

Сєрікова О. М.¹, Стрельнікова О. О.², Верушкін І.², Крютченко Д.В.^{1,2}
(¹НУЦЗУ; ²ІПМаш ім. А. М. Підгорного НАН України, м. Харків)

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСНИХ ЧАСТОТ КОЛИВАНЬ ДЛЯ ПОРОЖНІХ ТА
ЗАПОВНЕНИХ ЕКОЛОГІЧНО НЕБЕЗПЕЧНОЮ РІДИНОЮ
ЦИЛІНДРИЧНИХ ПРУЖНИХ РЕЗЕРВУАРІВ**

E-mail: sierikova_olena@ukr.net

Резервуари для збереження нафти, питної води, хімічних речовин зазвичай мають форму циліндричних оболонок. Актуальним питанням є визначення міцності таких резервуарів, особливо при дії раптово прикладених навантажень для попередження екологічно небезпечних впливів на довкілля та попередження надзвичайних ситуацій. Це можуть бути сейсмічні впливи, або ударні навантаження внаслідок вибухів, падінь літаків та ін. Найчастіше вказані резервуари моделюються як жорсткі оболонки. Але на практиці ці резервуари спираються на пружний фундамент, що сприяє зменшенню вібрацій при зовнішніх впливах [1-4].

В зазначених резервуарах при дії раптових навантажень відбуваються інтенсивні плескання рідини. Дослідженню цього явища присвячена велика кількість наукових публікацій [2-6] та ін. Для гасіння плескань використовують різні пристрої. Так, в [5] пропонуються встановити горизонтальні або вертикальні перегородки. В [6] встановлено, що при деяких геометричних параметрах частоти коливань пружних стінок можуть наближатися до частот коливань вільної поверхні, що створює загрозу для безаварійної експлуатації резервуарів. В [7-8] запропоновано використання нанокомпозитних матеріалів у резервуарах для підвищення їх міцносних характеристик в умовах сейсмічних навантажень. Тому важливими є дослідження задач коливань резервуарів в зв'язаному формулюванні, з урахуванням пружності стінок та плескань заповнювача. Треба зазначити, що частоти коливань пружних циліндричних стінок є зазвичай вищими, ніж частоти коливань днища. Тому актуальним є питання вибору характеристик пружного днища резервуара за метою зниження вібрацій. Для цього використовують різні моделі пружних основ [9].

Розв'язання задач динаміки оболонкових конструкцій при взаємодії з середовищем потребує створення нових ефективних методів комп'ютерного моделювання. Серед них зазначимо методи інтегральних рівнянь у сполученні з розкладеннями в ряди Фур'є, метод граничних елементів, метод скінченних об'ємів, метод скінченних елементів.

В роботі було досліджено коливання циліндричної оболонки на пружній основі Вінклера. Вважається, що резервуар частково заповнений ідеальною нестисливою рідиною. Задача полягає в визначенні частот та форм такої оболонки з врахуванням плескань вільної поверхні та коливань пружного днища. Наявність пружної основи дає змогу наближено враховувати взаємодію з ґрунтом.

У табл. 1 наведені числові значення власних частот коливань для порожніх та заповнених рідиною циліндричних пружних резервуарів, без врахування впливу пружної основи. Тут коефіцієнти n_S , n_L вказують на кількість форм оболонки та рідини, що враховуються в зв'язаних коливаннях, J - номер зв'язаної форми коливань. Для числового моделювання використано чотири форми коливань оболонки та п'ять форм плескань.

Таблиця 1 – Частоти порожніх та наповнених рідиною пружних резервуарів, $n = 0,1$, Гц

J	$n = 0$				$n = 1$			
	n_S	n_L	оболонка без рідини	оболонка з рідиною	n_S	n_L	оболонка без рідини	оболонка з рідиною
1		1		0,9739		1		0,6418
2		2		1,3208		2		1,1509
3		3		1,5909		3		1,4564
4		4		1,8209		4		1,7054
5		5		2,0249		5		1,9212
6	1	1,2	23,233	7,6591	1, 2		48,520	21,902
7	2, 1		91,101	43,308	2, 1		139,70	79,712
8	3, 2		205,25	117,03	3, 2, 1		232,44	178,42
9	4, 3, 2		365,79	230,31	4, 3		277,30	210,00

Ці дані показують різницю між частотами заповнених та порожніх оболонок. Зі збільшенням номера частоти ця різниця поступово зменшується. Частоти коливань, що відносяться до пружних стінок, істотно перевищують частоти, пов'язані з плесканнями.

Література:

1. Сєрікова О. М., Стрельнікова О. О. Вплив резервуарів для збереження отруйних та легкозаймистих рідин на навколишнє середовище. Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма VII Всеукраїнської науковотехнічної конференції (м. Суми, 21–24 квітня 2020 р.) С. 238-239.

2. Sierikova O., Strelnikova E., Degtyarev K. Strength Characteristics of Liquid Storage Tanks with Nanocomposites as Reservoir Materials. 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), **2022**. P. 151-157.

doi: [10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916369](https://doi.org/10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916369)

3. Degtyariov K., Gnitko V., Kononenko Y., Kriutchenko D., Sierikova O., Strelnikova E. Fuzzy Methods for Modelling Earthquake Induced Sloshing in Rigid Reservoirs. 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), **2022**. P. 297-302. **doi:** [10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916466](https://doi.org/10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916466)

4. Sierikova O., Strelnikova E., Kriutchenko D., Gnitko V. Reducing Environmental Hazards of Prismatic Storage Tanks under Vibrations. WSEAS Transactions on Circuits and Systems, Vol. 21. **2022**. P. 249-257.

DOI: [10.37394/23201.2022.21.27](https://doi.org/10.37394/23201.2022.21.27)

5. Sierikova O., Koloskov V., Degtyarev K., Strelnikova E. Improving the Mechanical Properties of Liquid Hydrocarbon Storage Tank Materials. Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd, Switzerland. Vol. 1068, **2022**. P. 223-229. **doi:** [10.4028/p-888232](https://doi.org/10.4028/p-888232)

6. Sierikova O., Koloskov V., Degtyarev K., Strelnikova O. The Deformable and Strength Characteristics of Nanocomposites Improving. Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd, Switzerland. Vol. 1038. 2021, p. 144-153.

<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1038.144>

7. Sierikova E., Strelnikova E., Kryutchenko D. Seismic loads estimation on the storage tanks for toxic and flammable liquids. Bulletin of V.N. Karazin Kharkiv National University, series «Mathematical modeling. Information technology. Automated control systems» issue 51, 2021. pp. 70–80.

<https://doi.org/10.26565/2304-6201-2021-51>

8. O. Sierikova, E. Strelnikova, V. Gnitko and K. Degtyarev. Boundary Calculation Models for Elastic Properties Clarification of Three-dimensional Nanocomposites Based on the Combination of Finite and Boundary Element Methods. 2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), 2021, pp. 351-356, doi: 10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570086

9. Sierikova E., Strelnikova E., Koloskov V., Degtyarev K. The Effective Elastic Parameters Determining of Threedimensional Matrix Composites with Nanoinclusions. Problems of Emergency Situations: Proc. of International Scientific-practical Conference. Kharkiv: NUCDU, 2021, pp. 327–328.

Серікова О. М.¹, Стрельнікова О. О.², Верушкін І.²
(¹НУЦЗУ; ²ІПМаш ім. А. М. Підгорного НАН України, м. Харків)
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ЧАСТОТ РЕЗЕРВУАРІВ ДЛЯ РІЗНОЇ
ТОВЩИНИ ОБОЛОНКИ ПРИ СЕЙСМІЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ
E-mail: sierikova_olena@ukr.net

Зазначимо, що динамічні характеристики оболонкових конструкцій з відсіками, частково заповненими рідиною, найбільш точно можуть бути визначені експериментальним шляхом. Але проведення таких натурних експериментів є коштовною і не завжди безпечною процедурою [1-4]. Тому стає актуальним проведення віртуальних комп'ютерних випробувань. В цьому дослідженні запропоновано новий ефективний метод для визначення частот та форм резервуарів, частково заповнених рідиною, з урахуванням різних факторів, таких як взаємний вплив плескань рідини та коливань пружних стінок, вплив параметрів пружної основи, рівня заповнення резервуару рідиною [5-7].