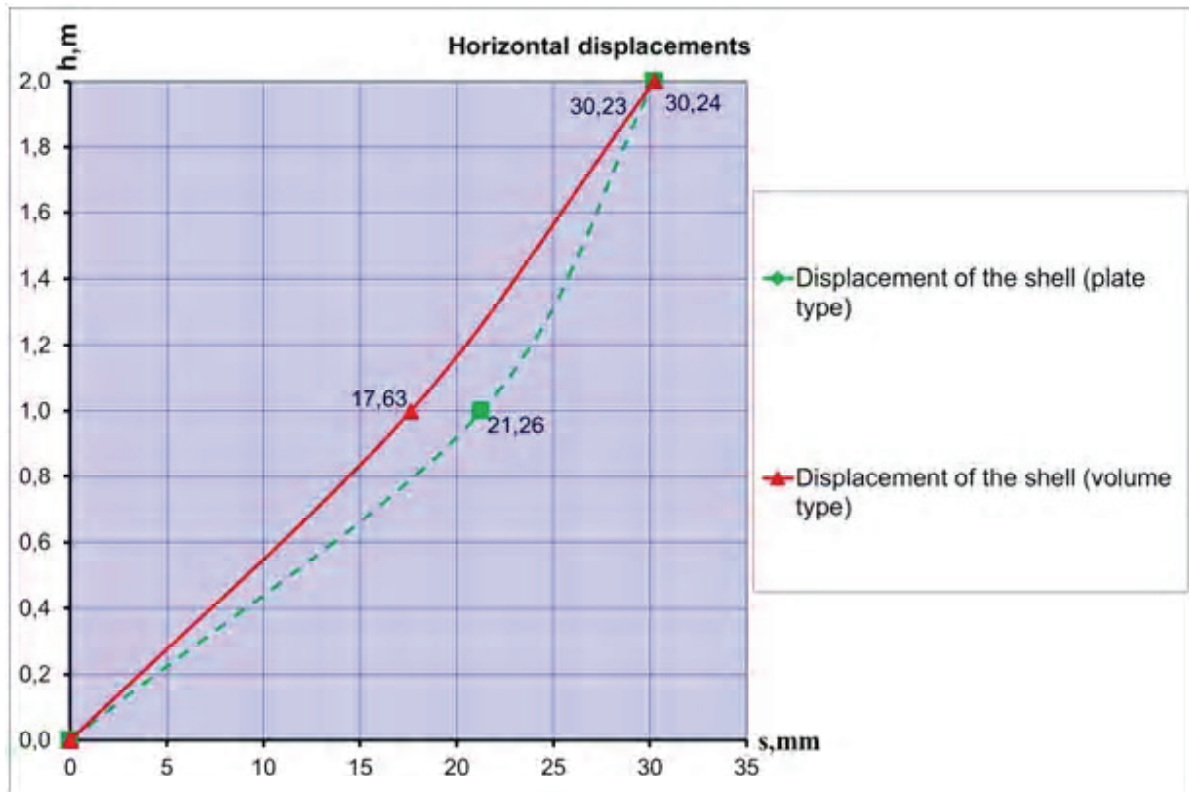


Figure 7. The values of horizontal displacements (s) for unit joining walls to the bottom VCT on a rigid base for the finite element model of plate type and a finite element model of volumetric type.

References

1. Мущанов, В. Ф. Проблемы совершенствования проектирования двухстенчатых резервуаров [Text] / В. Ф. Мущанов, И. В. Роменский, Д. И. Роменский // Металеві конструкції. – 2007. – Т. 13, № 1. – С. 51–64.
2. Роменский, Д. И. Краевые эффекты в безмоментных оболочках емкостных сооружений для хранения жидких и сыпучих материалов [Text] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / Д. И. Роменский ; Донбасская национальная академия строительства и архитектуры. – Макеевка, 2013. – 168 с.
3. Мущанов, В. Ф. Исследование напряженно-деформированного состояния уторного узла в вертикальных цилиндрических резервуарах объемом 10 000... 50 000 м³ [Text] / В. Ф. Мущанов, Д. И. Роменский // Металеві конструкції. – 2012. – Т. 18, №1. – С. 61–71.
4. ВБН В.2.2-58.2-94. Резервуары вертикальные стальные для хранения нефти и нефтепродуктов с давлением насыщенных паров не выше 93,3 кПа [Text]. – К. : Госкомнефтегаз, 1994. – 98 с.
5. Правила проектирования, изготовления и монтажа вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов (СТО-СА-03-002-2009) [Text]. – М. : Ростехэкспертиза, 2009. – 216 с.

References

1. Mushchanov, V. F.; Romensky, I. V.; Romensky, D. I. Problems of perfecting two-walled tank designing. In: *Metal Constructions*, 2007, Volume 13, Number 1, p. 51–64. (in Russian)
2. Romensky, D. I. Eberhard effect at membrane shells of capacitance structures, holding liquid and granular materials: Ph.D. thesis in Engineering Science: 05.23.01. Makiyivka, 2013. 168 p. (in Russian)
3. Mushchanov, Volodymyr; Romensky, Denis. Researches of the stress-strain state unit of connection of walls with the bottom in vertical cylindrical tanks in volume 10 000–50 000 m³. In: *Metal Constructions*, 2012, Volume 18, Number 1, p. 61–71. (in Russian)
4. VBN V.2.2-58.2-94. Vertical steel tanks, holding crude oil and refined products, having vapor pressure not above 93,3 kPa. Kyiv: Goskomneftegaz, 1994. 98 p. (in Russian)
5. Rules of design, manufacturing and assembling of vertical steel tanks, holding crude oil and refined products. (СТО-СА-03-002-2009). Moscow: Rosstekspertiza, 2009. 216 p. (in Russian)
6. Welded Steel Tanks for Oil Storage: API STANDARD 650. 11th Edition. Washington: American Petroleum Institute, 2007. 436 p.
7. Gorokhov, Ye. V.; Mushchanov, V. F.; Romensky, I. V. et al. Some particularities of calculation and design

6. Welded Steel Tanks for Oil Storage [Text] : API STANDARD 650. – 11th Edition. – Washington : American Petroleum Institute, 2007. – 436 p.
7. Некоторые особенности расчета и проектирования вертикальных цилиндрических резервуаров [Text] / Е. В. Горохов, В. Ф. Муцанов, И. В. Роменский [и др.] // Материалы Международной научно-практической конференции Строительство-2004 / Ростовский государственный строительный университет. – Ростов : РГСУ, 2004. – С. 46.
8. Листовые металлические конструкции [Text] / [авт. кол.: Е. Н. Лессиг, А. Ф. Лилеев, А. Г. Соколов и др.]. – Москва : Стройиздат, 1970. – 488 с.
9. Goboy, L. A. Localized support settlements of thin-walled storage tanks [Text] / L. A. Goboy, E. M. Sosa // *Thin-Walled Structures*. – 2003. – V. 27, № 3. – P. 941–955.
10. Pircher, Martin. The influence of circumferential weld-induced imperfections on the buckling of silos and tanks [Text] / Martin Pircher, Russell Bridge // *Journal of Constructional Steel Research*. – 2001. – 57. – P. 569–580.
11. Bakker, M. C. M. The finite element method for thin-walled members-basic principles [Text] / M. C. M. Bakker, T. Pekoz // *Thin-Walled Structures*. – 2003. – 41. – P. 179–189.
12. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування [Text]. – Замість СНиП 2.01.07-85 ; надано чинності 2007–01–01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 61 с. – (Державні будівельні норми).
- of vertical steel tanks. In: *Materials of International Research-to-Practice Conference. Civil Engineering*, 2004. Rostov: RSSEU, 2004, p. 46. (in Russian)
8. Lessig, E. N.; Lileev, A. F.; Sokolov, A. G. et al. Sheet steel structures. Moscow: Stroizdat, 1970. 488 p. (in Russian)
9. Goboy, L. A.; Sosa, E. M. Localized support settlements of thin-walled storage tanks. In: *Thin-Walled Structures*, 2003, V. 27, № 3, p. 941–955.
10. Pircher, Martin; Bridge, Russell. The influence of circumferential weld-induced imperfections on the buckling of silos and tanks. In: *Journal of Constructional Steel Research*, 2001, 57, p. 569–580.
11. Bakker, M. C. M.; Pekoz, T. The finite element method for thin-walled members-basic principles. In: *Thin-Walled Structures*, 2003, 41, p. 179–189.
12. DBN V.1.2-2:2006. National Structural Rules and Regulations. The system of reliability and safety provision of construction projects. Loads and effects. Kyiv: Minbud of Ukraine, 2006. 61 p. (in Ukrainian)

Муцанов Владимир Филиппович – д. т. н., профессор, заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики, проректор по научной работе Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Член международной организации «Институт гражданских инженеров» и международной ассоциации «Пространственные конструкции», академик Украинской академии наук, Академии строительства Украины, член-корреспондент Академии архитектуры Украины. Научные интересы: теория надежности, расчет, проектирование и техническая диагностика пространственных металлических конструкций.

Роменский Денис Игоревич – к. т. н., доцент кафедры теоретической и прикладной механики Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: напряженно-деформированное состояние конструкций уторных узлов емкостных сооружений, расчет, проектирование и техническая диагностика пространственных металлических конструкций.

Гаранжа Игорь Михайлович – к. т. н., доцент кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: изучение действительной работы металлических решетчатых, многогранных листовых и трубобетонных опор воздушных линий электропередачи (ВЛ). Создание новых конструктивных решений опор ВЛ с применением прогрессивных технологий и материалов.

Муцанов Володимир Пилипович – д. т. н., професор, завідувач кафедри теоретичної і прикладної механіки, проректор з наукової роботи Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Член міжнародної організації «Інститут цивільних інженерів» та міжнародної асоціації «Просторові конструкції», академік Української Академії наук, Академії будівництва України, член-кореспондент Академії архітектури України. Наукові інтереси: теорія надійності, розрахунок, проектування та технічна діагностика просторових металевих конструкцій.

Роменський Денис Ігоревич – к. т. н., доцент кафедри теоретичної і прикладної механіки Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: напружено-деформований стан конструкцій уторних вузлів ємнісних споруд, розрахунок, проектування та технічна діагностика просторових металевих конструкцій.

Гаранжа Ігор Михайлович – к. т. н., доцент кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: вивчення дійсної роботи металевих ґратчастих, багатограних листових і трубобетонних опор повітряних ліній електропередавання (ПЛ). Створення нових конструктивних рішень опор ВЛ із застосуванням прогресивних технологій і матеріалів.

Mushchanov Volodymyr – DSc (Eng.), Professor; Head of the Theoretical and Applied Mechanics Department, vice-rector on the scientific activity of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. A member of the international organization «Institute of Civil Engineer» and international organization of «Spatial Structures», academician of the Ukrainian Academy of Science and Ukrainian Building Academy, Corresponding Member of Ukrainian Academy of Architecture. The academician of the Engineering Academy in Ukraine. His research interests include the reliability theory, analyses, designing and engineering diagnostics of spatial metal structures.

Romensky Denis – Ph.D., Associated Professor; Theoretical and Applied Mechanics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: stress-strain state of structures unit joining walls to the bottom capacitive structures, calculation, designing and engineering diagnostics of spatial metal structures.

Garanzha Igor – Ph.D., Associated Professor, Steel Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying of the valid work steel trellised, polygonal and composite supports of overhead power lines (OHPL). Creation new constructive decisions of OHPL supports with application progressive technologies and materials.