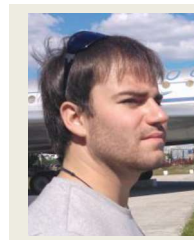


Оптимізація сталюого звареного резервуару при обмеженні: напружень, переміщень, власних частот коливання

Олександр Кошевий

Київський національний університет будівництва і архітектури
31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037
380939339872@yandex.ua, orcid.org/0000-0002-1903-2905

Анотація. При збільшенні рівня потреб в нафтопродуктах стала проблема будівництва резервуарів для їх зберігання. Історія появи резервуарів в світі з розвитком нафтової промисловості почалась в 17 ст. з збільшенням видобуванням і переробкою нафтопродуктів. Спочатку це, були земляні резервуари на глинистих ґрунтах. При такій конфігурації конструкції підприємства втрачали частину нафтопродуктів, а також, з часом, такі конструкції обвалювалися, тим самим були дуже небезпечними для тривалої експлуатації резервуара. Перший клепаний сталюий резервуар запропонував В. Г. Шухов, який був побудований в 1878 році. В 1935 році в світі був збудований зварний резервуар, який мав об'єм 1000 м³. Цей метод дозволив перейти на індустріальний рівень і розгорнути цілу мережу резервуарів в промислових районах України і світу. За кордоном вирішуються проблеми зберігання нафти під землею з використанням природних і штучних пустот. На сьогоднішній день практично всі сучасні АЗС, бази нафтопродуктів та інші підприємства використовують сталюі зварні резервуари. Ці конструкції є надійні та довговічні, але виникає питання для будь-якого підприємства економічної сторони питання. Зробити під кожне підприємство індивідуальну товщину сталюих конструкцій, для економії коштів на будівництво. При цьому розглядається необхідне оптимальне автоматизоване проектування цих резервуарів для знаходження оптимального рішення конструкції[1,2]. В даній статті розглянута оптимізація резервуару з плаваючим дахом.



Олександр Кошевий

Оптимізація виконується математичним методом градієнтного спуску. Просторова скінченно-елементна модель побудована за допомогою методу скінченних елементів. Виконаний збір навантаження на оболонку паливного резервуару з плаваючим дахом, а саме: власна вага конструкції, сніг, вітер, навантаження від нафтопродуктів в паливному резервуарі, технологічне навантаження від людей та огорожувальних конструкцій. Розроблені комбінації по навантаженню, була обрана найнебезпечніша комбінація, за якою і проводилася оптимізація паливного резервуару. Цільова функція – маса. Змінні проектування – товщина оболонки. Обмеження: напруження по Мізесу, переміщення по осям X,Y,Z, перша частота власних коливань конструкції. Результати представлені на діаграмах показують зменшення або збільшення маси – цільової функції при певному обмеженню конструкції. Виконані чисельні дослідження та зроблені висновки по даній методиці.

Ключові слова: оптимізація, проектування, оболонки, паливний резервуар, оптимізація резервуарів, оптимізація Femap Nastran, чисельне дослідження.

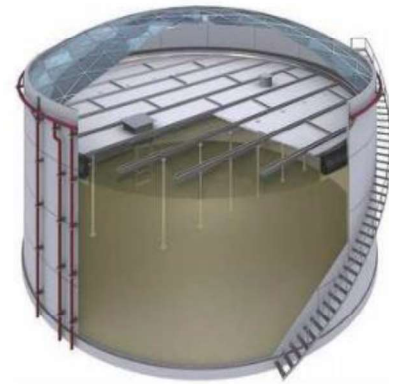
Надземні резервуари розділяються на декілька видів:



a



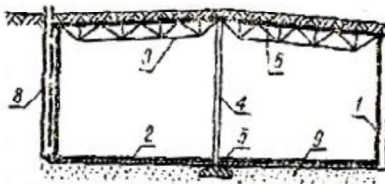
б



в

Рис.1.1 Типи резервуарів: а) надземна циліндрична вертикаль з нерухомим дахом [i1]; б) циліндрична вертикаль з плаваючим дахом [i2]; в) циліндрична вертикаль з плаваючим дахом і з нерухомим дахом [i3]

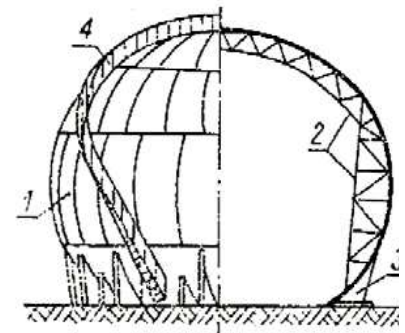
Fig. 1.1 Types of tanks: a) above-ground cylindrical vertical with immovable roof; b) cylindrical vertical with floating roof; c) cylindrical vertical with floating roof and with immovable roof



a



б



в

Рис.1.2 Типи резервуарів: а) підземна циліндрична вертикаль [1]; б) циліндричні рівні [4]; в) Аксіально-симетричний вертикаль [1].

Fig.1.2 Types of tanks: a) underground cylindrical vertical; b) cylindrical levels; c) Axially symmetric vertical.

В даній статті розглядається резервуар - циліндрична вертикаль з плаваючим дахом рис. 1.1-1.2. Принципове рішення такого резервуару обумовлене пожежною безпекою. Коли резервуар наповнений на 100% дах резервуару знаходиться в своїй найвищій точці, коли на 50%, опущений на половину. Це дає змогу не накопичувати випари від нафтопродуктів в резервуарі, що дає високий захист пожежної безпеки. Більш того конструкція даху, за допомогою

закона Архімеда допомагає, не передавати власну вагу даху і снігу на несучі конструкції резервуару – це дає можливість зменшити вагу несучих конструкцій.

Геометричні розміри резервуару. Діаметр 21.4 м. Висота 14 м. Товщина оболонки розподілена на 7 секцій по 2 м. Товщина оболонки розподілена від 29 мм до 23 мм. Конструкцію зображено на рис 1.3-1.4.

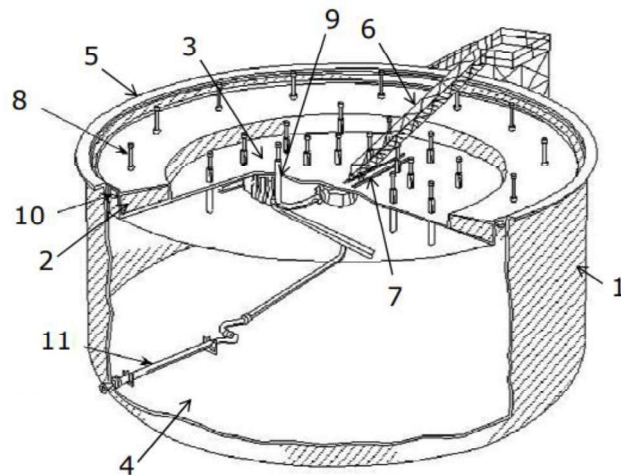


Рис.1.3 Схема резервуару з плаваючим дахом: 1 – оболонка; 2 – понтон; 3 – мембрана; 4 – дно резервуару; 5 – вітрове кільце; 6 – розкладні сходи; 7 – доріжка для обслуговування резервуару; 8 – опори покрівлі; 9 – аераційний клапан; 10 – герметизація плаваючого даху; 11 - дренаж покрівлі

Fig.1.3 Diagram of the tank with floating roof: 1 – shell; 2 – pontoon; 3 – membrane; 4 – the bottom of the tank; 5 – wind ring; 6 – folding ladder; 7 – track for tank service; 8 – supports of the roof; 9 – aeration valve; 10 – sealing of the floating roof; 11 - drainage of the roof

Табл. 1.1 Оптимальні розміри резервуарів з плаваючим дахом
Table 1.1 The optimal sizes of tanks with floating roofs

Об'єм резервуару [м ³]	Висота покриття h [м]	Відношення розмірів h / d
500 ÷ 5000	8,0 ÷ 12,0	1/1,25 ÷ 1/2,0
5100 ÷ 9900	12,0 ÷ 16,0	1/1,8 ÷ 1/2,0
10000 ÷ 16000	16,5	1/1,8 ÷ 1/2,3
17000 ÷ 50000	18,0	1/2,1 ÷ 1/3,6
51000 ÷ 100000	20,0	1/3,3 ÷ 1/4,3

Більше 100000	22,0	< 1/4,0
---------------	------	---------

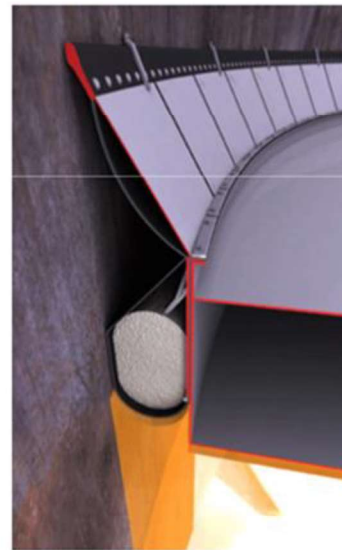
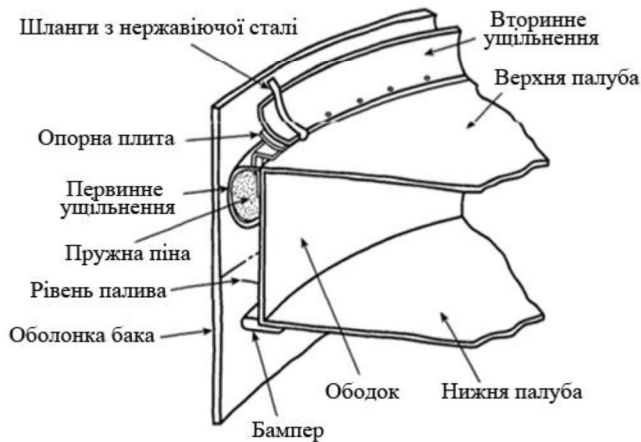


Рис 1.4 Приклад вузла примикання покрівлі до стін резервуару
Fig. 1.4 An example of a node of an adjunction of the roof to the walls of the tank

Теоретичні відомості. При оптимізації використовується математичний метод проєкції градієнта, який використовує інформацію тільки перших похідних, або градієнту, і полягає в побудові послідовності модифікацій проєкту, котрий забезпечує збіжність в точці з мінімальним значенням функції цілі (точці оптимуму), при цьому виконується автоматизований статичний розрахунок на базі метода скінчених елементів будівельної механіки, це представлено в роботах [3,4,5]

Результати числових досліджень. Автоматизована оптимізація паливного резервуару з плаваючим дахом виконується за допомогою програмного комплексу Femap Nastran, по спеціальному алгоритму для автоматизованого підбору оптимальної конструкції [7,8,9].

Програма оптимізації дозволяє знайти оптимум конструкції в ході мінімізації або максимізації призначеної цільової функції. Цільова функція - маса оболонки. Проектними змінними є товщина оболонки в кожному скінченному елементі – це є змінна проєктування[10,11,12]. При зміні проектних

невідомих повинно виконуватися обмеження для нашого випадку:

- за напруженнями по Мізесу;
- за переміщенням по осі Total Translation = $\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$;
- за власними частотами коливання конструкції які накладені на відгук конструкції і на змінні проєктування.

В ході розрахунку виконується модифікація конструкції, при цьому отримаємо зменшення маси оболонки для паливного резервуару з плаваючим дахом, що приводить до автоматизації процес підбору товщини оболонки [13,14,15]. Програма виводить оптимальну товщину конструкції при заданому ліміті, в нашому випадку це напруження, переміщення і власна частота коливань. При цьому виконується мінімізація цільового функціоналу – маса оболонки паливного резервуару.

Математичне представлення задачі проєктування називається загальною формулюванням задачі оптимізації можна записати так: $F(\bar{X}) \rightarrow \min$, де $\bar{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ - змінні проєктування

[16,17]. При цьому повинні виконуватися нерівність $\sigma_{max} \leq \sigma_{adm}$

Навантаження на будівлю задавалося згідно державним будівельним нормам України. Були задані наступні навантаження: власна вага несучої оболонки, снігове, вітрове, технологічне навантаження від

людей, навантаження від рідини. Була обрана сама небезпечна комбінація навантажень і за цією комбінацією виконувався безпосередньо розрахунок на мінімізацію цільової функції – знаходження

Першим із розрахунків є оптимізація оболонки - ліміт напружень по Мізесу.

Блок схема Block diagram

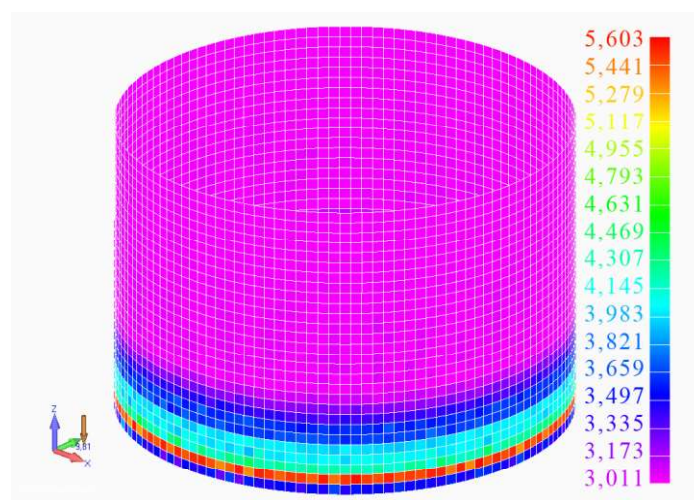


Рис 1.5 Розподілення товщини оболонки після оптимізації в мм

Fig. 1.5 The distribution of the thickness of the shell after optimization in mm

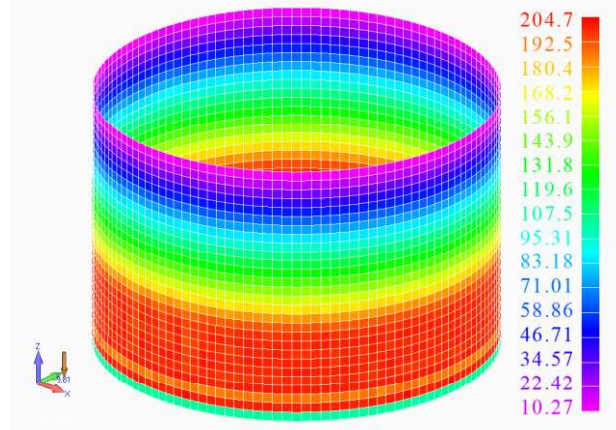


Рис 1.6 Напруження по Мізесу оболонки після оптимізації в МПа
Fig. 1.6 Stress by Mizes of the shell after optimization in MPa

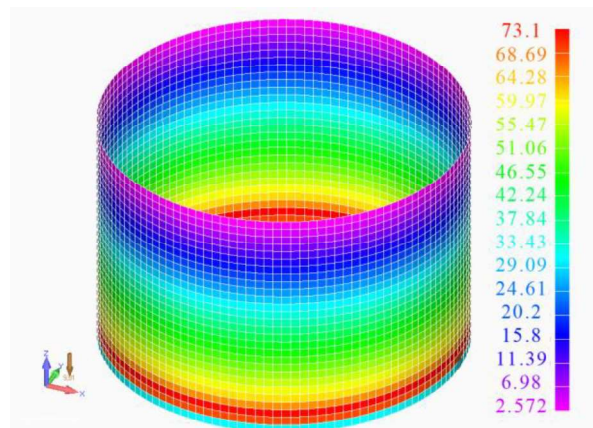


Рис 1.7 Напруження по Мізесу оболонки до оптимізації в МПа
Fig. 1.7 Stress by Mizes of the shell before optimization in MPa



Рис. 1.8 Діаграма зменшення маси оболонки по циклам оптимізації
Fig. 1.8 Chart reduce the weight of the shell according to the cycles of optimization

Висновок. Згідно даним дослідженням рис. 1.5-1.8 для несучої здатності на загальну міцність при даній комбінації навантажень достатньо товщина оболонки від 3 до 5 мм. Від початкової товщини оболонки 20 мм відносна економія металу буде 55,8%

Другим із розрахунків є оптимізація оболонки, при якому ліміт на переміщення задається по осям X,Y,Z. В кінці програма автоматично побудує вектор головних переміщень [18,19]. $Total\ Translation = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$

Блок схема

Block diagram

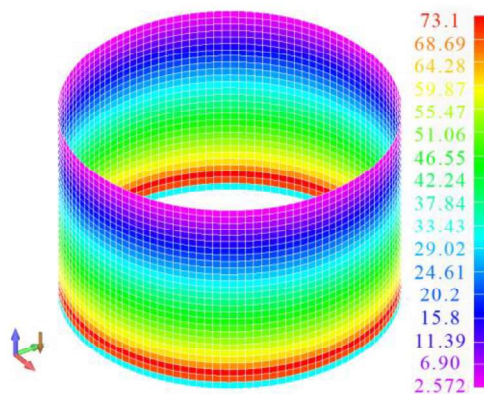


Рис 2.1 Напруження по Мізесу оболонки до оптимізації в МПа
Fig. 2.1 Stress by Mizes of the shell before optimization in MPa

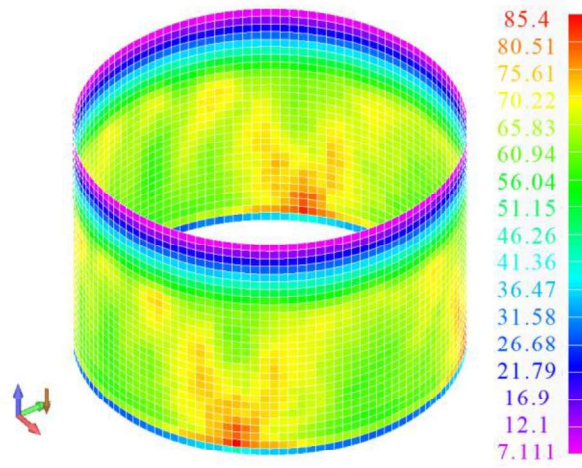


Рис 2.2 Напруження по Мізесу оболонки після оптимізації в МПа
Fig. 2.2 Stress by Mizes of the shell after optimization in MPa

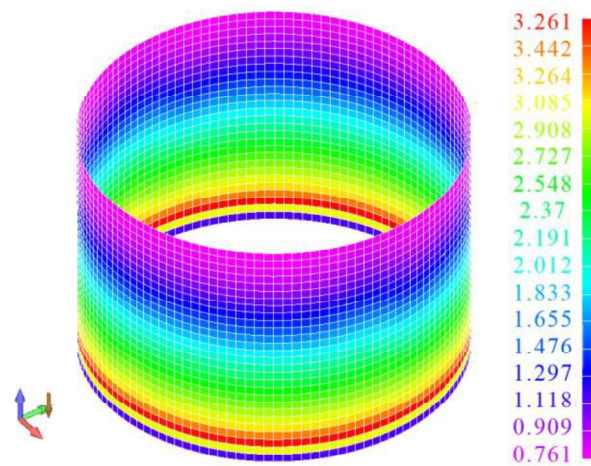


Рис 2.3 Переміщення в оболонці до оптимізації в мм
Fig. 2.3 The movement in the shell before optimization in mm

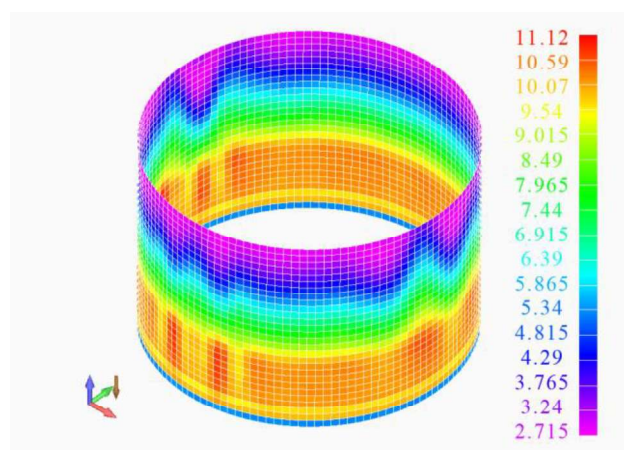


Рис 2.4 Переміщення в оболонці після оптимізації в мм
Fig. 2.4 The movement in the shell after optimization in mm



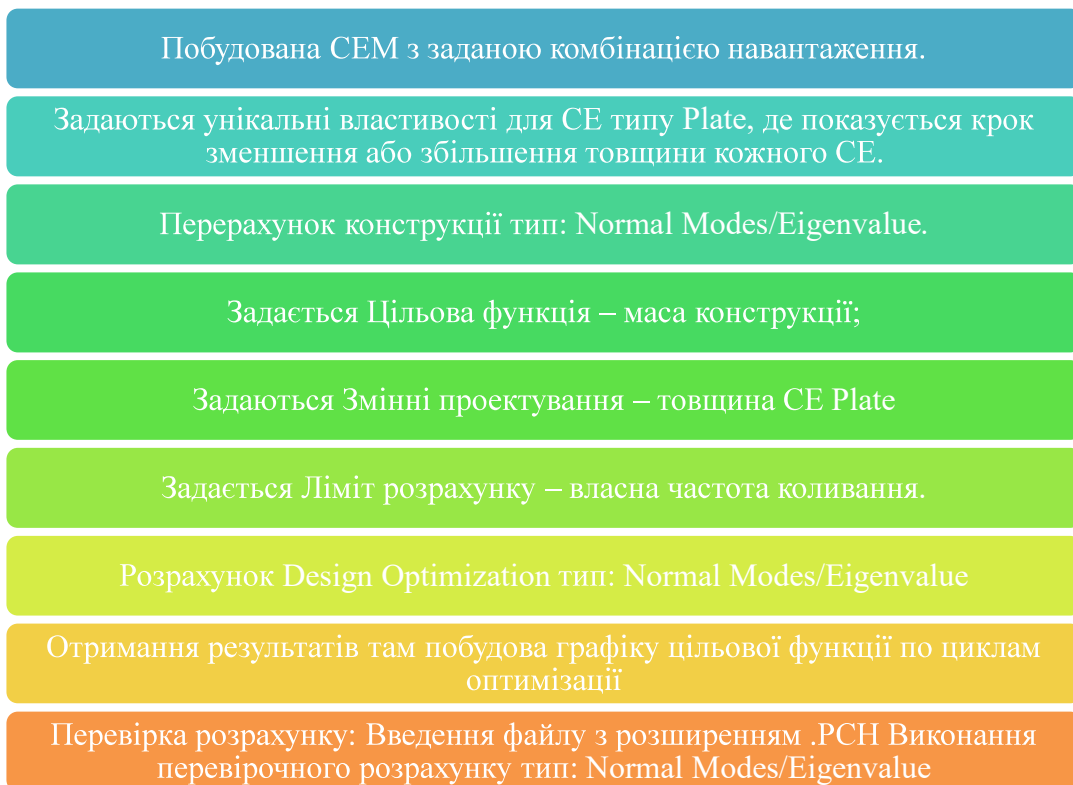
Рис 2.5 Діаграма зменшення маси оболонки по циклам оптимізації
Fig. 2.5 Chart reduce the weight of the shell according to the cycles of optimization

Висновок. Згідно даним дослідженням рис 2.1-2.5 для несучої здатності на переміщення при даній комбінації навантажень достатньо товщина оболонки від 3 до 11 мм. Від початкової товщини

оболонки 25.5 мм відносна економія металу буде 30,1%. При цьому виконуються всі нерівності на прогин оболонки.

Третім із розрахунків є оптимізація оболонки ліміт власні частоти коливання.

Блок схема Block diagram



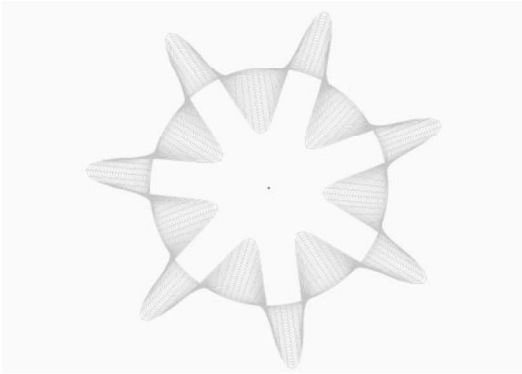


Рис. 3.1 Перша форма коливання до оптимізації. Частота коливання 0.110715 Гц

Fig. 3.1 The first form of vibrations before optimization. The frequency of oscillation 0.110715 Hz

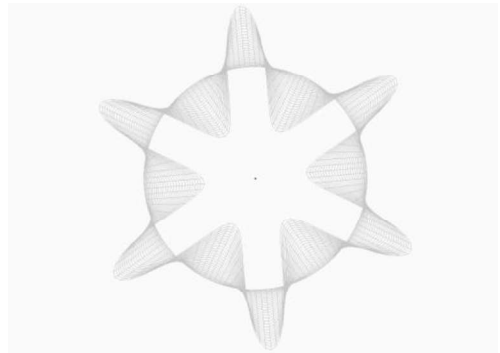


Рис. 3.11 Перша форма коливання після оптимізації. Частота коливання 0.15036 Гц

Fig. 3.11 The first form of vibrations after optimization. The frequency of oscillation 0.15036 Hz

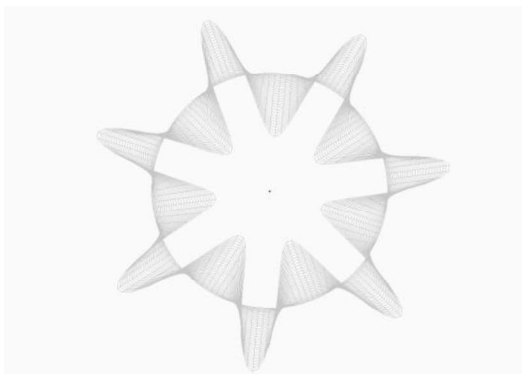


Рис. 3.2 Друга форма коливання до оптимізації. Частота коливання 0.110715 Гц

Fig. 3.2 The second form of vibrations before optimization. The frequency of oscillation 0.110715 Hz

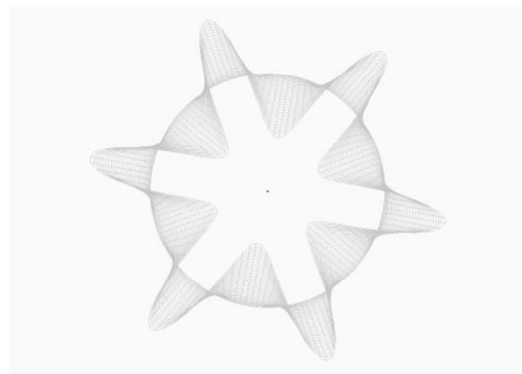


Рис. 3.12 Друга форма коливання після оптимізації. Частота коливання 0.15036 Гц

Fig. 3.12 The second form of vibrations after optimization. The frequency of oscillation 0.15036 Hz

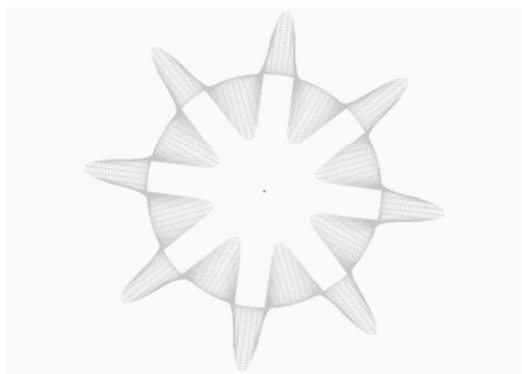


Рис. 3.3 Третя форма коливання до оптимізації. Частота коливання 0.117867 Гц

Fig. 3.3 The third form of vibrations before optimization. The frequency of oscillation 0.117867 Hz

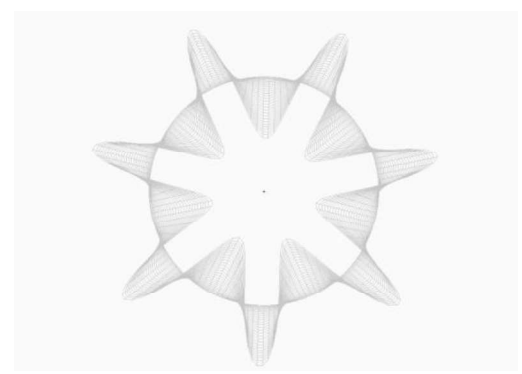


Рис. 3.13 Третя форма коливання після оптимізації. Частота коливання 0.154376 Гц

Fig. 3.13 The third form of vibrations after optimization. The frequency of oscillation 0.154376 Hz

Hz

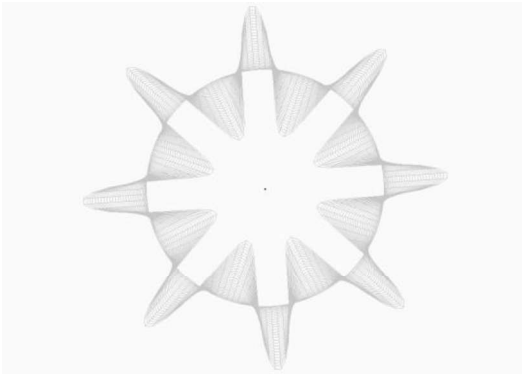


Рис. 3.4 Четверта форма коливання до оптимізації. Частота коливання 0.117867 Гц

Fig. 3.4 The fourth form of vibrations before optimization. The frequency of oscillation 0.117867 Hz

Hz

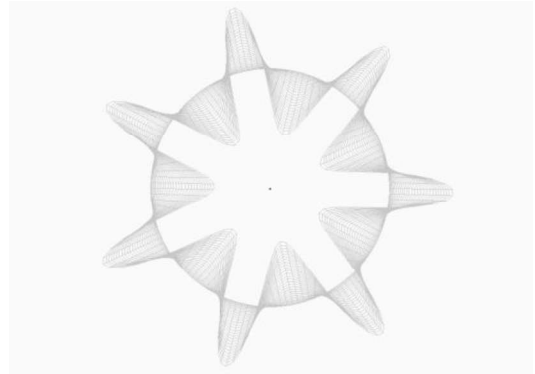


Рис. 3.14 Четверта форма коливання після оптимізації. Частота коливання 0.154376 Гц

Fig. 3.14 The fourth form of vibrations after optimization. The frequency of oscillation 0.154376 Hz

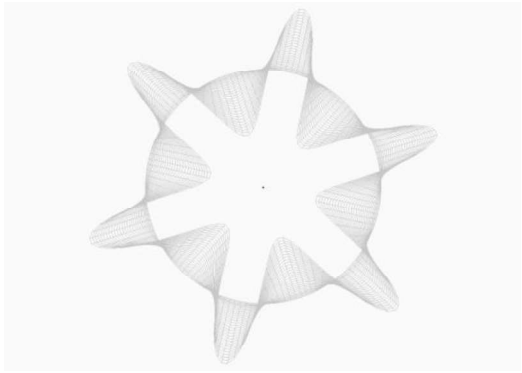


Рис. 3.5 П'ята форма коливання до оптимізації. Частота коливання 0.119906 Гц

Fig. 3.5 The fifth form of vibrations before optimization. The frequency of oscillation 0.119906 Hz

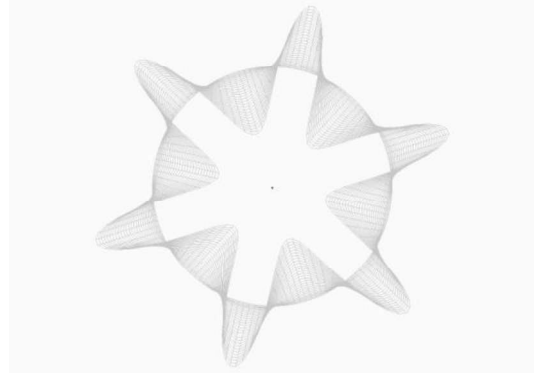


Рис. 3.15 П'ята форма коливання після оптимізації. Частота коливання 0.174181 Гц

Fig. 3.15 The fifth form of vibrations after optimization. The frequency of oscillation 0.174181 Hz

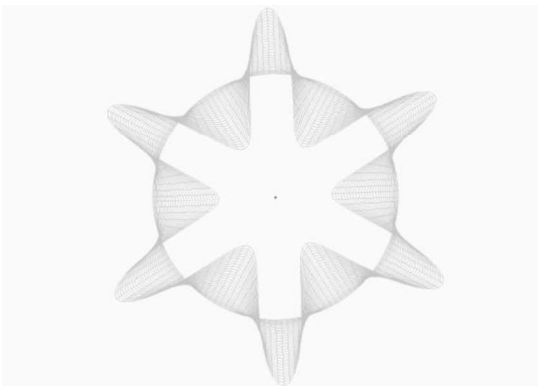


Рис. 3.6 Шоста форма коливання до оптимізації. Частота коливання 0.119906 Гц

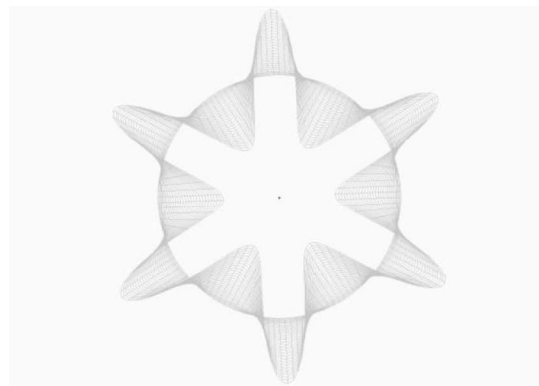


Рис. 3.16 Шоста форма коливання після оптимізації. Частота коливання 0.174181 Гц

Fig. 3.6 Sixth form of vibrations before optimization. The frequency of oscillation 0.119906 Hz

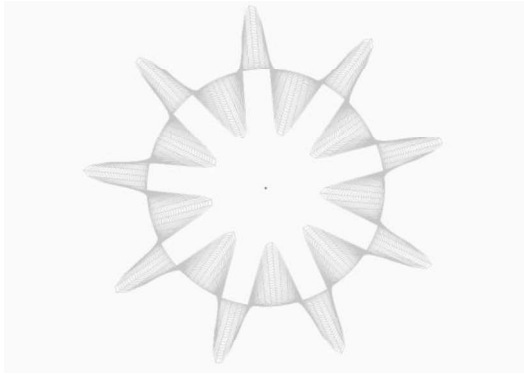


Fig. 3.16 Sixth form of vibrations after optimization. The frequency of oscillation 0.174181 Hz

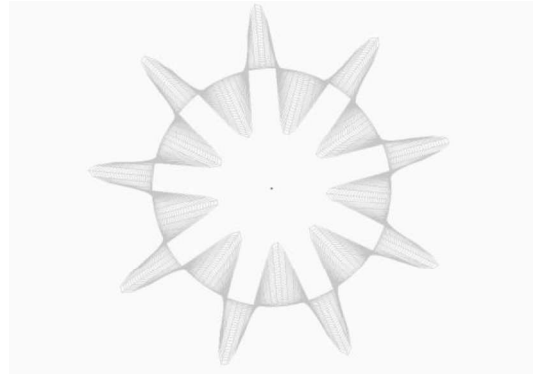


Рис. 3.7 Сьома форма коливання до оптимізації. Частота коливання 0.13072 Гц

Fig. 3.7 Seventh form of vibrations before optimization. The frequency of oscillation 0.13072 Hz

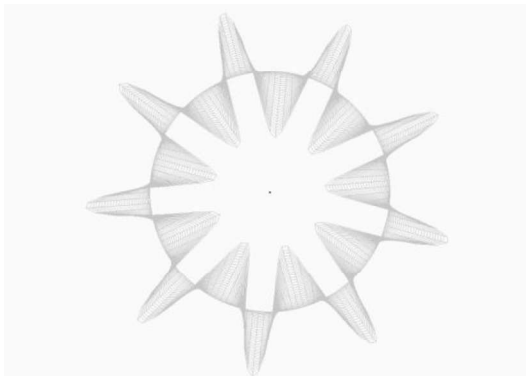


Рис. 3.17 Сьома форма коливання після оптимізації. Частота коливання 0.178271 Гц

Fig. 3.17 Seventh form of vibrations after optimization. The frequency of oscillation 0.178271 Hz

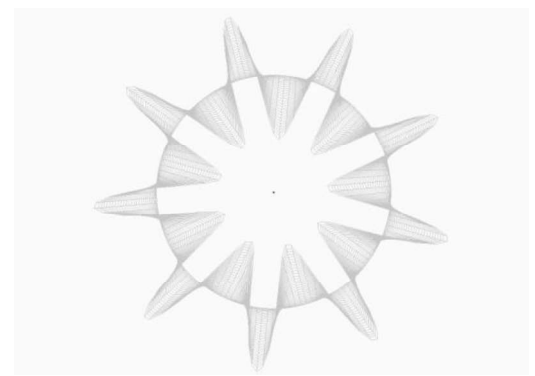


Рис. 3.8 Восьма форма коливання до оптимізації. Частота коливання 0.13072 Гц

Fig. 3.8 Eighth form of vibrations before optimization. The frequency of oscillation 0.13072 Hz

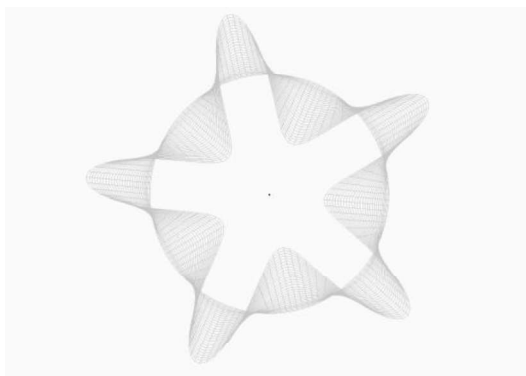


Рис. 3.18 Восьма форма коливання після оптимізації. Частота коливання 0.178271 Гц

Fig. 3.18 Eighth form of vibrations after optimization. The frequency of oscillation 0.178271 Hz

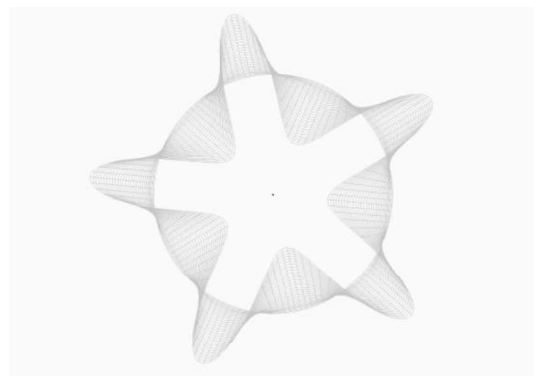
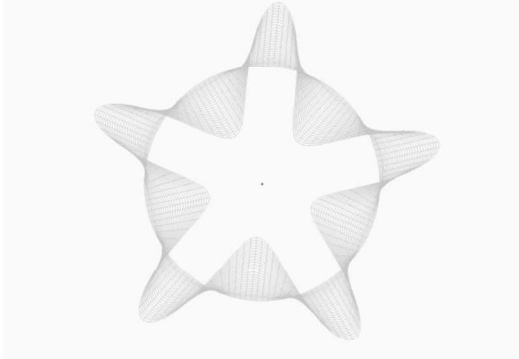


Рис. 3.9 Дев'ята форма коливання до оптимізації.

Рис. 3.19 Дев'ята форма коливання після

Частота коливання 0.151097 Гц

Fig. 3.9 Ninth form of vibrations before optimization. The frequency of oscillation 0.151097 Hz



оптимізації. Частота коливання 0.21346 Гц

Fig. 3.19 Ninth form of vibrations after optimization. The frequency of oscillation 0.21346 Hz

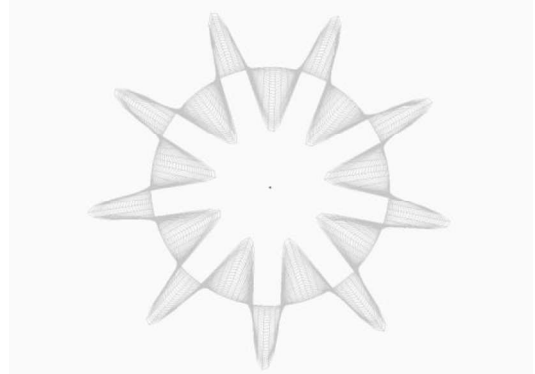


Рис. 3.10 Десята форма коливання до оптимізації. Частота коливання 0.151097 Гц

Fig. 3.10 Tenth form of vibrations before optimization. The frequency of oscillation 0.151097 Hz

Рис. 3.20 Десята форма коливання після оптимізації. Частота коливання 0.21346 Гц

Fig. 3.20 Tenth form of vibrations after optimization. The frequency of oscillation 0.21346 Hz

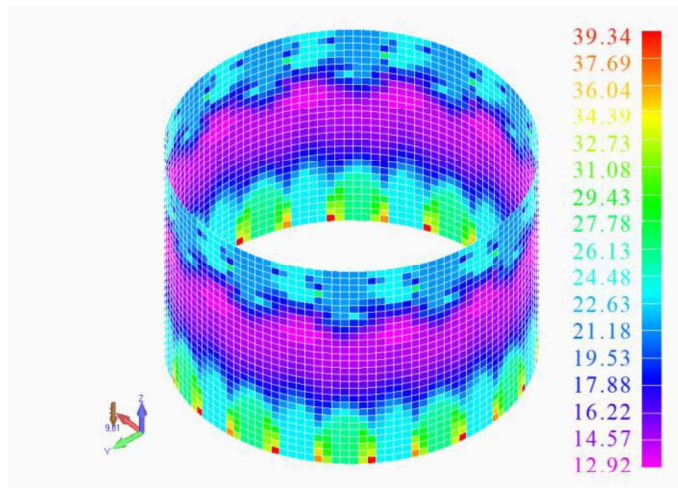


Рис 3.21 Розподілення товщини оболонки після оптимізації в мм

Fig. 3.21 The distribution of the thickness of the shell after optimization in mm



Рис 3.22 Діаграма збільшення маси оболонки по циклам оптимізації

Fig. 3.22 Chart the increase in the shell weight for the cycles of optimization

Висновок. Згідно даним дослідженням рис. 3.1-3.22 при зміні початкової частоти коливання до 0.15 Гц достатньо товщина оболонки від 12 до 40 мм. Від початкової товщини оболонки 25.5 мм відносно збільшення металу буде 29,1%.

Загальні висновки: В даній статі розглядається оптимізація паливного резервуару з плаваючим дахом. Було визначено, що для пожежної безпеки даний вид конструкції дуже вдалий, також при цьому отримаємо зменшення навантаження на несучі конструкції паливного резервуару. Навантаження задавалося згідно будівельних норм України. Виконаний розрахунок на оптимізацію оболонки паливного резервуару в якому цільова функція є маса оболонки, а змінними проектування є товщина оболонки, і три варіації ліміту: напружень по Мізесу, переміщення оболонки по осям X,Y,Z і виведення головного вектору переміщень оболонки $Total Translation = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$, дослідження оптимальної конструкції при зміні власних частот коливань. Розрахунок показав: при оптимізації оболонки паливного резервуару ліміт обмеження напружень по Мізесу маса оболонки зменшилась на 55,8%; для

другого типу розрахунку оболонки паливного резервуару при обмеженні за переміщенням, маса оболонки зменшилась 30,1%; для третього При зміні першої частоти коливання до 0.15 Гц маса оболонки збільшилась на 29.1% Цей розрахунок показав, що можливо автоматизувати процес оптимального проектування, коли напруження більше допустимого і менше, програма після розрахунку автоматично виводить оптимальний результат, при мінімізації цільової функції. Після даного розрахунку виконується перевірочний розрахунок на стійкість конструкції [20,21]. В подальшому планується заміна цільової функції за допомогою мови програмування API в програмному комплексі Femap Nastran.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дедов Н.І., Истукіна В.Н. Оптимальное проектирование цилиндрических оболочек при неравномерном нагружении //Известия Самарского центра РАН// т. 18 №4 (2), 2016 с. 257-262;
2. Мищенко А.В., Немировский Ю.В. Структурно-неоднородные профилирован-ные стержневые системы. Методы рационального и оптимального проектирования, 2016. - 332 с.;

3. **Пермяков В.О., Перельмутер А.В.** Оптимальное проектирование стальных стержневых конструкций. – К: ООО “Издательство Сталь”, 2008. – 538 с.;

4. **Гайдайчук В.В., Кошевий О.О., Кошева О.В.** Параметрична оптимізація колон при різній геометричній формі поперечного перерізу // Містобудування та територіальне планування // Випуск 66. Ст. 78-90 2018 рік. м. Київ;

5. **Гайдайчук В.В., Кошевий О.О., Кошевий О.П.** Оптимальне проектування і розрахунків на міцність оболонок і пластин при дії комбінованих навантажень в програмному комплексі Femap Nastran // Сучасні проблеми архітектури // Випуск №50 2018 рік. м. Київ;

6. **Ng CT 2005.** Optimization Design of Tall Buildings under Multiple Design Criteria. Final Year Project Thesis, Department of Building and Construction, City University of Hong Kong, Hong Kong Special Administrative Region (HKSAR), China;

7. **Mark Sarkisian, Eric Long, Chung-Soo Doo, David Shook** Optimization tools for the Design of Structures SEAOC 2009 Convention proceeding pp. 1-16 San Francisco, California;

8. **Yang, X.Y., Xie, Y.M., Liu, J.S., Parks, G.T., Clarkson, P.J. (2003).** “Perimeter control in the bidirectional evolutionary optimization method.” Structural and Multidisciplinary Optimization 24: 430-440;

9. **H. Nikral, S. Yoshitomi.** Structural optimization method for 3D reinforced concrete building structure with shear wall. World Academy of Science engineering and technology international Journal of Civil and Environmental Engineering International Scholarly and Scientific Research and Innovation pp. 1352-1358. 2017;

10. **Senay Atabay** “Cost optimization of three-dimensional beamless reinforced concrete shear-wall systems via genetic algorithm” Expert system with Application 36 (2009) 3555-3561;

11. **Ali Kaveh, Pooya Zakian** “Optimal seismic design of reinforced concrete shear wall-frame structures” KSCE Journal of Civil Engineering 1-10 2014 Korean Society of Civil Engineers DOI 10.1007/s12205-014-0640-x;

12. **Men Jinjei, Shi Qingxuan, He Zhijian.** “Optimal design of tall residential building with RC Shear wall and with rectangular layout” International Journal of High-Rise Building December 2014, Val 3, No 4, 285-296;

13. **Hamza, K., Mahmoud, H., & Saitou, K., 2003.** Design optimization of N-shaped roof

trusses using reactive taboo search. Applied Soft Computing., vol. 3, pp. 221–235.;

14. **Shea, K., Leubkeman, C. (2005).** “CDO: Computational design + optimisation in building practice.” The Arup Journal, 40(3): 17-21;

15. **Shea, K., Smith, I.F.C. (2006).** “Improving full-scale transmission tower design through topology and shape optimization.” Journal of Structural Engineering 132(5): 781-790.;

16. **Vanderplaats, G. (2004).** “Very large scale continuous and discrete variable optimization.” 10th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference, Albany, New York.;

17. **Yang, Y., Soh, C.K. (2002).** “Automated optimum design of structures using genetic programming.” Computers and Structures 80: 1537-1546.;

18. **Моргун А.С., Сорока М.М.** Розв’язування задач параметричної оптимізації будівельних конструкцій в програмного комплексі ANSYS // Вісник Вінницького політехнічного інституту 2017. №5 С. 18-22.;

19. **Гинзбург А.В., Василькин А.А.** Постановка задачі оптимального проектування стальних конструкцій // Вестник МГСУ. 2014. № 6. С. 52—62.;

20. **Волков А.А., Василькин А.А.** Развитие методологии поиска проектного решения при проектировании строительных металлоконструкций // Вестник МГСУ. 2014. № 9. С. 123—137.;

21. **Шелофаст В.В., Куликов В.Г., Аль Хаммади, Яковлев А.С.** Автоматизированное проектирование зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2011. № 9. С. 49—51. 11. Fedorik F. Effici.

REFERENCES

1. **Dedov N. I., Istukina V. N.** Optimal design of cylindrical shells under uneven loading // Proceedings of Samara center of RAN, Russia// vol. 18 №4 (2), 2016 p. 257-262;

2. **Mishchenko A. V., Nemirovskii U. V.** Structurally inhomogeneous profiled rod system. Rational and optimal design methods, 2016. - 332 p.;

3. **Permyakov V. O., Perelmuter A. V.** Optimal design of steel rod structures. - K: LLC "Steel publishing house", 2008. - 538 p.;

4. **Gaidaichuk V. V., Kosheviy O. O., Kosheva O.V.** Parametric optimization of columns with different geometric form of cross section

//Urban and spatial planning // Issue 66. P. 78-90, 2018. Kiev.;

5. **Gaidaichuk V. V., Kosheviy O. O., Kosheviy, O. P.** Optimal design and strength calculation of shells and plates under the action of combined loads in the software package Femap Nastran // Modern problems of architecture // Issue №. 50 2018. Kiev.;

6. **Ng CT 2005.** Optimization Design of Tall Buildings under Multiple Design Criteria. Final Year Project Thesis, Department of Building and Construction, City University of Hong Kong, Hong Kong Special Administrative Region (HKSAR), China;

7. **Mark Sarkisian, Eric Long, Chung-Soo Doo, David Shook** Optimization tools for the Design of Structures SEAOC 2009 Convention proceeding pp. 1-16 San Francisco, California;

8. **Yang, X.Y., Xie, Y.M., Liu, J.S., Parks, G.T., Clarkson, P.J. (2003).** “Perimeter control in the bidirectional evolutionary optimization method.” Structural and Multidisciplinary Optimization 24: 430-440;

9. **H. Nikral, S. Yoshitomi.** Structural optimization method for 3D reinforced concrete building structure with shear wall. World Academy of Science engineering and technology international Journal of Civil and Environmental Engineering International Scholarly and Scientific Research and Innovation pp. 1352-1358. 2017;

10. **Senay Atabay** “Cost optimization of three-dimensional beamless reinforced concrete shear-wall systems via genetic algorithm” Expert system with Application 36 (2009) 3555-3561;

11. **Ali Kaveh, Pooya Zakian** “Optimal seismic design of reinforced concrete shear wall-frame structures” KSCE Journal of Civil Engineering 1-10 2014 Korean Society of Civil Engineers DOI 10.1007/s12205-014-0640-x;

12. **Men Jinjei, Shi Qingxuan, He Zhijian.** “Optimal design of tall residential building with RC Shear wall and with rectangular layout” International Journal of High-Rise Building December 2014, Val 3, No 4, 285-296;

13. **Hamza, K., Mahmoud, H., & Saitou, K., 2003.** Design optimization of N-shaped roof trusses using reactive taboo search. Applied Soft Computing., vol. 3, pp. 221–235.;

14. **Shea, K., Leubkeman, C. (2005).** “CDO: Computational design + optimisation in building practice.” The Arup Journal, 40(3): 17-21;

15. **Shea, K., Smith, I.F.C. (2006).** “Improving full-scale transmission tower design through

topology and shape optimization.” Journal of Structural Engineering 132(5): 781-790.;

16. **Vanderplaats, G. (2004).** “Very large scale continuous and discrete variable optimization.” 10th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference, Albany, New York.;

17. **Yang, Y., Soh, C.K. (2002).** “Automated optimum design of structures using genetic programming.” Computers and Structures 80: 1537-1546;

18. **Morgun A. S., Soroka M. M.** Task solution of parametric optimization of constructions in the software package ANSYS // Bulletin of Vinnitsa Polytechnic Institute 2017. No. 5 P. 18-22;

19. **Ginzburg, A. V., Vasil'kin A. A.** Statement of problem the optimal design of steel structures // Vestnik MGSU. 2014. No. 6. P. 52-62;

20. **Volkov A. A., Vasilkin A. A.** Development of the methodology for finding a design solution for designing building steel structures // Vestnik MGSU. 2014. No. 9. P. 123-137.

21. **Shelofast V. V., Kulikov V. G., Al Hammadi, Yakovlev A. S.** Computer-aided design of buildings and structures // Industrial and civil construction. 2011. No. 9. P. 49-51. 11. Fedorik F. Effici;

The optimization of propellant tanks with floating roof and limitations of the movements, stresses, self-oscillations.

Koshevoy Alexander

Summary. Raising the level of demand of petroleum products has become a problem of construction of tanks to store them. The history of the tanks with the development of the oil industry begins in the 17th century with the increase in mining and processing of oil products. At first it was earthen reservoirs on clay soils. This configuration of the tanks wasn't effective; the factories lost some oil products, as well as over time, these structures collapsed, thus were very dangerous for long-term maintenance of the tank. First steel tank suggested V. G. Shukhov, which was built in 1878. In 1935 was built of welded tank which had a volume of 1000 m³. This method made possible moving to industrial level and deploying a network of reservoirs in the industrial regions of Ukraine and over the world. The problem of storing oil under the ground with using of natural and artificial voids was solved abroad. Today, almost all modern petrol stations, oil depots and other factories use welded steel tanks. These

constructions are reliable and durable, but the question arises for every business-economic side of the issue: to do individual thickness of steel structures for every factory, to save money on construction. This is considered necessary for optimal automated design of these pools to find the optimal solution design.

This article describes the optimization of fuel tank with a floating roof. Optimization is made by mathematical method of gradient descent. Spatial finite element model built using the finite element method. Collected loads on the shell of the fuel tank with the floating roof, namely: self-weight of structures, snow, wind, load from petroleum products in the fuel tank, the process load from

people and walling. Designed combinations of loads, was chosen the most dangerous combination, in which the optimization was performed for the fuel tank. The objective function is the mass. Design variables – thickness of the shell. Limitations: stress by Mizes, moving along the axes X,Y,Z, the first natural frequency of the structure. The results are presented in the diagrams show the decrease or increase of the mass - objective function under certain constraints of the construction. Numerical analysis and conclusions were made.

Keywords: optimization, design, shells, fuel reservoir, optimization of reservoirs, optimization Femap Nastran, numerical analysis.