

UDC 621.77

## ANALYSIS OF THE EFFECT OF HORIZONTAL TIES ON THE DEFORMABILITY OF THE BOTTOM OF THE FLOATING POOL

Mykhailo Hud; Nataliya Chornomaz; Viktoriia Ihnatieva; Ihor Koval

*Ternopil Ivan Puluji National Technical University, Ternopil, Ukraine*

**Summary.** The paper analyzes the effect of the location of horizontal ties on the deformability of the bottom of the floating pool. The bottom of the pool is a spatial structure, which is made up of trusses connected between the goiter with the help of spacers and ties (elms). The shape and dimensions of the cross-sections for the racks, braces and girders of the trusses have been determined. Two schemes for placement of horizontal ties are proposed. Using the finite element method based on a computer simulation experiment, the influence of the location of horizontal ties on the deformability of the pool bottom was investigated. Numerical values of deflections were calculated for different schemes of arrangement of elms. The optimal layout of connections, which ensures minimal deflections of the bottom, has been identified. The nature and features of the deformation of the bottom of the pool with two schemes for the location of the elms were determined.

**Key words:** floating pool, horizontal ties, deflections.

[https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu2022.02.133](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2022.02.133)

Received 29.03.2022

**Statement of the problem.** Floating pools are specific types of constructions which are acted upon only by forces of their own weight during its transportation and assembling. In the process of usage, the pool is partially immersing into reservoir and stays in equilibrium state, as the mass of the water inside of it and the mass of bearing structure of the pool bowl are completely compensated by Archimedes' force.

The most critical operation mode of the floating pool is the period when ready-to-use metal pool bowl without water is transferred by the mounting crane to its permanent location. At that time the metal pool bowl is acted upon by a set of forces caused by the own weight of the pool bowl, installed of the bowl inside equipment and decoration materials.

It is the reason why the accuracy of calculation and ensuring the sufficient bottom toughness becomes essential taking into account the significant final price of the construction.

**Analysis of available investigations.** In the literature, the studies are known, dealing with simulation of stress-strain state of long-span structures [1–4]. In [5], a significant range of information for designing metal constructions of various type and purposes is given. The latest researches [6] show that one of the most efficient technologies for solving the problems of estimation of deformability of spatial long-span structures with the use of finite-element system of simulation for modelling the strength problems and mathematical physics is 'LIRA' software. These works relate to studies of structures that are largely used in industrial facilities. However, the specifics of the application of such structures differ from individually designed structures, the constructive solutions of which are developed in each individual case.

**The purpose of the research** is the numerical evaluation of the influence of horizontal ties for deformability of the bottom of the floating pool bowl. This objective is determined by the necessity of solving the problems of deformability of the bottom of the floating pool bowl.

**Statement of purpose.** Using the Finite Element Method (FEM), to investigate the influence of the scheme and location of horizontal ties on deformability of the bottom of the floating pool bowl.

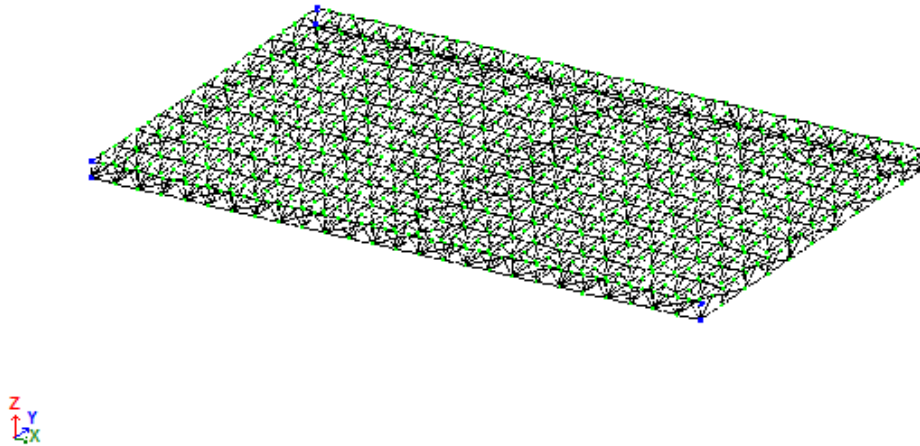
**Modelling of the bottom of the floating pool bowl.** For numerical calculation, the domestic software package LIRA which operates with FEM was applied. To determine the

deformability of the bottom, a rod model was constructed (Fig. 1), based on which all the necessary calculations were conducted.

In Cartesian coordinates, the finite element rod of the pool bottom with dimensions 25x10 m was constructed, which corresponds to the actual size of construction.

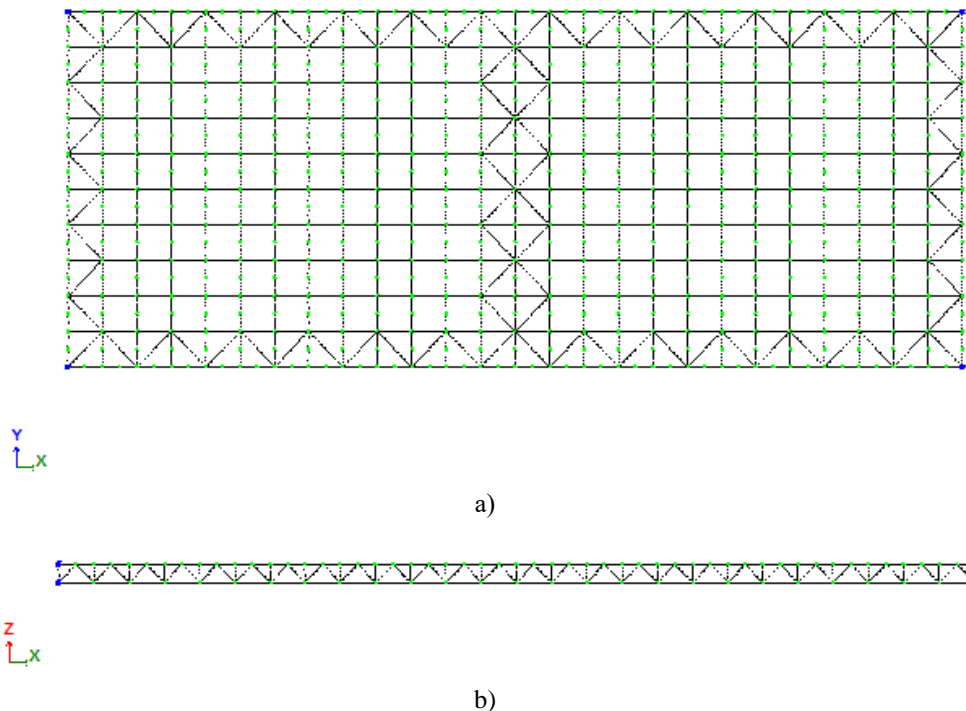
The main construction element are trusses located with the step of 1 m and tied together with spacers and horizontal and vertical ties thus creating a spatial construction.

On the initial stage of calculation, it has been assumed that horizontal ties are placed on the edge and middle spans (Fig. 2 a) along the lower level of trusses; besides, the extra vertical ties are located in the end sections (Fig. 2 b) of the pool bottom. The spacers are placed along the upper and lower level of all trusses.



**Figure 1.** Finite-element model of the pool bottom

The pipe of rectangular cross-section is accepted as the basic one.

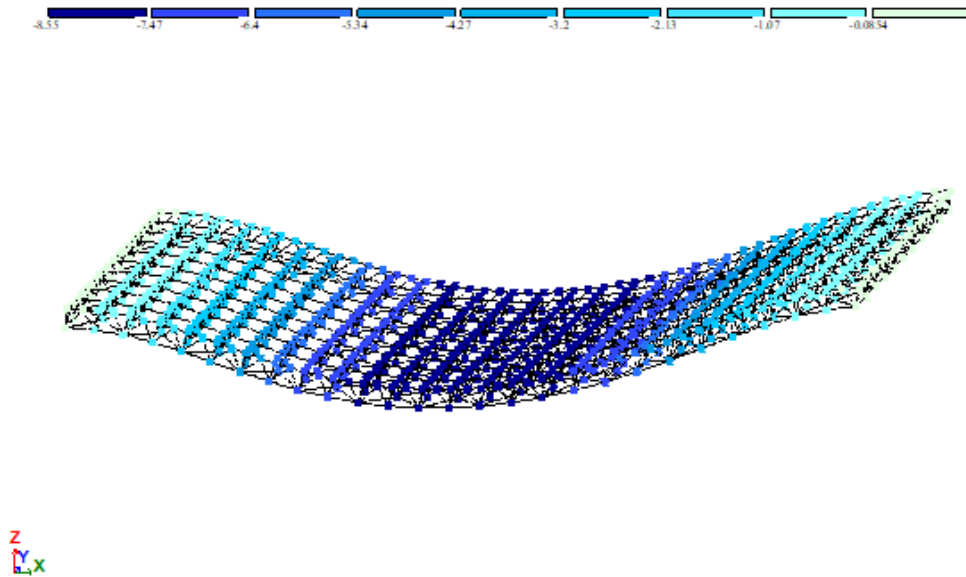


**Figure 2.** Scheme of placement of horizontal ties on the lower belt of trusses (a) and vertical ties in the edge areas (b)

The mechanical properties of the S235 steel were used in the simulation: Young's modulus  $E = 2.1 \times 10^5$  MPa; Poisson's ratio  $\nu = 0,3$ ;  $\rho = 7,8.104$  N/m<sup>3</sup>.

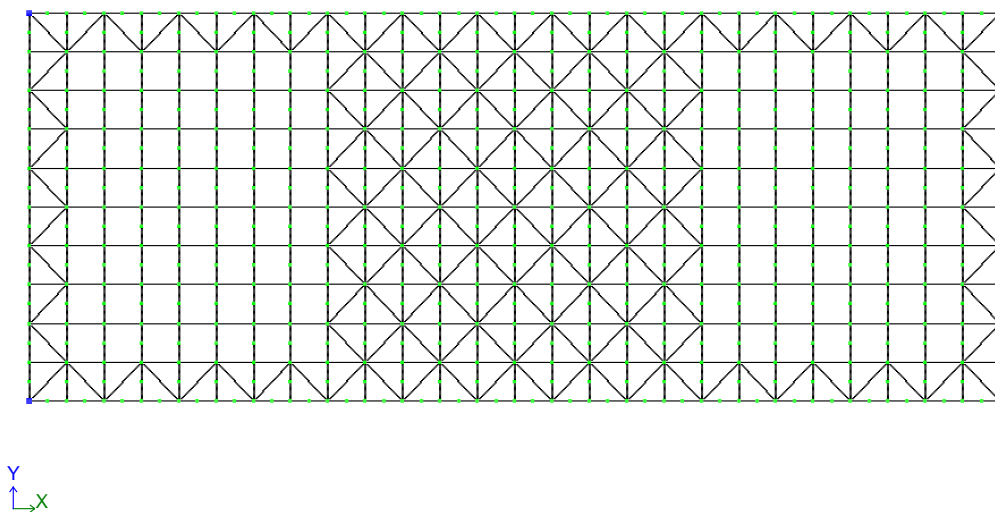
The short end sides of the pool bottom were fixed in the form of a hinged beam, simulating the transportation position of the structure.

**Results of the research.** In the result of finite-element simulation, the models of the pool bottom deformation on the scheme of the ties placement shown in Fig.2 is obtained and also, it is found that the maximum values of deflections with this placement model are 8.55 cm. The character of deformations is presented in Fig.3.

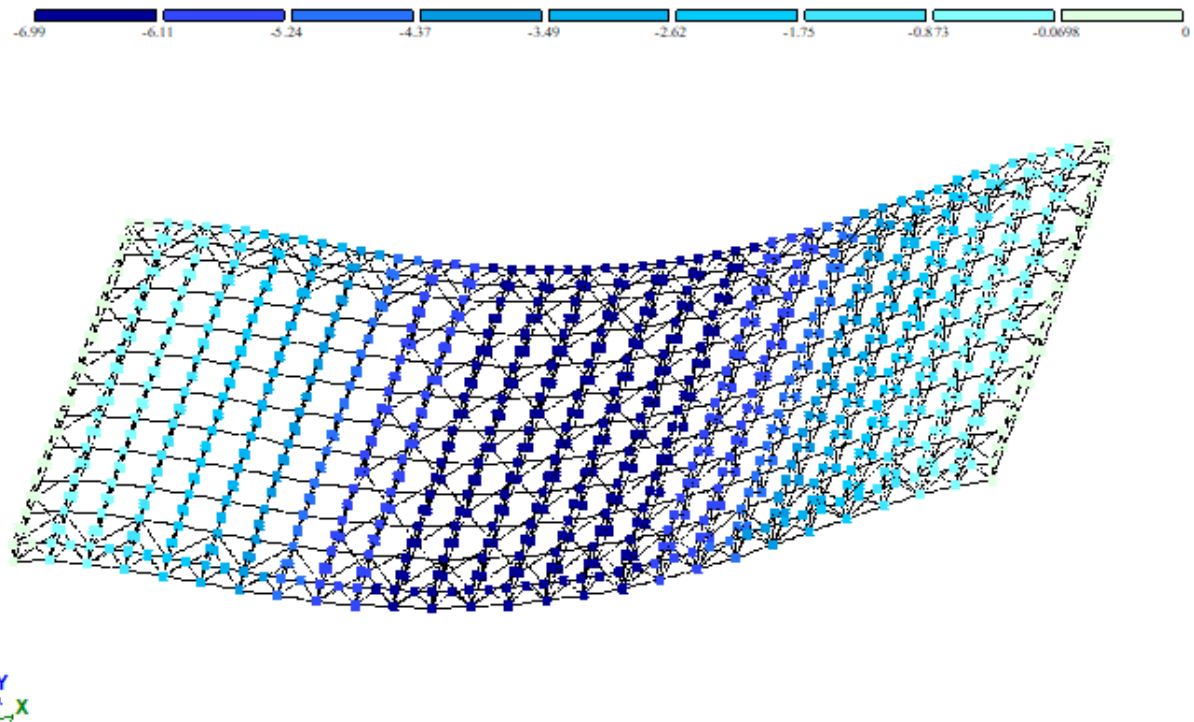


**Figure 3.** Size of deflections and the character of deformations of the bottom at the initial scheme of placement of ties

In the second variant of the construction the additional junctions are inserted into 10 spans along the lower belt of trusses in the central part of the bottom, symmetrically in relation to the transverse axis of symmetry. Junctions were also added along the upper belts of the trusses in the end extreme runs along the longer sides (Fig. 4).



**Figure 4.** Scheme of placement of junctions in the second version of calculation



**Figure 5.** The size of deflections and the character of the bottom deformation in the second scheme of placement of junctions

Under the condition of placement of junctions only along the lower bound of the trusses (variant I), the maximum values of deflection are 8.55 cm. With the additional placement along the upper bound in the edge areas and along the lower belt in the middle part of the bottom (variant II), the decrease of deflections by 18% to 6.99 cm is observed.

Meanwhile, the character of deformations in both cases is identical. The maximum deflections are concentrated in the middle of the span.

**Conclusions.** Due to the results of influence of horizontal ties on the deformability of the bath bottom of the floating swimming pool, it was found that:

1. When the ties are placed only along the lower belt of the trusses, the maximum values of deflections are 8.55 cm and do not exceed  $1/200l$ .

2. With the additional placement of junctions (variant II), the deflections decrease by 18% to 6.99 cm.

3. The identical character of formation of deformations in both cases of junction placement is observed.

## References

1. Kovalchuk Y. O., Shynhera N. Y. (2016) Computer modeling of the stresses in welded truss. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*. Vol. 82. No 2. P. 44–48. [In English].
2. Kovalchuk Y., Shynhera N., Basara M. (2017) *Konstruiuvannia vuzliv zvarnykh ferm iz vykorystanniam PK ANSYS [Construction of welded truss nodes using ansys software complex]*. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*. Vol. 85. No 1. P. 47–52. [In Ukrainian].
3. Pidgurskyi I., Slobodian V., Bykiv D., Pidgurskyi M. Investigation of the stress-strain state of beams with different types of web perforation. *Scientific Journal of TNTU. Tern.: TNTU. 2021. Vol. 103. No. 3. P. 79–87. DOI: [https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu2021.03.079](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2021.03.079)*
4. Yasniy P. V., Kovalchuk Ya. O., Shynhera N. Ya., Rybachok O. I. *Verificatsiya rezultativ modelyuvannya napruzhenno-deformovanoho stany zvarnouyi fermy. Mehanika i fizyka ruynuvannay budivelnih materialiv ta konstruktsiy: zb. nauk. statei; za zag. red. Luchka Y. Y. Lviv: Kameniar, 2014. Vyp. 10. P. 461–471.*
5. Pidgurskyi M. I., Pidgurskyi I. M. *Design of metal structures. Steel frame of a one-story industrial building. Theoretical basis of design with calculation examples. Ternopil: FOP Palyanitsa V. M., 2021. 236 p.*

6. Hud, Mykhailo, et al. "Study of the joint work of the foundations and the spatial tower under the action of dynamic loads." *Procedia Structural Integrity*. 36 (2022): 87–91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.007>

#### Список використаних джерел

1. Ковальчук Я. О., Шингера Н. Я. Комп'ютерне моделювання деформації зварної ферми з косинками у вузлах. *Вісник ТНТУ*. 2016. Том 83. № 3. С. 73–78.
2. Ковальчук Я., Шингера Н. Басара М. Конструювання вузлів зварних ферм із використанням ПК ANSYS. *Вісник ТНТУ*. 2017. Том 85. № 1. С. 47–52.
3. Pidgurskyi I., Slobodian V., Bykiv D., Pidgurskyi M. Investigation of the stress-strain state of beams with different types of web perforation. *Scientific Journal of TNTU*. 2021. Vol. 103. No. 3. P. 79–87. DOI: [https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu2021.03.079](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2021.03.079)
4. Ясній П. В., Ковальчук Я. О., Шингера Н. Я., Рибачок О. І. Верифікація результатів моделювання напружено-деформованого стану зварної ферми. *Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій: 36. наук. статей; за заг. ред. Лучка Й. Й. Львів: Каменяр, 2014. Вип. 10. С. 461–471.*
5. Підгурський М. І., Підгурський І. М. Проектування металевих конструкцій. Сталевий каркас одноповерхової виробничої будівлі. Теоретичні основи проектування з прикладами розрахунку. Тернопіль: ФОП Паляниця В. М., 2021. 236 с.
6. Hud, Mykhailo, et al. «Study of the joint work of the foundations and the spatial tower under the action of dynamic loads.» *Procedia Structural Integrity*. 36 (2022): 87–91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.007>

#### УДК 534.134

### АНАЛІЗ ВПЛИВУ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ЗВ'ЯЗКІВ НА ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ДНИЩА ПЛАВАЮЧОГО БАСЕЙНУ

Михайло Гудь; Наталія Черномаз; Вікторія Ігнат'єва; Ігор Коваль

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, Україна*

**Резюме.** Останнім часом широкого поширення в місцях масового відпочинку людей набули плаваючі басейни. Попри значну вартість, дедалі більше інвесторів зацікавлені у побудові таких видів басейнів, оскільки це дозволяє залучити більшу кількість туристів. Разом із цим, збільшується термін експлуатації водних рекреацій. На відміну від штучних водойм, воду в плаваючих басейнах легше привести до комфортних температурних показників. Плаваючі басейни – це специфічні конструкції, на які діють тільки зусилля від власної ваги при транспортуванні та монтажі такої конструкції. Днище басейну являє собою просторову конструкцію, яка складена із ферм, що з'єднані між собою за допомогою розпірок та зв'язків (в'язей). Із використанням методу скінченних елементів, що базується на комп'ютерно-моделюючому експерименті досліджено вплив місця розташування горизонтальних зв'язків на деформативність днища басейну. Для проведення розрахунків обрано вітчизняний розрахунковий комплекс «ЛРА», який характеризується зручним користувацьким інтерфейсом, можливістю одночасного розрахунку кількох запропонованих варіантів конструкції та дозволяє визначити розміри поперечних перерізів металевих елементів та обчислювати відсоток вичерпання несучої здатності за двома видами граничних станів. Характерним для зазначеного розрахункового комплексу є відмінна візуалізація результатів обчислень та можливість із виводу в табличній формі. Днище являє собою просторову стержневу конструкцію розмірами 25x10 м і висотою 0.6 м. Основними конструктивними елементами є ферми, з'єднані між собою за допомогою розпірок та горизонтальних і вертикальних в'язей. Визначено форму та розміри поперечних перерізів для стійок, розкосів та поясів ферм. Запропоновано дві схеми розміщення горизонтальних зв'язків. Обчислено чисельні значення прогинів при різних схемах розташування в'язей. Виявлено оптимальну схему розташування зв'язків, яка забезпечує мінімальні прогини днища. Визначено характер та особливості деформування днища басейну при двох схемах розташування в'язей.

**Ключові слова:** плаваючий басейн, горизонтальні зв'язки, прогини.

[https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu2022.02.133](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2022.02.133)

Отримано 29.03.2022