ВИСНОВОК
ПРО НАУКОВУ НОВИЗНУ, ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ
Дмитрів Кароліни Миколаївни
на тему: «Контактна взаємодія тіл з покриттями за наявності зношування», що подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії , з галузі знань 11 «Математика та статистика» за спеціальністю 113 «Прикладна математика»

Дисертація Дмитрів Кароліни Миколаївни «Контактна взаємодія тіл з покриттями за наявності зношування», що подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 11 «Математика та статистика» за спеціальністю 113 «Прикладна математика» виконана на кафедрі фундаментальної та прикладної математики математичного факультету Запорізького національного університету. Тему дисертації затверджено на засіданні вченої ради Запорізького національного університету (протокол №4 від 18 листопада 2021 р.).

1. Ступінь актуальності теми дисертації

Дисертаційна робота Дмитрів К.М. присвячена зносоконтактним задачам. Сучасний стан розвитку техніки обумовлює підвищення вимог до експлуатаційних характеристик машин, обладнання та приладів. Зношування виступає одним з основних видів руйнування та виходу з ладу деталей та механізмів, для подовження терміну роботи яких використовують покриття. Тому дослідження процесів зношування, у тому числі за наявності покриття, є актуальною задачею інженерної практики, яка вимагає пошуку ефективних методів розв'язання та дослідження. Саме за цієї причини кількість публікацій в галузі зносоконтактних задач збільшується.

У дисертації Дмитрів К.М. розв'язано сукупність задач контактної взаємодії рухомого штампа і пружної основи з покриттям, що зношується. Отримано розв'язки задач в плоскій та осесиметричній постановках за лінійного та степеневого законів зношування та лінійного та нелінійного законів деформування покриття у випадках як незмінної в часі площадки конформно узгодженого контакту, так і змінної (для штампа з формою кругового параболоїда). Для кожної задачі проведено аналіз зносоконтактних характеристик на стадії припрацювання, а в деяких випадках і на стадії усталеного зносу.

Значна частина поставлених задач була невирішеною. У випадку незмінної в часі площадки контакту невідомими були розв'язки задач зношування при конформному контакті штампа і покриття з неплоскими поверхнями, осесиметричної задачі у граничному випадку наближення до нуля внутрішнього радіусу кільцевого циліндричного штампа, а також у випадку степеневого закону деформування покриття. За незмінної та змінної площадок контакту раніше не було знайдено розв'язків зносоконтактних осесиметричних задач для циліндричного та параболоїдного кругових в плані штампів.

Внаслідок вагомості розглядуваних задач для інженерної практики і наявності невирішених проблем, тема наданої роботи є актуальною.

Дисертаційне дослідження виконано відповідно до планів наукових досліджень кафедри фундаментальної та прикладної математики Запорізькому національному університеті (ЗНУ), в межах наукових досліджень, що виконуються в ЗНУ, зокрема в межах науково-дослідної теми: "Чисельні та аналітичні методи розв'язання диференціальних та інтегральних рівнянь задач механіки деформівного твердого тіла" (номер державної реєстрації 0121U114696), яка виконувалась у межах робочого часу викладачів.

2. Наукова новизна , теоретичне та практичне значення результатів дисертації

У дисертаційній роботі отримано наступні *нові наукові результати*:

- запропоновано підхід для отримання наближено-аналітичного розв'язку плоскої зносоконтактної задачі для штампа з плоскою підошвою у випадку степеневого закону зношування та лінійного закону деформування покриття з використанням комбінації методів дискретизації часу, розкладів в степеневі ряди та методу редукції;
- запропоновано підходи до чисельного розв'язання плоских та осесиметричних зносоконтактних задач за незмінної в часі площадки контакту у випадках як лінійного, так і степеневого законів зношування та деформування покриття, що передбачають комбінацію методів дискретизації часу, чисельне інтегрування методом квадратур, а у випадку степеневого закону деформування покриття ще і методу послідовних наближень;
- вперше отримано розв'язки плоских та осесиметричних зносоконтактних задач для конформно узгоджених поверхонь штампа і покриття, проведено аналіз впливу форми конформного контакту на характеристики зносоконтактної взаємодії на стадіях припрацювання та усталеного зносу;
- вперше розв'язано осесиметричну контактну задачу зношування за степеневого закону деформування покриття в умовах конформного контакту, проведено аналіз впливу зазначеного закону на контактні характеристики на стадії припрацювання та в деяких випадках і на стадії усталеного зносу;
- на стадії припрацювання проведено аналіз поведінки контактних характеристик осесиметричної задачі при прямуванні до нуля внутрішнього радіусу кільцевого в плані штампа;
- вперше запропоновано два підходи до розв'язання задачі зношування покриття при обертанні кругового параболоїдного штампа навколо власної осі, що передбачає визначення радіусу змінної в часі кругової площадки контакту;
- вперше вивчено ефект суттєвого збільшення контактного тиску в центрі кругової площадки контакту на стадії припрацювання процесу зношування.

Результати дисертаційної роботи було впроваджено в навчальний процес в рамках курсу «Застосування математичного апарату в прикладних дослідженнях.

Теоретичне значення дисертаційної роботи Дмитрів К.М. полягає у наступному. У дисертації запропоновано наближено-аналітичний та чисельні підходи до розв'язання класу контактних задач про зношування пружного шару-покриття у плоскій та осесиметричній постановках. Ці підходи дозволили знайти наближено-аналітичні та/або чисельні розв'язки зносоконтактних задач у випадках лінійного та степеневого закону зношування, лінійного та степеневого законів деформування покриття для штампів різної форми, у тому числі з конформно узгодженими поверхнями, для циліндричних (кільцевого та кругового) та параболоїдного штампів.

Практичне значення отриманих результатів. У роботі проведено багаточисельні розрахунки, які дали змогу аналізувати результати щодо впливу на контактні характеристики законів зношування, законів деформування покриття, форм конформного контакту, розмірів кільцевої основи циліндричного штампа за умови неповного зносу покриття. Отримано висновок, що стадія припрацювання характеризувалась зміною контактних характеристик з часом, а стадія припрацювання – стабілізацією функцій розподілу контактного тиску та форми профілю зношеної поверхні.

Для кругових в плані штампів циліндричного та параболоїдного виявлено стрімке зростання з часом контактного тиску в центрі площадки контакту на стадії припрацювання

і появою пікоподібного максимуму функції тиску в цій точці. Зазначений ефект має бути врахований при розрахунку на міцність деталей машин та механізмів.

Зважаючи на те, що зношування вважається однією з основних причин виходу з ладу машин та приладів, отримані в дисертації кількісні результати розрахунків та якісні висновки щодо поведінки в часі функції тиску, форми профілю зношеної поверхні, осадки штампа можуть бути враховані при дослідженні на міцність, зносостійкість та жорсткість.

3. Наукові публікації, в яких висвітлюються основні наукові результати дисертації, та повнота опублікованих результатів дисертації

Публікації в наукових виданнях, що входять до наукових баз (Scopus? Web of Science):

1. Д'яченко Н. М., Дмитрів К. М. Вплив закону деформування покриття на характеристики осесиметричної контактної задачі на різних стадіях зношування. *Прикладна механіка*. Київ, 2024. Т. 60 (70). № 2. С. 19-31. URL: https://pm.inmech.kyiv.ua/archive/?article=1629

Те саме:

Dyachenko N.M., Dmytriv K.M. Influence of Coating Deformation Law on Characteristics of Axisymmetric Contact Problem at Different Stages of Wear. *Int Appl Mech. Springer*, 2024. Vol. 60. Iss. 2: Special Issue: Contact Problems Of Mechanics. P. 137–148, DOI: https://doi.org/10.1007/s10778-024-01268-8

Публікації у фахових наукових виданнях України

2. Дмитрів К. М., Д’яченко Н. М. Осесиметричні контактні задачі для кругових в плані штампів за незмінної та змінної площадок контакту. *Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій.* Дніпро, 2023. Вип. 37. С. 39–58. DOI: https://doi.org/10.15421/4223215

3. Дмитрів К. М., Д’яченко Н. М. Порівняльний аналіз конформних плоских контактних задач про зношування за степеневим законом при фіксованій площадці контакту. *Computer Sci. and Appl. Mathematics.* Запоріжжя, 2021. № 2. С. 14–24. DOI: https://doi.org/10.26661/2413-6549-2021-2-02

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

4. Дмитрів К. М., Д’яченко Н. М. Осесиметрична контактна задача за степеневого закону деформування покриття. *Механіка: сучасність і перспективи – 2024* : матеріали міжнародної наукової конференції (Київ, 07 – 10 вересня 2024). Київ, 2024. С. 123–124. URL: https://conf2024.inmech.kyiv.ua/

5. Дмитрів К. М., Д'яченко Н. М. Осесиметрична зносоконтактна задача про кругові в плані штампи, що обертаються навколо власної осі. *Scientific Research in the Conditions of Rapid Development of Information Technologies:* collection of abstracts of XXXI International scientific and practical conference (Helsinki, July 17–19, 2024). Helsinki : International Scientific Unity, 2024. С. 145–150. URL: http://surl.li/yvvxkc

6. Dmytriv K., Dyachenko N. Study of an axisymmetric wear-contact problem with a constant contact area at different stages of wear. *Progressive Science and Achievements* : proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference (Doha, Qatar, March 16-18, 2023). Doha: SPC «InterConf», 2023. № 146, March 2023. P. 353–357. URL: https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/2697

7. Дмитрів К. М., Старовойтов О. В. Конформні плоскі контактні задачі про зношування за степеневим законом при фіксованій площадці контакту. *Тринадцята*

Всеукраїнська, двадцята регіональна конференція молодих дослідників «Актуальні проблеми математики та інформатики» : збірка тез (Запоріжжя, 17 червня, 2022). Запоріжжя : ЗНУ, 2022. С. 79–81. URL: https://www.znu.edu.ua/faculty/math/confirences/_2022.pdf

8. Дмитрів К. М., Д'яченко Н. М. Плоска контактна задача про зношування за степеневим законом при фіксованій площадці контакту. *Записки Української науково-дослідницької асоціації* : тези доповідей Всеукраїнської конференції наукових дослідників (Львів, 19–25 вересня 2021 р.) Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2021. С. 153. URL: https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/37617/1/URA%20Conf_Abstract%20Book_2021(1).pdf

Праці, які додатково відображають результати дисертації

9. Дмитрів К.М., Д'яченко Н. М. Дослідження різних стадій осесиметричного зношування за незмінної ділянки контакту. *Контактна механіка та поверхневі явища* : кол. монографія / за загальною редакцією Р.М. Мартиняка. Львів : Растр-7, 2024. С. 150-167. URL: https://www.researchgate.net/publication/391437134

Повнота опублікованих результатів дисертації засвідчується таблицею 1.

Таблиця 1 – Повнота опублікованих результатів дисертації

№	Наукова публікація здобувача		Підрозділи дисертації, що висвітлюються
	Назва	Видання	
Наукові видання з наукових баз			
1	Д'яченко Н. М., Дмитрів К. М. Вплив закону деформування покриття на характеристики осесиметричної контактної задачі на різних стадіях зношування.	*Прикладна механіка.* Київ, 2024. Т. 60 (70). № 2. С. 19-31.	4.1 4.2 4.3 4.4
	Те саме: Dyachenko N.M., Dmytriv K.M. Influence of Coating Deformation Law on Characteristics of Axisymmetric Contact Problem at Different Stages of Wear.	*Int Appl Mech. Springer,* 2024. Vol. 60. Iss. 2: Special Issue: Contact Problems Of Mechanics. P. 137–148	
Публікації у фахових наукових виданнях України			
2.	Дмитрів К. М., Д’яченко Н. М. Осесиметричні контактні задачі для кругових в плані штампів за незмінної та змінної площадок контакту.	*Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій.* Дніпро, 2023. Вип. 37. С. 39–58.	5.1 5.2 5.3 5.4
3.	Дмитрів К. М., Д’яченко Н. М. Порівняльний аналіз конформних плоских контактних задач про зношування за степеневим законом при фіксованій площадці контакту.	*Computer Sci. and Appl. Mathematics.* Запоріжжя, 2021. № 2. С. 14–24.	2.1 2.2 2.3 2.4
Друковані тези доповідей на конференціях			
4.	Дмитрів К. М., Д’яченко Н. М. Осесиметрична контактна задача за степеневого закону деформування покриття.	*Механіка: сучасність і перспективи – 2024* : матеріали міжнародної наукової конференції (Київ,	4.1 4.3

№	Наукова публікація здобувача		Підрозділи дисертації, що висвітлюються
	Назва	Видання	
		07 – 10 вересня 2024). Київ, 2024. С. 123–124.	
5.	Дмитрів К. М., Д'яченко Н. М. Осесиметрична зносоконтактна задача про кругові в плані штампи, що обертаються навколо власної осі.	*Scientific Research in the Conditions of Rapid Development of Information Technologies*: collection of abstracts of XXXI International scientific and practical conference (Helsinki, July 17–19, 2024). Helsinki : International Scientific Unity, 2024. С. 145–150.	5.1 5.2 5.3 5.4
6.	Dmytriv K., Dyachenko N. Study of an axisymmetric wear-contact problem with a constant contact area at different stages of wear	*Progressive Science and Achievements* : proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference (Doha, Qatar, March 16-18, 2023). Doha: SPC «InterConf», 2023. № 146, March 2023. P. 353–357.	3.1 3.4
7.	Дмитрів К. М., Старовойтов О. В. Конформні плоскі контактні задачі про зношування за степеневим законом при фіксованій площадці контакту.	*Тринадцята Всеукраїнська, двадцята регіональна конференція молодих дослідників «Актуальні проблеми математики та інформатики»* : збірка тез (Запоріжжя, 17 червня, 2022). Запоріжжя : ЗНУ, 2022. С. 79–81.	2.1 2.3 (2.3.2)
8.	Дмитрів К. М., Д'яченко Н. М. Плоска контактна задача про зношування за степеневим законом при фіксованій площадці контакту.	*Записки Української науково-дослідницької асоціації* : тези доповідей Всеукраїнської конференції наукових дослідників (Львів, 19–25 вересня 2021 р.) Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2021. С. 153.	2.4
Розділ монографії			
	Дмитрів К.М., Д'яченко Н. М. Дослідження різних стадій осесиметричного зношу-вання за незмінної ділянки контакту.	*Контактна механіка та поверхневі явища* : кол. монографія / за загальною редакцією Р.М. Мартиняка. Львів : Растр-7, 2024. С. 150-167	3.1 3.2 3.3 3.4

Особистий внесок здобувача. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належить обґрунтування методів розв’язування, отримання наближено аналітичних та чисельних розв’язків, числових результатів і кількісний та якісний аналіз результатів.

ВИСНОВОК

Ознайомившись із поданою для попередньої експертизи дисертацією Дмитрів Кароліни Миколаївни «Контактна взаємодія тіл з покриттями за наявності зношування» та науковими публікаціями, у яких висвітлені основні наукові результати дослідження, а також узявши до уваги підсумки фахового семінару, вважаємо, що:

1. Дисертація Дмитрів Кароліни Миколаївни «Контактна взаємодія тіл з покриттями за наявності зношування» є науковим дослідженням з актуальних питань, характеризується єдністю змісту, містить нові наукові результати, має теоретичне та практичне значення, свідчить про істотний особистий внесок здобувачки у розвитку прикладної математики. Рукопис дисертації відповідає діючим вимогам щодо оформлення дисертаційних робіт, мова та стиль дисертації є чіткими, зрозумілими, логічними, послідовними та відповідає діючим правилам української мови.

2. За актуальністю, степенем новизни, обґрунтованістю, теоретичною та практичною цінністю отриманих наукових результатів, дисертаційна робота відповідає вимогам, передбаченим п. 6 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії».

3. Дисертація Дмитрів Кароліни Миколаївни «Контактна взаємодія тіл з покриттями за наявності зношування» може бути рекомендована до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика галузі знать 11 Математика та статистика у разовій вчені раді (протокол №14 засідання кафедри фундаментальної та прикладної математики щодо публічної презентації результатів дисертації від 28.05.2025).

Член експертної групи:
Завідувач кафедри фундаментальної та
прикладної математики
Запорізького національного університету
доктор технічних наук, професор С. М. Гребенюк

Член експертної групи:
доцент кафедри загальної математики
Запорізького національного університету,
кандидат фізико-математичних наук, доцент О. Г. Спиця

«05» червня 2025 р.