

ВІДГУК

*офіційного опонента кандидата технічних наук, доцента Гілодо О.Ю.
на дисертаційну роботу Оксененко Катерини Олександрівни
«ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ
СПІРАЛЬНО-ФАЛЬЦЕВИХ СИЛОСІВ ДЛЯ СИПУЧИХ МАТЕРІАЛІВ»
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 19 Архітектура та будівництво
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія*

Актуальність теми. Однією з важливих проблем розвитку промисловості є проблема надійного і дешевого зберігання сировини. В будь якій галузі виникає необхідність перероблення і зберігання сипучих матеріалів: цементу, піску, концентратів. Для України особливе значення має агропромислова галузь і відповідно зберігання сільськогосподарської продукції: кукурудзи, сої, пшениці. Споруди для зберігання відомі – це сталеві силоси. Існують і застосовують на практиці різні конструктивні рішення, серед них найбільш популярні панельні і цільнозварні. Але певні недоліки, такі як значна вага, вартість, неможливість зберігання матеріалів з найменшими розмірами твердих частин, унеможлиблюють визначити їх, як досконалі. Проблему вирішують спірально-навивні силоси з фальцевим замком. Позбавлені необхідності застосовувати болтові і зварні з'єднання, при швидкому автоматизованому монтажі, такі конструкції мають суттєві переваги. Їх більш широкому застосуванню заважають недостатньо повні відомості щодо аналізу напружено –деформованого стану при різних навантаженнях і протиріччя в існуючій нормативній документації.

Виходячи з цього, тема дисертаційної роботи, що присвячена розв'язанню важливого завдання оцінюванню надійності спірально - фальцевих силосів, на основі врахування особливостей конструкції та дійсної роботи під навантаженням, є **актуальною** та підкреслює важливість поставлених у роботі задач для

забезпечення довоготривалої й безпечної експлуатації споруд для зберігання сипучих матеріалів.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Робота виконана в рамках держбюджетних дослідних тем у Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»: «Ресурсоекономні технології відновлення і реконструкції житлових, громадських виробничих будівель та захисних споруд цивільної оборони» (державний реєстраційний номер 0116U002567), «Комплексні конструктивні рішення забезпечення енергоефективності громадських будівель в умовах євроінтеграції» (державний реєстраційний номер 0118U001097), «Енергоефективні конструктивні рішення елементів будівель» (державний реєстраційний номер 0121U10).

Аналіз змісту дисертації. Дисертація складається із вступу, шести розділів, висновків, додатків і списку літературних джерел із 159 найменувань; викладена на 269 сторінках: основного тексту 192 сторінок, рисунків 102, таблиць 14, додатків 5.

У **вступі** (7 сторінок) обґрунтовується актуальність теми, систематизовані задачі, які необхідно вирішити для досягнення поставленої мети. Сформульовані мета, об'єкт, предмет, методи досліджень, наукова новизна отриманих результатів та практична значимість і зв'язок роботи з науковими програмами, визначено особистий внесок здобувача й описана апробація результатів роботи.

В **розділі 1** (31 сторінка) приведений аналіз досліджень по темі дисертації. Огляд сталевих листових конструкцій, особливості та основи теорії їх розрахунку. Наводиться узагальнена класифікація сталевих силосів. Проводиться аналіз переваг та недоліків кожного типу конструкцій. Описується поетапна технологія монтажу спіральних - фальцевих силосів, їх переваги та недоліки. Розглядаються методи визначення основних навантажень від тиску сипучих матеріалів. Проводиться критичний аналіз результатів досліджень. Розглянуті джерела інформації в цілому слід визнати достатніми.

У розділі 2 (28 сторінок) зроблений аналіз галузі застосування спірально-фальцевих силосів. Дана хронологія винаходів системи подвійного фальцювання, починаючи з 1955 по 2017 рік. Приведені основні характеристики фальцювальних машин і верстатів для виготовлення кінцевих продуктів різного діаметру і різного призначення, від водостічних труб до труб різних діаметрів, силосів і резервуарів. Дана характеристика верстатів подвійного фальцювання для формування листового металу. Проаналізована технологія автоматизованого зварювання резервуара зі сталевієї смуги, що обертається по спіралі і утворює герметичну та міцну споруду. Розглядаються фактичні і можливі галузі застосування спірально - фальцевих силосів і з вказанням їхніх технічних характеристик, типу застосованого металу та основного обладнання. При дослідженні застосування конструкцій у різних галузях промисловості було проаналізовано закордонний та вітчизняний досвід. Зібрано технічні характеристики ємностей спірально - фальцевого типу в залежності від функціонального призначення. За результатами даного розділу було створено таблицю із загальними даними, щодо параметрів спірально - фальцевих силосів, застосованих у різних галузях промисловості.

У розділі 3 (39 сторінок) проведено порівняння методик визначення навантажень та впливів на конструкції силосу за різними нормативними документами. В результаті зроблений висновок про суттєві розбіжності між ДБН та ДСТУ при розрахунку горизонтальних та вертикальних тисків на стіни силосів. Проаналізовано особливості розрахункової схеми спірально – фальцевих силосів. Наведено алгоритм розрахунку на міцність сталевих силосу за безмоментною теорією. Розглянуто напружено - деформований стан міжфальцевої ділянки оболонки з постійною товщиною стінки. Проаналізовано алгоритм розрахунку прогину та згинаючого моменту в характерних перерізах обичайки. Проведено порівняння теоретичних розрахунків із розрахунками методом скінченних елементів у програмному комплексі ЛПА-САПР на двох різних моделях. Для порівняння розрахунків було змодельовано силосну конструкцію та прикладено відповідні навантаження від сипучого матеріалу.

Розділ 4 (24 сторінки) присвячений опису результатів випробувань фальцевого замку на розтягуючі зусилля та порівняння отриманих даних із розрахунками методом скінченних елементів і міжфальцевої зони оболонки силосу на згин. Виявлено характер роботи фальцевого замка і прилеглих ділянок оболонки при дії розтягуючих зусиль, зафіксовано згин прилеглої оболонки при розкритті фальцевого замка, виявлено, що експлуатаційні навантаження відповідають початковій стадії роботи фальця без його розкриття, показано, що випробувана конструкція фальця забезпечує надійну роботу оболонки на проєктні навантаження, виявлений характер роботи фальця до руйнування в основному відповідає позаграничному стану оболонки спірально - фальцевого силосу і підтверджує його надійність при дії можливих підвищених аварійних навантажень. Експериментальне дослідження міжфальцевої зони оболонки силосу на згин показало, що на всіх циклах завантаження міжфальцева зона працювала пружно, виявлено характер взаємодії та деформування стінки з фальцевим з'єднанням, підтверджено, що прогин міжфальцевої зони сприяє розкриттю фальцевого замка, оцінено ступінь розкриття фальців. одержані дані щодо характеру роботи стінки та фальцевого з'єднання в граничному та позаграничному станах, виконано порівняння експериментальних залежностей із розрахунком методом скінченних елементів у програмному комплексі ЛІРА-САПР, обґрунтовано висновок про надійну роботу стінки спірально - фальцевого силосу при експлуатаційних та підвищених навантаженнях.

Розділ 5 (22 сторінки) містить приклади будівництва сталевих спірально -фальцевих силосів на території України. Розглянуто технічні характеристики силосів та області їх застосування. Описано досвід експлуатації сталевих спірально - фальцевих силосів на прикладі двох елеваторів. Розглянуто силосний парк підприємства ТОВ Ємилівське ХПП. Спірально - фальцеві силоси даного підприємства підтверджують довговічність таких конструкцій. Проведено огляд силосного парку Ботієвського елеватора (Запорізька обл.). На основі огляду зроблено висновок про надійність спірально - фальцевих силосів. Із 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 спіральних - фальцевих силосів та проаналізовано причини, які їх спричинили.

Розділ 6 (38 сторінок) присвячений методиці оцінювання надійності спіральних - фальцевих силосів на основі аналізу резерву міцності. Оцінювання надійності силосу на основі аналізу резерву міцності було проведено за трьома станами силосної конструкції: з урахуванням кільцевих напружень, з урахуванням складного напруженого стану та складного напружено - деформованого стану. Результати показали значний відсоток розбіжності за двома методами і вирішальний вплив питомої ваги сипучого матеріалу при врахуванні поздовжніх напружень, що відіграє значну роль у величині характеристики безпеки. Виявлено, що врахування прогину міжфальцевої зони спіральної - фальцевої силосної конструкції впливає на значне підвищення меридіональних напружень. За результатами розрахунків створено таблиці порівняння параметрів розрахунку надійності, графіки напружень та характеристик безпеки в залежності від розкиду характеристик пшениці, одержано чисельні оцінки надійності спіральної - фальцевої силосної конструкції при завантаженні різними сипучими матеріалами.

У **загальних висновках** (3 сторінки) автор приводить підсумки роботи.

У **додатках** (44 сторінки) розміщені: список опублікованих наукових праць здобувача за темою дисертації, результати механічних досліджень роботи зразків сталі DX51D, експериментальних досліджень фальцевого замку на розтягуючі зусилля, експериментальне дослідження роботи міжфальцевої зони оболонки силосу на згин, довідки про впровадження результатів дисертаційної роботи.

Побудова роботи логічна, всі розділи дисертації пов'язані між собою.

Автор продемонстрував здатність ставити задачі дослідження, вибирати методи їх розв'язання, доводити дослідження до конкретної практичної розробки.

Ступінь обґрунтованості наукових положень дисертації, їх достовірності й новизни. Роботу, яка розглядається, характеризує

необхідний науково - методичний рівень, поєднання розрахунково - теоретичних та експериментальних досліджень зразків сталеві стінки силоса з фальцями, використання сучасної методики обробки результатів експериментів, порівняльного аналізу результатів теоретичної несучої здатності з даними натурних випробувань. Представлені наукові положення та результати дисертаційної роботи є достатньо науково обґрунтованими, висновки – достовірними. Науковий рівень результатів досліджень, виконаних Оксененко К.О., достатній для дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в тому, що:

- вперше отримано результати порівняння нормативних розрахунків визначення навантажень та впливів на конструкції силосу за різними нормативними документами;
- одержані нові дані щодо характеру роботи елементів конструкцій спіралью - фальцевих силосів;
- розроблено методику розрахунку надійності металевих спіралью - фальцевих силосів;
- вперше отримано числові значення оцінок надійності спіралью-фальцевого силосу та проведено порівняння рівня надійності силосу при завантаженні різними сипучими матеріалами.

Повнота відображення основних положень дисертації в опублікованих роботах. Основні результати дисертаційної роботи викладені в 12 публікаціях, із них 2 у наукометричній базі SCOPUS, 5 у фахових виданнях, рекомендованих ВАК України, 2 – у закордонних виданнях. Опубліковані матеріали достатньо повно висвітлюють основні положення роботи. У публікаціях, виконаних у співавторстві, особистий внесок дисертанта відображено відповідно до отриманих ним особисто результатів.

Значущість результатів дисертаційного дослідження для науки і практики. Отримані результати розширюють основні положення чинних норм щодо розрахунку конструкції спіралью – фальцевих резервуарів при дії розтягуючих зусиль на фальцеве з'єднання і міжфальцевої зони на згин, уточнюють опис їх роботи, що дозволяє проектувати їх надійними та

економічними. Основні положення виконаного дослідження пройшли усі види апробації: вони широко опубліковані в наукових виданнях (в тому числі і за кордоном), використані на практичному рівні, обговорені на різного рівня, в тому числі і міжнародних, конференціях.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що одержано нові результати порівняння нормативних розрахунків визначення навантажень та впливів на конструкції силосу за ДБН В2.2-8-98 та ДСТУ-Н Б EN 1991-4:2012. Вивчена робота фальцевого з'єднання штрипса при дії розтягуючих навантажень та робота оболонки в міжфальцевій зоні при згині. Розроблена методика оцінювання надійності конструкцій сталевих спірально – фальцевих силосів.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. У дисертаційній роботі Оксененко К.О. не виявлено ознак академічного плагіату та інших порушень, які могли б поставити під сумнів самостійний характер виконаного дослідження та дотримання норм академічної доброчесності.

Відповідність дисертації встановленим вимогам. Дисертація Оксененко Катерини Олександрівни є завершеною науковою працею. Робота написана державною мовою із дотриманням наукового стилю. Дисертація за вимогами щодо структури, змісту, загального обсягу та кількості наукових публікацій, що висуваються до здобувача наукового ступеня доктора філософії, відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України, та є результатом науково-дослідної роботи, що характеризується належним науково - методичним рівнем її виконання.

Зауваження та побажання за роботою:

1. Формулювання «Мети роботи» і далі в тексті дисертації застосовується термін «Металеві силоси», а дослідження проводили сталевих силосів (с.18).
2. У переліку задач, що потрібно вирішити в результаті виконання дисертації, присутній алгоритм розрахунку на міцність (п.5) і не має інформації щодо вимог до деформативності силосу (с.19).

3. Об'єкт дослідження – дійсна робота Слово «дійсна» передбачає, що існує і не дійсна робота (с.19).
4. Наукова новизна, пп. 2, 3 – вимагають більш зрозумілого формулювання з визначенням конкретних результатів (с.21).
5. Наукова новизна, п. 4 – чи може відповідність результатів бути науковою новизною? (с.21).
6. Результати дисертаційної роботи використовуються в учбовому процесі... - навчальному процесі (с.21).
7. Примітка 1. В ДБН В.2.2-8-98 *Силосом вважається вертикальна циліндрична чи призматична ємкість, призначена для зберігання сипкого матеріалу. При цьому висота від верху воронки чи набетонки (забутки) до низу надсилосного перекриття (рисунок 1) повинна бути, як правило, понад 1,5 А (де А - площа горизонтального перерізу силосу) була виправлена в поправках до ДБН В.2.2-8-98 1,5 √А. В роботі приведений початковий варіант терміну (с. 30).*
8. На сторінці 122 приведено: *Додатковими причинами згину стінки спірально - фальцевих силосів є допущення помилок в процесі зведення корпусу, які призводять до таких наслідків: **нешільне обтиснення фальцевого з'єднання, тріщини у фальцах...*** . Для забезпечення надійності конструкції силосу було б доцільним додати в роботі аналіз впливу високих температур в літній період на можливість розкриття фальцевого з'єднання, що може призвести до нещільного обтиснення і, як наслідок, згину стінки силосу.
9. На сторінці 132 приведено: *Перевірка силосної конструкції проводилась для заповненого силосу, а також для незаповненого сипучим матеріалом силосу при дії вітрового навантаження.* Було б доцільно проаналізувати надійність роботи силоса при дії динамічних впливів, які можуть виникнути при розвантаженні силосу. При зберіганні зерна з підвищеною вологістю виникає явище «залипання», яке призводить до асиметрії профіля потоку продукту відносно вертикальній осі силосу. В результаті виникає нерівномірне горизонтальне розтягувальне зусилля, по периметру стін і вертикальний нерівномірний тиск на стіни.

Результатом такого явища може стати втрата стійкості оболонки силосу.

10. Деякі із загальних висновків (с. 206) потребують уточнення і переформулювання, зокрема:

- п. 3 бажано подати у вигляді: «Проведений аналіз результатів розрахунків визначення навантажень та впливів на конструкції силосу за ДБН В2.2-8-98 та ДСТУ-Н Б EN 1991-4:2012 виявив наступні розходження у вказаних документах: значення нормативних горизонтальних тисків на стінку силосу за ДСТУ, при яких враховувався розкид сипких матеріалів, на 27–48 % більші, ніж при розрахунках за ДБН; значення нормативних вертикальних тисків від сил тертя тиски за ДСТУ більші на 1–23 % »;

- з п. 6 слід виключити номери формул і загальне посилання на розрахунок в ЛІРА – САПР.

- п. 9 доцільно сформулювати як: «Розроблено методику оцінювання надійності конструкцій сталевих спіральні - фальцевих силосів з урахуванням трьох станів роботи силосу: з урахуванням кільцевих напружень, з урахуванням складного напруженого стану та складного напружено - деформованого стану».

Загальний висновок. Тематичне спрямування матеріалів дисертаційної роботи, її науково - прикладні результати та висновки відповідають галузі знань 19 Архітектура та будівництво за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія. Вони є достатньо науково обґрунтованими. Дисертація Оксененко Катерини Олександрівни є завершеним дослідженням, в якому запропонована методика оцінювання надійності конструкцій сталевих спіральні - фальцевих силосів. За змістом та оформленням дисертаційна робота відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня

2022 року, а її автор, Оксененко Катерина Олександрівна, заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Офіційний опонент
кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри Металевих, дерев'яних
та пластмасових конструкцій
Одеської державної академії
будівництва та архітектури


Олександр Гілодо

ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ:
Проректор з наукової роботи ОДАБА




Сергій КРОВЯКОВ