

## АНОТАЦІЯ

Оксененко К.О. Оцінювання надійності конструкцій спірально-фальцевих силосів для сипучих матеріалів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія (19 «Архітектура і будівництво»). – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». – Полтава, 2024.

Дисертаційна робота присвячена розробленню методики оцінювання надійності конструкцій спірально-фальцевих силосів.

*У першому розділі* виконано аналіз стану досліджень по темі дисертації. Розглянуто металеві листові конструкції, їх особливості, специфіку експлуатації у різних умовах та особливості розрахунку, як базу досліджень для теорії розрахунку тонкостінних ємностей. Наведено узагальнену класифікацію металевих силосів та досліджено галузь їх застосування. Описано технологію виготовлення спірально-фальцевих силосів, проаналізовано функції механізмів, які використовуються при монтажі силосу. Розглянуто поетапний процес монтажу конструкції силосу на будівельному майданчику. Проаналізовано переваги та недоліки спірально-фальцевих силосів. Розглянуто теорію визначення тиску сипучого матеріалу на дно та стінки силосів. Проведено огляд робіт в області досліджень металевих силосів та досліджень надійності будівельних конструкцій. Сформульовано задачі дисертаційної роботи.

*У другому розділі* для подальшого розв'язання поставленої задачі дослідження було зібрано та досліджено історію винаходу спірально-фальцевих конструкцій. Зроблено аналіз галузі застосування спірально-фальцевих силосів (закордонний та вітчизняний досвід). Зібрано технічні характеристики ємностей у залежності від функціонального призначення. Розроблено таблицю із загальними даними щодо параметрів спірально-фальцевих силосів, застосованих у різних галузях промисловості.

*У третьому розділі* розглянуто специфіку конструкції спірально-фальцевого силосу, яка впливає на їх напружено-деформований стан. Проведено

порівняння методик визначення навантажень та впливів на конструкції силосу за різними нормативними документами. Проаналізовано особливості розрахункової схеми спірально-фальцевих силосів. Наведено алгоритм розрахунку на міцність та стійкість металевих силосів за безмоментною теорією. Розглянуто напружено-деформований стан міжфальцевої ділянки оболонки з постійною товщиною стінки. Проведено порівняння розрахунків з аналітичними розрахунками програмного комплексу ЛІРА-САПР.

*У четвертому розділі* описано проведені експериментальні дослідження фальцевого замка на розтягуючі навантаження. Виявлено характер роботи фальцевого замка і прилеглих ділянок оболонки при дії розтягуючих навантажень. Зафіксовано згин прилеглої оболонки при розкритті фальцевого замка. Відзначено етапи навантаження, при яких фальцеве з'єднання працювало пружно. Виявлено характер роботи фальця до руйнування в основному відповідає позаграничному стану оболонки спірально-фальцевого силосу, що підтверджує його надійність при дії можливих підвищених аварійних навантажень.

Проведено експериментальну перевірку роботи міжфальцевої зони оболонки та прилеглих фальцевих замків спірально-фальцевого силосу. Виявлено характер взаємодії та деформування стінки з фальцевим з'єднанням. Оцінено ступінь розкриття фальців під навантаженням. Одержано дані щодо характеру роботи стінки та фальцевого з'єднання в граничному та позаграничному станах. Виконано порівняння експериментальних залежностей з розрахунком за методом скінченних елементів у програмному комплексі ЛІРА-САПР. Обґрунтовано висновок про надійну роботу стінки спірально-фальцевого силосу при експлуатаційних та підвищених навантаженнях.

*У п'ятому розділі* проведено огляд прикладів будівництва металевих спірально-фальцевих силосів на території України. Розглянуто технічні характеристики зведених силосів та область їх застосування.

Описано досвід експлуатації металевих спірально-фальцевих силосів на прикладі двох елеваторів. Розглянуто силосний парк підприємства ТОВ Ємилівське ХПП. Спірально-фальцеві силоси даного підприємства є

підтвердженням довговічності таких конструкцій, які знаходяться в експлуатації з 1971р.

Проведено технічне обстеження силосного парку Ботієвського елеватора (Запорізька обл.). На основі обстеження зроблено висновок про надійність спірально-фальцевих силосів. З досвіду експлуатації Ботієвського елеватора доведено, що системи розвантаження та завантаження силосу є важливими технологічними процесами, які впливають не тільки на продуктивність елеватора, але при неправильному проєктуванні та експлуатації можуть призвести до аварій. Розглянуто інші приклади аварій спірально-фальцевих силосів та проаналізовано причини, які їх спричинили.

*У шостому розділі* розроблено методику оцінювання надійності металевих спірально-фальцевих силосів на основі аналізу резерву міцності. Оцінювання надійності силосу проведено за трьома станами силосної конструкції: з урахуванням кільцевих напружень, з урахуванням складного напруженого стану та складного напружено- деформованого стану.

За результатами розрахунків виконано порівняння параметрів розрахунку надійності спірально-фальцевих силосів; побудовано графіки напружень та характеристик безпеки в залежності від розкиду характеристик сипучого матеріалу (пшениці); одержано чисельні оцінки надійності спірально-фальцевого силосу при завантаженні різними сипучими матеріалами. Одержані результати розрахунків підтвердили високу надійність металевих спірально-фальцевих силосів.

**Ключові слова:** будівельні конструкцій, металевий спірально-фальцевий силос, сипучий матеріал, досвід експлуатації, оцінювання надійності конструкцій.

## ABSTRACT

*Oksenenko Kateryna.* Reliability analysis of spiral-fold silos for bulk materials.

The thesis on conferment of the scientific degree of the doctor of philosophy on a specialty 192 – Construction and civil engineering (19 “Architecture and Construction). National University ‘Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic’. – Poltava, 2024.

The thesis is devoted to the development of a methodology of reliability analysis of spiral-flange silos.

*In the first section*, it was analyzed the state of research in the field of the thesis. The metal sheet structures, their features, specifics of operation in different conditions, and calculation features were considered as a research base for the theory of thin-walled silos analysis. The classification of metal silos is formulated and the field of their application was explored. The set of equipment for the construction of the spiral-fold silos was given, the step-by-step process of formation of the folding lock and features of the installation process were presented. The theory of determining the pressure of bulk material on the bottom and walls of silos was considered. A review of works in the field of research about metal silos and reliability studies of building structures was carried out.

*In the second section*, to further accomplish the research task, the history of the invention of spiral-fold structures was gathered and studied. The area of application of spiral- fold silos (foreign and domestic experience) is analyzed. The technical characteristics of the capacities depending on the functional purpose are collected. A table with general data concerning the parameters of spiral-fold silos used in various industries has been developed.

*The third section* considers the design specifics of the spiral-fold silo, which affects to their stress-strain state. A comparison of methods for determining loads and impacts on silo structures according to different regulatory documents was carried out. The features of the design scheme of spiral-flange silos were analyzed. An algorithm of strength design of a metal silo was presented. The stress-strain state of the inter-flange section of the shell with a constant wall thickness is considered. The comparison of the calculations with the finite element calculations in the LIRA-SAPR software package is carried out.

*In the fourth section*, it was described the experimental study of the folded lock on tensile loads. The character of the folded lock and the adjacent areas of the shell under tensile loads was revealed. The bending of the adjacent shell during the opening of the folded lock was recorded. The stages of loading at which the folded lock worked elastically were noted. The revealed character of the folded lock operation before

failure basically corresponds to the out-of-limit state of the spiral-fold silo shell, which confirms its reliability under the influence of possible increased failure loads.

An experimental study of the operation of the inter-flange zone of the shell and the adjacent folded locks of the spiral-fold silo was carried out. The character of interaction and deformation of the wall with the folded lock was revealed. The degree of folded lock opening under load was estimated. The data concerning the character of the wall and the folded lock in the limit and non-limit states were obtained. The experimental results were compared with the finite element analysis in the LIRA-SAPR software package. The conclusion about the reliable operation of the spiral-fold silo wall under operational and increased loads was substantiated.

*The fifth section* reviews examples of the construction of metal spiral-fold silos in Ukraine. The technical characteristics of the constructed silos and their application areas were considered. The experience of operation of metal spiral-column silos by the example of two elevators was described.

The silo elevator of the enterprise LLC Yemilovsky KhPP was considered. The spiral-fold silos of this enterprise are a confirmation of the durability of such structures, which have been in operation since 1971.

The silos of the Botievo elevator (Zaporizhzhia region) was inspected. Based on the review, a conclusion was made about the reliability of spiral-fold silos. The operating experience of the Botievo elevator proves that silo discharge and loading systems are important technological processes that affect not only to the productivity of the elevator, but can lead to accidents if the system is not designed and operated properly. Other examples of spiral-fold silo failures were considered and the reasons that caused them were analyzed.

*In sixth section*, it was developed a method of reliability analysis of metal spiral-fold silos based on the analysis of the strength reserve. The reliability analysis was carried out for three states of the silo structure: taking into account ring stresses, taking into account a complex stress state, and a complex stress-strain state.

According to the results of the analysis, the parameters of reliability analysis of spiral-fold silos were compared; diagrams of stresses and safety characteristics were

plotted depending on the range of bulk material characteristics (wheat). The obtained results of the analysis confirmed the high reliability of metal spiral-fold silos.

**Keywords:** building structures, metal spiral-fold silo, bulk material, operating experience, reliability analysis of structures.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Публікації у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз

1. Pichugin S., Oksenenko K., Hajiyev M., Sulewska M. Features of structures and calculation of steel spiral-fold silos. *ICSF 2021. Second international conference on sustainable futures: environmental, technological, social and economic matters. E3S Web of Conferences.* 2021. Vol. 280. P. 03006. doi.org/10.1051/e3sconf/202128003006. (SCOPUS, закордонне видання).

(Особистий внесок – описано особливості фальцевого замку, його геометрія та розташування. Зроблено аналіз особливостей конструкції спірально-фальцевого силосу, які впливають на їх напружено-деформований стан)

2. Pichugin S., Oksenenko K. Spiral-fold Silo is Innovative Storage for Wood Chips. *AIP Conference Proceedings.* 2023. Vol. 2678. P. 020013. doi.org/10.1063/5.0118821. (SCOPUS, закордонне видання).

(Особистий внесок – проведено розгляд особливостей тріски деревини як сипучого матеріалу. Наведено приклади використання спірально-фальцевих силосів, як складу для зберігання тріски деревини за кордоном та на території України. Описано досвід експлуатації спірально-фальцевих силосів на території України).

3. Pichugin S., Oksenenko K. Using of spiral-fold silos on the territory of Ukraine *ArCivE 2021. Xth International scientific conference on architecture and civil engineering.* Varna, 2021. Vol. 3. P. 430 – 437. <https://events.vfu.bg/arcive/files/2021/Proceedings%20ArCivE%202021.pdf>

(Особистий внесок – наведено розрахункову схему силосу. Проаналізовано нормативні документи, що регламентують питання проектування сталевих силосних ємностей на території України).

4. Pichugin S., Oksenenko K. Area of application and operation experience of spiral-fold silos in Ukraine. *ArCivE 2023. Xth International scientific conference on architecture and civil engineering*. Varna, 2023. Vol. 4. P. 14 – 22. <https://events.vfu.bg/arcive/files/2023/Proceedings%20ArCivE%202023.pdf>.

(Особистий внесок – проаналізовано та описано сферу застосування спіральньо-фальцевих конструкцій: силоси, для різних видів сипучих матеріалів; резервуари для зберігання різних рідин, метантенки в складі біоенергетичних установок. Розглянуто приклади багаторічного досвіду експлуатації цих конструкцій в різних галузях на території України. Наведено приклади аварій спіральньо-фальцевих силосів та причини їх виникнення).

#### **Публікації у наукових фахових виданнях України**

5. Pichugin S., Oksenenko K. Comparative analysis of design solutions of metal silos. *Academic journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering*. 2019. Vol. 53, № 2. P. 54 – 60. [doi.org/10.26906/znp.2019.53.1890](https://doi.org/10.26906/znp.2019.53.1890). (Фахове видання)

(Особистий внесок – сформовано класифікацію металевих силосів та досліджено галузь їх застосування. Описано технологію виготовлення спіральньо-фальцевих силосів, проаналізовано функції кожного механізму, який використовується при монтажі силосу).

6. Пічугін С., Оксененко К. З досвіду експлуатації економічних металевих спіральньо-фальцевих силосів для сипучих матеріалів. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. 2021. Вип. 40, С. 166 – 173. (Фахове видання) (Особистий внесок – проведено технічне обстеження елеватора зі спіральньо-фальцевими силосами з багаторічним досвідом експлуатації).

7. Пічугін С., Дмитренко А., Оксененко К. Експериментальне дослідження елементів конструкції металевих спіральньо-фальцевих силосів. *Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини*. 2022. Вип. 26. С. 135 – 144. [doi:10.31650/2707-3068-2022-26-135-144](https://doi.org/10.31650/2707-3068-2022-26-135-144). (Фахове видання) (Особистий внесок – проведено експериментальне дослідження, проаналізовано результати експерименту).

8. Pichugin S., Oksenenko K. Comparison of design methods for steel silos. *Academic journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering*. Vol. 2,

№59. Р. 63 – 69. (Фахове видання) *(Особистий внесок – Проведено огляд нормативних документів, які діють на території України, що регламентують питання визначення навантажень та зусиль в силосних ємностях. Проаналізовано відмінності між розрахунками горизонтальних та вертикальних тисків на стіни силосів за ДБН В2.2-8-98 Підприємства, будівлі та споруди по зберіганню та переробці зерна та ДСТУ-Н Б EN 1991-4:2012 Єврокод 1. Дії на конструкції. Ч. 4. Бункери і резервуари.)*

9. Пічугін С., Шульгін В., Оксененко К. Експериментальне дослідження напружено-деформованого стану стінки сталевого спірального-фальцевого силосу. *Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини*. 2023. Вип. 27. С. 94 – 103. doi:10.31650/2707-3068-2023-27-94-103. (Фахове видання) *(Особистий внесок – проведено експериментальне дослідження, проаналізовано результати експерименту)*.

#### **Публікації в інших виданнях**

10. Пічугін С., Оксененко К. Сталеві спіральні-фальцеві конструкції у складі біоенергетичних комплексів. *Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022*: колективна монографія Полтава – Львів: НУПП імені Юрія Кондратюка, НУ «Львівська політехніка». Дніпро, 2022. С 470 – 484. *(Особистий внесок – проаналізовано характеристики тріски деревини як сипучого матеріалу. Розглянуто приклади використання спіральних-фальцевих конструкцій як складів для зберігання біомаси в твердому вигляді, за кордоном та на території України. Описано перший спіральний-фальцевий метантенк з горизонтальним процесом ферментації. Розглянуто види спіральних-фальцевих метантенків, їх технічні характеристики та особливості)*.

11. Пічугін С., Оксененко К. Сучасні спіральні-фальцеві ферментери у складі підприємств із виробництва біоетанолу. *Екологія. Довкілля. Енергозбереження*. 2023: колективна монографія / під ред. О. В. Степової. Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка. Полтава, 2023. С. 158 – 170. *(Особистий внесок – надано класифікацію ферментерів, в залежності від способу ферментації субстрату, виділені переваги твердофазного бродіння. Описано типи ферментерів, їх*



*переваги, недоліки та сфери застосування, в залежності від внутрішнього оснащення. Проаналізовано переваги та недоліки металевих та залізобетонних резервуарів, застосованих в якості конструкцій ферментерів. Описано перший горизонтальний ферментер спірально-фальцевого типу. Наведено конструкцію та характеристики сучасного спірально-фальцевого ферментера – важливої складової біоетанольних комплексів.)*

12. Пічугін С.Ф., Оксененко К.О., Андрієвський Ю.В. Застосування сталевих спірально-фальцевих силосів у сучасних умовах. *Промислове будівництво та інженерні споруди*. 2023. Вип. 4. С. 25 – 31. (Особистий внесок – проаналізовано та описано сферу застосування спірально-фальцевих конструкцій. Розглянуто приклади багаторічного досвіду експлуатації цих конструкцій в різних галузях на території України. Наведено приклади аварій спірально-фальцевих силосів та причини їх виникнення. Проаналізовано експериментальні дослідження спірально-фальцевих силосів, які підтвердили високу надійність і економічність цих конструкцій.)

### **Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації**

1. Пічугін С., Оксененко К. Конструктивні рішення сталевих силосів для сипучих матеріалів. *Академічна й університетська наука: результати та перспективи*: зб. наук. праць XII Міжнар. наук.-практ. конф.. м. Полтава, 6 грудня 2019 р. Полтава: Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2019. С. 291 – 294.

2. Пічугін С., Оксененко К. Сталеві спірально-фальцеві силоси: конструкція і розрахунок. *72-га наукова конференція професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету, присвячена 90-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*. Тези 72-ої наук. конф. м. Полтава, 21 квітня – 6 травня 2020 р. Полтава: Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2020. С. 492 – 493.

3. Пічугін С., Оксененко К. Особливості конструкцій і розрахунку сталевих спірально-фальцевих силосів. *III Міжнародна українсько-азербайджанська конференція «BUILDING INNOVATIONS – 2020»*: зб. наук. праць за матер. III

Міжнар. українсько-азербайджанська конф. Баку – Полтава, 1 – 2 червня 2020р. Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка. 2020. С. 161 – 163.

4. Пічугін С.Ф., Оксененко К.О., Андрієвський Ю.В. Інноваційний тип тонкостінної просторової конструкції для сипучих матеріалів – спірально-фальцевий металевий силос. *«Тренди та тенденції розвитку будівельної галузі»*: матер. міжнар. наук.-прак. конф. Харків, 18 – 19 листопада 2020р. Харків: ХНУМГ. 2020. С. 119 – 120. [https://science.kname.edu.ua/images/dok/konferentsii/2020konf/2020\\_11\\_compressed.pdf](https://science.kname.edu.ua/images/dok/konferentsii/2020konf/2020_11_compressed.pdf).

5. Пічугін С.Ф., Шульгін В.В., Оксененко К.О. Експериментальне дослідження сталевого спірально-фальцевого силосу. *73-я наукова конференція професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету*. Тези 73-ої наук. конф. м. Полтава, 21 квітня – 13 травня 2021р. Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка. 2021. С. 132 – 133.

6. Пічугін С.Ф., Шульгін В.В., Оксененко К.О. Експериментальне дослідження конструкцій сталевого спірально-фальцевого силосу. *IV Міжнародна українсько-азербайджанська конференція «BUILDING INNOVATIONS – 2021»*: зб. наук. праць за матер. IV Міжнар. українсько-азербайджанська конф. Баку – Полтава, 20 – 21 травня 2021р. Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка. 2021. С. 156 – 158.

7. Пічугін С. Ф., Оксененко К. О., Андрієвський Ю.В. Спірально-фальцевий силос – інноваційний склад для зберігання тріски деревини. *«Інноваційні технології у будівництві, цивільній інженерії та архітектурі»*. Матер. XIX міжнар. наук.-прак. конф. м. Чернігів, 19 – 22 вересня 2021р. Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка». С. 245 – 246.

8. Пічугін С.Ф., Оксененко К.О. Тріска деревини, як паливо для біоенергетичних комплексів. *«Екологія. Довкілля. Енергозбереження»*. Матер. II міжнар. наук.-практ. конф. м. Полтава, 2 – 3 грудня 2021р. Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка. 2021. С. 266 – 268.

9. Пічугін С.Ф., Оксененко К.О. Модульний склад шатрового типу для тимчасового зберігання зерна. *74-та наукова конференція професорів,*

викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Зб. матер. 74-ої наук. конф. м. Полтава, 28 квітня 2022р. Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка. 2022. С. 106 – 107.

10. Пічугін С.Ф., Оксененко К.О. Метантенк – металевий спірально-фальцевий резервуар – у складі біоенергетичних об'єктів. *«Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022»*. Зб. матер. I Міжнар. наук.-практ. конф., Полтава – Львів. 26 – 27 травня 2022р. Полтава – Львів: НУПП імені Юрія Кондратюка, НУ «Львівська політехніка». 2022. С. 483 – 485.

11. Пічугін С.Ф., Дмитренко А.О., Оксененко К. О. Робота фальцевого замка металевих спірально-навивних силосів. *Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини*. Тези доповідей. м. Одеса, 9 – 11 червня 2022р. м. Одеса: ОДАБА. 2022. С. 35 – 37.

12. Пічугін С. Ф., Оксененко К. О. Розрахунок міцності та надійності сталевих силосів. *Комплексні композитні конструкції будівель та споруд в умовах воєнного стану*. Зб. наук. пр. за матер. XIV Міжнар. наук.-тех. конф. м. Полтава, 20 – 22 червня 2022р. Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка. 2022. С. 99 – 101.

13. Пічугін С.Ф., Оксененко К.О. Конструктивні рішення споруд для тимчасового зберігання зерна. *Environment recovery and reconstruction: war contex 2022*. Зб. матер. Міжнар. наук.-практ. конф. м. Полтава, 17–18 листопада 2022 року. Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка. 2022. С. 85 – 86.

14. Пічугін С. Ф., Оксененко К. О. Перспективні рішення ферментерів у складі виробництв біоетанола. *Екологія. Довкілля. Енергозбереження*. Зб. матер. III Міжнар. наук.-практ. конф. м. Полтава, 1 – 2 грудня 2022 року. Полтава : НУПП імені Юрія Кондратюка. 2022. С. 236 – 239.

15. Пічугін С.Ф., Шульгін В.В., Оксененко К.О. Дослідження роботи міжфальцевої зони стінки металевого спірально-фальцевого силосу . *Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини*. Тези доповідей. м. Одеса, 8 – 10 червня 2022р. м. Одеса: ОДАБА. 2023. С. 35 – 37.

16. Пічугін С.Ф., Оксененко К.О. Металеve сховище спірально-фальцевого типу. *Проблеми будівельного та транспортного комплексів*. Зб. матер. Міжнар.

наук.-тех. on-line конф. м. Кропивницький, 23 – 24 травня 2023р.  
Кропивницький: ЦНТУ. 2023. С. 114 – 115

17. Пічугін С. Ф., Шульгін В.В., Оксененко К. О. Дослідження роботи на згин міжфальцевої зони стінки спірально-фальцевого силосу. *Проблеми будівельного та транспортного комплексів*. Зб. матер. Міжнар. наук.-тех. on-line конф. м. Кропивницький, 23 – 24 травня 2023р. Кропивницький: ЦНТУ. 2023. С. 116 – 117.

18. Пічугін С., Оксененко К. Спірально-фальцеві силоси – надійні листові конструкції універсального призначення. *Академічна й університетська наука: результати та перспективи*: зб. наук. праць XVI Міжнар. наук.-практ. конф. м. Полтава, 12 – 13 грудня 2023р. Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка, 2023. С. 324 – 326.

19. Пічугін С., Оксененко К. Спірально-фальцеві ємності – невід’ємна складова біоенергетичних комплексів. *Просування енергоефективності та підготовка фахівців для відбудови України*. Матер. наук.-практ. конф. м. Дніпро, 13 березня 2024 р. Дніпро: Енерго-інноваційний хаб ПДАБА, 2024. С. 100 – 103.

20. Пічугін С.Ф., Оксененко К.О. Сфера застосування металевих спірально-фальцевих конструкцій. *IX Міжнародна науково-практична інтернет-конференція здобувачів вищої освіти та молодих учених «Інновації у будівництві»*. Тези доповідей. м. Луцьк, 14 травня 2024р. [bit.ly/iic-2024](https://bit.ly/iic-2024)

21. Пічугін С.Ф., Оксененко К.О. Методи розрахунку надійності конструкцій спірально-фальцевих слосі. *76-та наукова конференція професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету*. Зб. матер. 76-ої наук. конф. м. Полтава, 17 травня 2024р. Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка. 2024. С. 126 – 127.

22. Оксененко К.О., Титаренко А.Т., Токарь Б.С. Експериментальне дослідження роботи на згин міжфальцевої зони оболонки спірально-фальцевого силосу. *76-та наукова конференція професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету*. Зб. матер. 76-ої наук. конф. м. Полтава, 17 травня 2024р. Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка. 2024. С. 128 – 129.