

Міністерство освіти і науки України  
Національний авіаційний університет

**РЕФЕРАТ**

роботи на здобуття премії Президента України для молодих вчених

**СТВОРЕННЯ НАДІЙНИХ ТА ЖИВУЧИХ ЗЕРНОСХОВИЩ В УМОВАХ  
ВІЙНИ ТА СВІТОВОЇ ПРОДОВОЛЬЧОЇ КРИЗИ**

05 Технічні науки

**МАХІНЬКО Наталія Олександрівна** – доктор технічних наук, доцент,  
професор кафедри комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції  
аеропортів Національного авіаційного університету, 30.04.1985.

Київ, 2024

Агропромисловий комплекс традиційно є потужним драйвером економічного зростання України, що забезпечує не лише продовольчу безпеку країни, але й експортний потенціал. Наша країна є частиною глобального зернового ринку, «європейською житницею» для всього світу і до недавнього часу характеризувалася стабільно позитивною тенденцією щорічного зростання. Однак негативні наслідки пандемії COVID-19 та воєнне вторгнення в Україну порушили баланс функціонування світової агропродовольчої системи, викликавши масштабну продовольчу кризу та наблизили мільйони людей до голодної смерті. Викликом часу стало для українських аграріїв виростити, зберегти та забезпечити збут зернових і олійних культур в умовах воєнного стану, адже «воєнними цілями» країни-агресора стають зерносховища, продовольчі склади транспортні термінали та інфраструктура. З огляду на це особливо актуально постала проблема створення надійних та живучих споруд елеваторних підприємств, які забезпечують збереження зернової продукції в умовах її сезонного характеру виробництва та постійної високої споживчої необхідності. В першу чергу це стосується конструкцій систем сталевих оцинкованих силосів. Ці споруди дозволяють довготривало зберігати продукцію та дають змогу здійснювати високотехнологічне переміщення зерна, його кондиціонування та переробку з мінімальним втручанням персоналу. Наразі дефіцит ємностей зберігання гостро відчувається як у окремих аграріїв, так і для цілих сільськогосподарських холдингів, а попит на розрахунки силосних конструкцій у заводів-виробників тільки зростає.

Незважаючи на просту геометричну форму силосу, дійсна робота системи «ємність-сипучий матеріал» має велику кількість розбіжностей з теоретичними моделями поведінки конструкції. Особливої складності проблема набуває, коли ємність підсилена вертикальними чи горизонтальними ребрами жорсткості різної конструктивної форми та встановленими з різним кроком. Відсутність практичного розуміння поведінки конструкції в умовах складного напружено-деформованого стану є основною причиною невтішної статистики аварій. Наприклад, ємність, розрахована на тиск сипучого матеріалу з випробуваними циклами завантаження-розвантаження, цілком може виявитися аварійною при

сприйнятті розрахункових вітрових навантажень з періодом повторюваності в декілька десятків років. В даному випадку прослідковується недостатня вивченість вітрових впливів на сталеві ємності, особливо у складі груп. Іншим прикладом може слугувати ситуація з неякісно виконаним монтажем основи, коли навіть апробоване часом конструктивне рішення ємності виявляється неробочим. Дана ситуація цілком ймовірна при неврахуванні можливої піддатливості основи багатотонної споруди. Список прикладів можливо розширити й невірно обраними розрахунковими схемами, пов'язаними з асиметричним відвантаженням зерна, складним характером болтових з'єднань, наявністю локальних дефектів і пошкоджень тощо.

Останнім вагомим аргументом для даного дослідження стало набрання чинності принципово нового нормативного документа ДБН В.2.6-221:2021 «Конструкції силосів сталевих з гофрованою стінкою для зерна», який змінює правила проектування даних споруд. Хоча нові норми і враховують величезний світовий досвід із проектування, зведення та експлуатації силосів та мають пряме й правочинне посилання на необхідні стандарти системи загальноєвропейського нормування Eurocode, в них відсутні механізми визначення рівня надійності, якому відповідає споруда. Це питання залишається відкритим і для замовника, який не може обґрунтовано зважити всі ризики використання споруд даного класу. Вказані аспекти стали переконливими аргументами для створення єдиної методології розрахунку й проектування сталевих ємностей для зберігання зерна із забезпеченням необхідного рівня надійності, яка представлена в даній роботі. Це є необхідною умовою для забезпечення безперервної роботи елеваторів необхідної для стабільного та рівномірного експорту базисної продукції і важлива у національно стратегічному забезпеченні продовольчим запасом.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Тема дослідження і отримані результати відповідають актуальному напрямку науково-технічної політики України відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 23.05.2011 №547 «Про затвердження Порядку застосування будівельних норм, розроблених на основі національних технологічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами Європейського

Союзу». Зміст дослідження відповідає двом напрямам з переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2023 року, відповідно Постанови Кабінету Міністрів України від 7.09 2011 р. № 942, зокрема «Проблема забезпечення продовольчої безпеки» та «Перспективні технології агропромислового комплексу та переробної промисловості». Також, відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 09 травня 2023 р. № 455 підприємства, сферою діяльності яких є експлуатація елеваторів віднесені до переліку секторів критичної інфраструктури.

**Метою роботи** є розробка та впровадження у сферу сільськогосподарського будівництва новітніх науково-технічних рішень із проєктування та зведення надійних та живучих зерносховищ, працюючих в проєктних та особливих умовах воєнного часу для забезпечення безперервної роботи елеваторів та стабільного та рівномірного експорту базисної продукції.

#### **Завдання дослідження.**

- науковий аналіз світових підходів до нормування проєктних та особливих навантажень на зерносховища та методи їх розрахунку;

- масштабне експериментальне дослідження параметрів міцності найбільш застосованих сталей провідних світових виробників з метою визначення їх статистичних характеристик;

- розробка системи наукових методів встановлення параметрів напружено-деформованого стану циліндричного корпусу ємностей під осесиметричним та несиметричним навантаженням з урахуванням ряду їх конструктивні особливостей (застосування плоских та профільованих листів при різних параметрах профілювання і варіюванні кількості вертикальних ребер жорсткості);

- комплексне дослідження напружено-деформованого стану конструкцій конусних покрівель циліндричних силосних ємностей різних розмірів та конфігурації (без кілець жорсткості та з одним, двома чи трьома кільцями, за відсутності та з урахуванням другорядних балок, при симетричному та несиметричному навантаженні);

- експериментальна оцінка вітрових впливів на ємності зберігання зерна у складі силосних парків, основу на чисельному моделюванні турбулентного вітрового потоку;

- створення загальної методології розрахунку надійності конструкцій ємностей, що працюють в умовах згину, осьового й позацентрового стиску або розтягу при стохастичних властивостях зовнішніх впливів та параметрів міцності сталі;

- аналіз надійності багатоболтових з'єднань силосних ємностей, утворених із болтів одного та різного класів міцності;

- економіко-ймовірнісний опис оптимальних рівнів надійності сталевих ємностей на основі мінімізації функцій сумарного ризику.

**Об'єкт дослідження:** дійсна робота сталевих ємностей для зберігання зерна під дією випадкових змінних навантажень та стохастичній міцності їх елементів.

**Предмет дослідження:** імовірність безвідмовної роботи як основний об'єктивний показник надійності сталевих ємностей для зберігання зерна.

**Методи дослідження:** загальні методи емпіричного й теоретичного дослідження (експеримент, абстрагування, моделювання, аналіз та синтез); методи будівельної механіки та опору матеріалів; методи математичного моделювання; метод скінчених елементів; методи випробування матеріалів; методи комп'ютерної (обчислювальної) аеродинаміки; методи математичної статистики та теорії ймовірності.

#### **Наукова новизна отриманих результатів:**

- вперше розроблена методологія розрахунку надійності конструкцій ємностей зберігання при врахуванні стохастичних властивостей сталі та дії випадкових навантажень, на основі якої отримано аналітичні вирази для визначення імовірностей безвідмовної роботи конструкцій в умовах різного напружено-деформованого стану;

- на основі аналізу світових підходів з нормування навантажень вперше було виявлено основні чинники неузгодженості, які провокують найбільші суперечності при оцінці параметрів напружено-деформованого стану таких споруд;

- дістала подальшого розвитку статистична оцінка характеристик міцності сучасних будівельних сталей для виробництва ємностей зберігання на основі нових даних експериментальних випробувань різних класів сталі;

- набув подальшого розвитку методологічний підхід до розрахунку корпусу циліндричних ємностей зберігання як підкріпленої оболонки обертання на осесиметричне та несиметричне навантаження, який, на відміну від попередніх, враховує конструктивні особливості реальних споруд та дозволяє встановлювати параметри напружено-деформованого стану як в листах корпусу, так і в стрижневих елементах підкріплення;

- набула подальшого розвитку система оцінки внутрішніх зусиль окремих елементів каркасу конічних покрівель циліндричних ємностей зберігання різного діаметру, що дозволило сформулювати загальну аналітичну методику їх розрахунку на міцність та деформативність при дії атмосферних та технологічних навантажень вдосконалено систему принципів чисельного моделювання вітрових впливів на циліндричні ємності зберігання у складі силосних парків, яка дозволила отримати нові результати щодо величини вітрових впливів на їх корпус та покрівлю;

- на основі розробленої авторкою методології розрахунку надійності ємностей зберігання вперше сформульована концепція імовірного розрахунку багатоболтових з'єднань листів корпусу циліндричних ємностей, утворених із болтів однакового та різних класів міцності;

- вдосконалено економіко-ймовірнісний підхід із визначення ризиків відмов ємностей зберігання, на основі якого отримані нові аналітичні залежності для оптимальних рівнів надійності їх конструкцій.

### **Основні науково-технічні результати (порівняння з кращими вітчизняними та зарубіжними аналогами).**

Отримані експериментально-теоретичні результати розвивають науковий напрям розрахунку надійності для створення високонадійних та економічних будівельних конструкцій, а також можуть бути використані для широкого кола практичних задач проектування чи перевірного розрахунку зерносховищ. Унікальність й масштабність роботи обумовлена тим, що у перше з єдиних

позицій надійності, живучості та економічної доцільності проаналізовані десятки конструктивних рішень сталевих зерносховищ світових виробників. Узагальнений та проаналізований інформаційний матеріал дозволив отримати найоптимальніші на сьогодні конструктивні рішення зерносховищ для роботи в нормальних та особливих умовах воєнного часу. Ці рішення, які активно впроваджуються вітчизняними виробниками силосів, не тільки забезпечують аграріїв України надійними та найекономічнішими у світі зерносховищами, але й служать науково-технічним базисом для створення єдиного інформаційного хабу із серійного проєктування об'єктів сільськогосподарського сектору.

**Практична значимість отриманих результатів.** Запропоновані методи розрахунку та технічні рішення дозволяють виконувати проєктування сучасних надійних та живучих зерносховищ, як на проєктні, так й особливі навантаження. Методики можуть безпосередньо бути використані як для нових зерносховищ, так і тих, що знаходяться у стані реконструкції, реновації та відновлення. Вони готові та придатні для включення, як у державні будівельні норми України, так й в загальноєвропейську систему нормування Eurocode.

Отримані наукові результати мають велику цінність для підготовки фахівців у системі вищої освіти за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, оскільки підвищують їх конкурентоспроможність на світовому ринку праці. Здобувачі отримують знання та вміння вирішення складних спеціалізованих задач з проєктування та розрахунку інженерних споруд на основі комплексу науково-обґрунтованих методів чисельного моделювання напружено-деформованого стану конструкцій та інноваційних комп'ютерних технологій проєктування.

**Достовірність одержаних результатів** підтверджено побудовою роботи на основі численних статистичних даних про вітрове навантаження та експериментальних даних характеристик міцності сучасних будівельних сталей; застосування сучасної обчислювальної техніки, експериментального обладнання та провідних програмних систем кінцево-елементного аналізу; використанням загальноприйнятих розрахункових передумов і допущень для вибору

ймовірнісних моделей розглянутих задач; застосуванням ймовірнісного наукового методу, який дав можливість кількісно оцінити достовірність одержаних результатів і забезпечити їх відповідність досвіду експлуатації сталевих ємностей для зберігання зерна; досвідом розрахунку та конструювання ємностей для зберігання зерна, у яких ці результати знайшли застосування; апробацією результатів роботи на всеукраїнських та міжнародних конференціях.

**Техніко-економічні показники.** В роботі виконаний масштабний аналіз проєктних рішень сталевих зерносховищ провідних світових виробників, який дозволив розробити інтегральну шкалу економічної ефективності за групами конструктивних елементів. На базі розроблених методик та експериментальних випробувань були запропоновані нові технічні рішення із застосуванням сталей високої міцності, які дозволили зменшити металоємність зерносховищ до 25%. Це досягається не тільки за рахунок раціонального конструювання і принципу максимальної концентрації металу у найбільш напружених елементах, але й за рахунок поєднання в конструкціях зерносховищ декількох класів високоміцних сталей. Для різних конструкцій зерносховищ розроблена економіко-ймовірнісна шкала оптимальної надійності їх експлуатації в нормальних та особливих умовах воєнного часу.

**Обсяг впровадження роботи:** Результати роботи було використано при розрахунках та проєктуванні ряду об'єктів: ПП «Лубнимаш» при розрахунках низки циліндричних ємностей з гофрованою стінкою та конічним днищем діаметрами 3700...11000 мм, та плоским днищем діаметрами 10000...27500 мм; ТОВ «ЗЕО «Сокол» при проєктуванні циліндричних силосів, охолоджувачів зерна та зерносушарок; компанії «РЕТКУС» при проєктуванні циліндричних і прямокутних силосів та малогабаритних квадратних жорстких бункерів; ТОВ «ЕЛЕВАТОР БУДІНВЕСТ» ; Агропромислова компанія «МАЇС»; ТОВ «Стасі Насіння», ТОВ «ЕТУАЛЬ», а також впроваджені в навчальний процес при викладанні таких дисциплін як «Архітектура будівель і споруд» першого бакалаврського рівня освіти та «Методологія прикладних досліджень у сфері будівництва та цивільної інженерії» другого магістерського рівня вищої освіти.



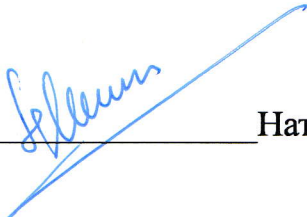
**Публікації та апробація результатів досліджень.** Основні результати досліджень опубліковані в 61 науковій праці, в тому числі 2 колективні монографії, 12 статей в журналах, включених до категорії "А" (у т.ч. 11 в зарубіжних виданнях) та 40 статей у журналах, включених до категорії "Б", 5 тез доповідей (одноосібно). Загальна кількість посилань на публікації авторів/h-індекс за роботою згідно з базами даних складає відповідно: Web of Science 2/1, Scopus 12/2, Google Scholar 96/5.

Результати досліджень доповідались більше ніж на 20 міжнародних наукових конференціях та семінарах.

Основні результати роботи, технологічні та конструктивні рішення захищені двома патентами України на корисну модель, а також широко впроваджені в практику.

Робота на конкурс подається вперше.

Автор роботи

  
Наталія МАХІНЬКО

**Перелік наукових публікацій, висунутих на присудження Премії**

№з/п	Назва публікації	Вихідні дані/реквізити публікації	Авторський доробок (кількісний показник)
1	2	3	4
<b>I. Монографії/підручники/посібники/методики</b>			
1.	Сталеві ємності для зберігання зерна	А. Махінко, Н. Махінко // Видавництво «Сталь», 2021. – 365 с	180
2.	Рекомендації із розрахунку надійності сталевих елементів конструкцій на дію снігового та вітрового навантажень (до ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи»)	С.Ф. Пічугін, А.В. Махінко, Н.О. Махінко // Полтава: АСМІ, 2007. – 115 с.	38
<b>II. Статті в журналах, включених до категорії «А» переліку наукових фахових видань України та закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus</b>			
3.	Comparative Analysis of Actions on Silos According to DBN 'Enterprises, Buildings and Structures for Storage and Processing of Grain' and DSTU EN 'Actions on Structures: Silos and Tanks	A. Makhinko, N. Makhinko // AIP Conference Proceedings. 2023. – Vol. 2678. – 020012. <a href="https://doi.org/10.1063/5.0118659">https://doi.org/10.1063/5.0118659</a>	4
4.	Optimization of Trapezoidal Corrugated Profile for Rectangular Hopper	A. Makhinko, N. Makhinko, O.Vorontsov // Lecture Notes in Civil Engineering .2023. – Vol. 299. – P. 225–234. <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-031-17385-1_18">https://doi.org/10.1007/978-3-031-17385-1_18</a>	5
5.	Methods of CFD-analyses for tasks of pedestrian comfort within a built environment	A. Makhinko, N. Makhinko // AIP Conference Proceedings, 2023. – 2684. – 030024. <a href="https://doi.org/10.1063/5.0119939">https://doi.org/10.1063/5.0119939</a>	3
6.	Analytical Procedure for Design of Centrally Compressed Bars	A. Makhinko, N. Makhinko // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2021. – Vol. 181 – P. 255-262. <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2_24">https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2_24</a>	4
7.	Resource-saving steel hopper for loading of railway cars	A. Makhinko, N. Makhinko // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – Vol. 1021 – 012021. <a href="https://doi.org/10.1088/1757-899X/1021/1/012021">https://doi.org/10.1088/1757-899X/1021/1/012021</a>	3

8.	Reliability Assessment of Multi-bolt Joints of Silo Capacity's Wall	S. Pichugin, A Makhinko, N. Makhinko // Lecture Notes in Civil Engineering. – Springer, 2020. – Vol. 73. – P. 183-192. <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-42939-3_20">https://doi.org/10.1007/978-3-030-42939-3_20</a>	3
9.	Computational aerodynamics in architectural siting of the structures of agro-industrial complex	A. Makhinko, N. Makhinko // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 280 – 03002. <a href="https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128003002">https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128003002</a>	4
10.	Stochastic description of loads on the steel storage capacities	O.I. Lapenko, A. Makhinko, N. Makhinko // Materials Science Forum. – Trans Tech Publications Ltd, Switzerland, 2019. – Vol. 968, №2. – P. 528-533. <a href="https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.968.528">https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.968.528</a>	3
11.	To the calculation of the optimal level of reliability by using economic indicators	A. Makhinko, N. Makhinko // Proceedings of CEE 2019 : International Conference Current Issues of Civil and Environmental Engineering Lviv - Košice – Rzeszów. – 2019. – Vol. 47 – P. 251-259. <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-27011-7_32">https://doi.org/10.1007/978-3-030-27011-7_32</a>	4
12.	Some aspects of vertical cylindrical shells' calculation at the unsymmetrical load	O.I. Lapenko, A.V. Makhinko, N.O. Makhinko // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific and echnical collected articles. – Kyiv: KNUBA, 2019. – № 102. – P.46-52. <a href="https://doi.org/10.32347/2410-2547.2019.102.46-52">https://doi.org/10.32347/2410-2547.2019.102.46-52</a>	4
13.	Features of silos calculations at asyemtric wind load by using momentless theory	O.I. Lapenko, A. Makhinko, N. Makhinko // Tehnički glasnik. – 2019. – Vol. 13, № 1. – P.12-15. – <a href="https://doi.org/10.31803/tg-20180522160526">https://doi.org/10.31803/tg-20180522160526</a>	2
14.	Stress-strain state of the storage silos under the action of the asymmetric load	N. Makhinko // Matec Web of Conference. Structures, Buildings and Facilities. – Les Ulis, France : EDP Sciences, 2018. – Vol. 230. – P. 1-6. – <a href="https://doi.org/10.1051/matecconf/201823002018">https://doi.org/10.1051/matecconf/201823002018</a>	6
<b>III. Статті у наукових виданнях, включених до категорії "Б" переліку наукових фахових видань України</b>			
15.	Розрахунок конст-рукцій перехідної зони силосів із конічним днищем відповідно до норм Eurocode	А.В. Махінько, Н.О. Махінько // Український журнал будівництва та архітектури. 2023. №1 (013). С. 59-65. <a href="https://doi.org/J.BPSACEA.2312.280223.59.919">https://doi.org/J.BPSACEA.2312.280223.59.919</a>	3
16.	Creation of design models of silos for grain storage under conditions of non-axisymmetric actions	A. Makhinko, N. Makhinko, V.Semko // Proceedings in civil engineering, 2023. Vol. 6, Issue 3-4, P. 1935-1940. <a href="https://doi.org/10.1002/cepa.2552">https://doi.org/10.1002/cepa.2552</a>	2
17.	The features of determination of seismic loads on steel silos with a flat bottom according to DBN V.2.6-221:2021	А.В. Махінько, Н.О. Махінько //Сучасні будівельні конструкції з металу і деревини : зб. наук. праць. Одеса: ОДАБА, 2023. № 27. С. 19-27. <a href="https://doi.org/10.31650/2707-3068-2023-27-19-27">https://doi.org/10.31650/2707-3068-2023-27-19-27</a>	4

18.	Modelling of Wind Impacts on Silos and Silo Parks	A. Makhinko, N. Makhinko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – Vol. 1164. – 012048. <a href="https://doi.org/10.1088/1757-899X/1164/1/012048">https://doi.org/10.1088/1757-899X/1164/1/012048</a>	4
19.	Практичні підходи до розрахунку надійності багатоболтових з'єднань листів корпусу силосних ємностей	А.В. Махінько, Н.О. Махінько // Зб. наук. пр. Сучасні будівельні конструкції з металу і деревини. – Одеса : ОДАБА, 2020. – №.24. – С. 91-97 <a href="https://doi.org/10.31650/2707-3068-2020-24-91-97">https://doi.org/10.31650/2707-3068-2020-24-91-97</a>	3
20.	Basic provisions for the analytical calculation of vertical cylindrical containers	O. Lapenko, N. Makhinko // International scientific journal "Underwater Technologies: industrial and civil engineering". – Kyiv, 2020. – №. 10. – P. 50-57. <a href="https://doi.org/10.32347/uwt2020.10.1801">https://doi.org/10.32347/uwt2020.10.1801</a>	4
21.	Stochastic calculation of a quasi-homogeneous bolted joints of the body sheets of the steel silos	S. Pichugin, A Makhinko, N. Makhinko // Academic journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering. – Poltava : PoltNTU, 2019. –2 (53). – P. 48-53. <a href="https://doi.org/10.26906/znp.2019.53.1889">https://doi.org/10.26906/znp.2019.53.1889</a>	3
22.	High-strength steel grades application for silos structures	S. Pichugin, N. Makhinko // Academic journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering. – Poltava : PoltNTU, 2019. – 1 (52). – P. 51-57. <a href="https://doi.org/10.26906/znp.2019.52.XXXX">https://doi.org/10.26906/znp.2019.52.XXXX</a>	3
23.	Практичні підходи до розрахунку конічних покрівель сталевих силосних ємностей	А.В. Махінько, Н.О. Махінько // Зб. наук. пр. Сучасні будівельні конструкції з металу і деревини. – Одеса : ОДАБА, 2019. – №23. – С. 59-67. <a href="https://doi.org/10.31650/2707-3068-2019-23-59-67">https://doi.org/10.31650/2707-3068-2019-23-59-67</a>	4
24.	Verbal reliability building constructions	O. Lapenko, O. Nizhnik, M. Avdieieva, N. Makhinko // Proceedings of the National Aviation University. – 2019. – Vol. 2(78). – P. 56-61. <a href="https://doi.org/10.18372/2306-1472.79.13832">https://doi.org/10.18372/2306-1472.79.13832</a>	3
25.	Імовірнісне представлення коефіцієнта критичного фактору в задачах надійності будівельних конструкцій	Н.О. Махінько // Наука та будівництво. – К. : НДІБК, 2019. – № 2. – С. 56-61. <a href="https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v20i2.96">https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v20i2.96</a>	6
26.	Stochastic calculaton of the wall of steel vertical silos	N. Makhinko // Proceedings of the National Aviation University. – 2019. – Vol. 1(78). – P. 54-59. – <a href="https://doi.org/10.18372/2306-1472.1.13655">https://doi.org/10.18372/2306-1472.1.13655</a>	6
27.	Розрахунок тонкостінних циліндричних оболонок на асиметричне навантаження за моментною теорією	Н.О. Махінько // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – Харків : УкрДУЗТ, 2019. – Вип. 184. – С. 50-61. <a href="https://doi.org/10.18664/1994-7852.184.2019.176130">https://doi.org/10.18664/1994-7852.184.2019.176130</a>	12

28.	Геометричні характеристики перерізів тонкостінних елементів силосних ємностей в задачах розрахунку надійності	Н.О. Махінько // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса : ОДАБА, 2019. – Вип. 74. – С.40-46. <a href="https://doi.org/10.31650/2415-377X-2019-74-40-46">https://doi.org/10.31650/2415-377X-2019-74-40-46</a>	6
29.	Практичні задачі імовірнісного розрахунку елементів сталевих силосу	Н.О. Махінько // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпро : ПДАБА, 2019. – Вип. 1 (249-250). – С.78-85. <a href="https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.260319.79.409">https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.260319.79.409</a>	8
30.	Імовірнісний розрахунок коефіцієнту критичного фактору для центрально стиснутих елементів	Н.О. Махінько // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – Харків : УкрДУЗТ, 2019. – Вип. 183. – С. 80-86. – <a href="https://doi.org/10.18664/1994-7852.183.2019.169758">https://doi.org/10.18664/1994-7852.183.2019.169758</a>	7
31.	Особливості імовірнісного розрахунку позацентрово-стиснутих елементів	Н.О. Махінько // Комунальне господарство міст : науково-технічний збірник – Харків : ХНУМГ, 2019. – №1(147). – С. 215-219. – <a href="https://doi.org/10.33042/2522-1809-2019-1-147-215-219">https://doi.org/10.33042/2522-1809-2019-1-147-215-219</a>	5
32.	To calculation the reliability of the body sheets of the storage capacity	O. Nizhnik, N. Makhinko // Journal of New Technologies in Environmental Science. – Kielce University of Technology, 2019. – Vol. 3, №2. – P. 96-101	3
33.	До розрахунку надійності елементів сталевих ємностей зберігання	Н.О. Махінько // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпро : ПДАБА, 2018. – Вип. 6 (247-248). – С. 71-76. <a href="https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.261218.71.450">https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.261218.71.450</a>	6
34.	Розрахунок покрівель силосних ємностей великих діаметрів	О.І. Лапенко, Н.О. Махінько // Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій ім. В.М. Шимановського. – К., 2019. – Вип. 21-22. – С. 67-77	6
35.	Features of the Silo Capacities' Calculation at the Unsymmetrical Wind Load	S.F. Pichugin, N.O. Makhinko // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – Vol. 7, № 4.8. – P. 22-26. <a href="https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.8.27208">https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.8.27208</a>	3
36.	Вплив профілювання листів на жорсткісні характеристики ємностей для зберігання зерна	О.І. Лапенко, Н.О. Махінько // Наука та будівництво. – К. : НДІБК, 2018. – № 2(16). – С. 40-45. <a href="https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v16i2.35">https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v16i2.35</a>	3
37.	Analysis of the deflective mode of thin-walled barrell shell	A. Makhinko, N. Makhinko // Academic journal : Industrial Machine Building, Civil Engineering. 2018. Issue 1 (50). P. 69-78. <a href="https://doi.org/10.26906/znp.2018.50.1061">https://doi.org/10.26906/znp.2018.50.1061</a>	5
38.	Розрахунок ємностей з плоским днищем, як оболонки обертанні змінної жорсткості	Н.О. Махінько // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса : ОДАБА, 2018. – Вип. 70. – С.68-74.	7

39.	Stochastic methods of steel constructions' calculation of the silo capacities at the seismic stability	N. Makhinko // Proceedings of the National Aviation University. – 2018. – Vol. 4 (77). – С. 57-63. <a href="https://doi.org/10.18372/2306-1472.77.13498">https://doi.org/10.18372/2306-1472.77.13498</a>	6
40.	Вплив вертикальних ребер на жорсткісні характеристики силосних ємностей для зберігання зерна	Н.О. Махінко // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Серія: Теорія і практика будівництва. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. – № 888. – С. 101-110.	10
41.	Розрахунок напружено-деформованого стану конусних покрівель при симетричному навантаженні	Н.О. Махінко // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпро: ПДАБА, 2018. – Вип.1.(237-238) – С.82-89. – <a href="https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.170118.74.43">https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.170118.74.43</a>	8
42.	До питання розрахунку тонкостінних конструкцій силосних споруд із високоміцних сталей	О.І. Лапенко, А.В. Махінко, Н.О. Махінко // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – Вип. 170. – С. 85-92. – <a href="https://doi.org/10.18664/1994-7852.170.2017.111295">https://doi.org/10.18664/1994-7852.170.2017.111295</a>	3
43.	Особливості імовірного розрахунку висотних споруд при врахуванні випадковості обох складових вітрового впливу	А.В. Махінко, Н.О. Махінко // Підводні технології. – К., 2017. – Вип. 06. – С. 16-27	6
44.	Деякі питання аеродинаміки висотних споруд	О.І. Лапенко, Н.О. Махінко // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: ОДАБА, 2016. – Вип. 61. – С.237-242.	3
45.	Аеродинамічний опір висотних споруд циліндричної форми	А.В. Махінко, Н.О. Махінко // Вісник інженерної академії України. – К., 2016. – №1. – С. 252-255	2
46.	Надійність та однорідність вихідних кліматологічних даних про швидкість вітру	Н.О. Махінко // Комунальне господарство міст: науково-технічний збірник. – Харків: ХНУМГ, 2015. – Вип. 124. – С. 27-31	5
47.	Обґрунтування аналітичного підходу до динамічного розрахунку висотних споруд простої архітектурної форми на дію вітру	А.В. Махінко, Н.О. Махінко // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – Вип. 157. – С. 72-81. <a href="https://doi.org/10.18664/1994-7852.157.2015.61508">https://doi.org/10.18664/1994-7852.157.2015.61508</a>	5



48.	Обґрунтування калібрування коефіцієнтів сполучення постійного: снігового і вітрового навантажень при розрахунках металевих конструкцій в рамках ДСТУ-Н Б EN 1990	А.В. Махінко, Н.О. Махінко // Металеві конструкції. – ДонДАБА, 2015. – Т. 21, №2. – С. 81-97.	8
49.	Методи комп'ютерного моделювання в задачах аеродинаміки висотних споруд	О.І. Лапенко, Н.О. Махінко // Комунальне господарство міст : науково-технічний збірник. – Харків : ХНУМГ, 2015. – Вип. 123. – С. 49-57	5
50.	Чисельне моделювання обтікання кругового циліндра в діапазоні великих чисел Рейнольдса	А.В. Махінко, Н.О. Махінко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: збірник наукових праць. – Рівне : УДУВГП, 2015. – Вип. 30. – С.371-383.	6
51.	Питання чисельного моделювання вітрових впливів на висотні споруди	Н.О. Махінко // Будівельне виробництво : міжвід. наук.-техн. зб. – К.: НДІБВ, 2015. – № 58. – С. 43-48.	5
52.	Дискретна інтерполяція суперпозиціями точок числових послідовностей дробово-лінійних функцій	О.В. Воронцов, Н.О. Махінко. – Прикладна геометрія та інженерна графіка: праці ТДАТА. – Мелітополь: ТДАТА, 2013.– Вип. 4. Т.57. – С.62-67	6
53.	До оцінки нормативної надійності баштових опор з позицій оптимізаційних критеріїв теорії ризиків	О.В. Семко, Н.О. Махінко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр. – Рівне: УДУ-ВГП, 2009. – Вип. 18. – С. 414-423	5
54.	Порівняльна оцінка надійності елементів металлоконструкцій під дією вітрового навантаження	Пічугін С.Ф., Махінко А.В., Махінко Н.О. Галузеве машинобудування, будівництво: зб. наук. праць. – Полтава: ПолтНТУ. – Вип. 17. – С. 122-127	2
<b>IV. Виключно одноосібні статті в інших (ніж зазначені у пунктах III і IV) галузевих виданнях за темою роботи</b>			
		-	

V. Тези доповідей (одноосібні)			
55.	Особливості визначення сейсмічних навантажень на сталеві силоси із плоским днищем відповідно до ДБН В.2.6-221:2021	Н.О. Махінько //Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини: тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції (м. Одеса, 8-10 червня 2023 р.). Одеса, 2023. С. 32-34.	3
56.	Імовірнісний розрахунок сталевих конструкцій зернохосвищ на сейсмостійкість	Н.О. Махінько //Problems of Emergency Situations (PES-2023): тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції. (м. Харків, 19 травня 2023 р.). Харків, 2023. С. 81-82	2
57.	Коректність розрахункових схем в задачах скінчено-елементного аналізу	Н.О. Махінько //АВІА-2023: матеріали XVI міжнар. науково-технічної конференції. (м. Київ, 18-20 квітня 2023 р.). К., 2023. С. 20.29-20.31.	3
58.	Methods of CFD-analyses for tasks of pedestrian comfort within a built environment	Н.О. Махінько //Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті: тези доповідей 9-ої міжнародної науково-технічної конференції. (м. Харків, 17-19 листопада 2021 р.) Харків, 2021. С 76-77	2
59.	Ресурсозберігаючі конструкції сталевих бункерів для завантаження залізничних вагонів	Н.О. Махінько //Енергоефективність на транспорті (ЕЕТ-2020): матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 18-20 листопада 2020р) Харків, 2020. С. 88-89.	2
VI. Патенти на корисну модель України			
60.	Інвентарна ємність для зберігання сипучих матеріалів	пат. 125429 Україна: МПК E04H 7/30 (2006.01) u201712004; заявл. 07.12.2017; опубл. 10.05.2018, Бюл. №9. – 8 с	2
61.	Балка змінної жорсткості з криволінійною перфорацією стінки	Патент №155495 Україна: МПК E04C 3/00, E04C 3/02 (2006.01) u 2023 02122; Заявл. 04.05.2023; Опубл. 06.03.2024. Бюл. №10	2
Кількість вітчизняних наукових проектів та грантів, за якими працював претендент			-
Кількість закордонних наукових проектів та грантів, за якими працював претендент			-

Претендент на присудження  
Премії

Вчений секретар НАУ



Наталія МАХІНЬКО

Микола ЛЕГЕНЬКИЙ