

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Проректор з наукової роботи**  
**Дніпровського національного**  
**університету імені Олеся Гончара**  
**Олег МАРЕНКОВ**



**«05» 2024 р.**

### **ВИСНОВОК**

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Семенчі Олексія Олександровича на тему «Напружено-деформований стан тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонок з отворами», представленої на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 113 Прикладна математика

### **ВИТЯГ**

з протоколу № 7 міжкафедрального семінару  
«Математичні проблеми механіки»  
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара  
від 18 квітня 2024 року

**ПРИСУТНІ: 13 з 14 членів наукового семінару.**

**ГОЛОВУЮЧИЙ:** д-р фіз.-мат. наук, проф. Лобода В. В. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), завідувач кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

**СЕКРЕТАР ЗАСІДАННЯ:** канд. фіз.-мат. наук, доц. Ходанен Т. В. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцентка кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

**Члени наукового семінару:**

д-р фіз.-мат. наук, проф. Гарт Е. Л. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), професорка кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

д-р техн. наук, проф. Дзюба А. П. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), професор кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

д-р фіз.-мат. наук, проф. Кузьменко В. І. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), професор кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

д-р фіз.-мат. наук, проф. Шевельова А. Є. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), професорка кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, с.н.с. Адлуцький В. Я. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), старший науковий співробітник НДЛ механіки руйнування та пластичного деформування матеріалів кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Гергель І. Ю. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцентка кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Комаров О. В. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Панін К. В. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Чернецький С. О. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Зайцева Т. А. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), завідувачка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук Дзюба П. А. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

**ЗАПРОШЕНІ ФАХІВЦІ (3 особи, з правом голосу):**

д-р фіз.-мат. наук, проф. Говоруха В. Б. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), завідувач кафедри вищої математики, фізики та загальноінженерних дисциплін Дніпровського державного аграрно-економічного університету;

д-р техн. наук, проф. Пошивалов В. П. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), заступник директора з наукової роботи, завідувач відділу міцності і надійності механічних систем Інституту технічної механіки НАН України і ДКА України;

д-р фіз.-мат. наук, проф. Стеблянка П. О. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), провідний науковий співробітник відділу термопластичності Інституту механіки ім. С. П. Тимошенка НАН України.

На засіданні присутні аспіранти кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки: асп. Коваленко, асп. Левченко М. С., асп. Терьохін Б. І., асп. Шебанов О. Д.  
**Аспіранти участі в голосуванні не брали.**

**Порядок денний:** розгляд і обговорення дисертаційної роботи Семенчі Олексія Олександровича на тему «Напружено-деформований стан тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонок з отворами», поданої на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 113 Прикладна математика.

Тема дисертації затверджена на засіданні вченої ради Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, протокол № 4 від 19 листопада 2020 р. Науковим керівником призначено д-ра фіз.-мат. наук, проф. Гарт Е. Л.

Тема дисертації уточнена на засіданні вченої ради механіко-математичного факультету Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, протокол №5 від 23 січня 2024 року у формулюванні «Напружено-деформований стан тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонок з отворами».

Підготовка здобувача третього рівня вищої освіти здійснюється за акредитованою освітньо-науковою програмою «Прикладна математика» зі спеціальності 113 Прикладна математика (сертифікат про акредитацію освітньої програми 2068, дійсний до 01.07.2027 р.).

#### **СЛУХАЛИ:**

Обговорення дисертації аспіранта 4 року навчання Семенчі Олексія Олександровича на тему: «Напружено-деформований стан тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонок з отворами» на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 113 Прикладна математика.

Перевірку на плагіат здійснювала комісія у складі: канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Комаров О. В., канд. фіз.-мат. наук, доцентка кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Ходанен Т.В., канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Панін К. В.

За результатами перевірки дисертаційної роботи на плагіат програмою «Strikeplagiarism» зроблено висновок: дисертаційна робота Семенчі О.О. має високий рівень унікальності (94,17%) і може бути допущена до захисту.

Робота виконана на 150 сторінках і містить такі складові частини: анотація, зміст, вступ, основна частина, висновки, список використаної літератури, два додатки.

Слово надається аспіранту Семенчі О.О. Будь ласка, регламент виступу – 30 хвилин.

**Аспірант Семенча О.О.:**

Добрий день, шановні присутні!

**Тема моєї дисертації:** «Напружено-деформований стан тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонок з отворами».

**Актуальність теми.**

Тонкостінні конструкції, елементами яких є пластини і оболонки, мають широкий спектр застосування у різноманітних галузях техніки, а саме, судно-, машино- та ракетобудуванні, авіації, енергетиці, будівництві та ін. Процеси деформування та руйнування залежать від багатьох факторів, головним з яких є рівень напружень в компонентах матеріала конструкції. На практиці найбільш часто застосовують оболонки з вирізами різних форм та розмірів, а також з включеннями різної жорсткості, що призводить до локальної концентрації параметрів напружено-деформованого стану (НДС). Урахування впливу вказаних неоднорідностей є дуже важливим з точки зору прогнозування надійності і довговічності конструкції. Наявність локальних концентраторів напружень може несприятливо впливати на процес експлуатації конструкції і призвести до її передчасного виходу з ладу. У більшості випадків оболонки, що використовують у реальних конструкціях, мають прості геометричні форми поверхонь (оболонки обертання). Складні конструкції є зазвичай комбінацією простих форм оболонок. Зокрема, циліндричні і конічні оболонки знайшли широке розповсюдження, у тому числі, в ракетно-космічній галузі як частини ступенів ракет-носіїв, силових конструкцій космічних апаратів та адаптерів корисного навантаження, що слугують для зв'язку космічного апарату із засобами виведення та ін. Дослідження впливу локальних концентраторів на НДС оболонки і способи зниження концентрації напружень в тонкостінних оболонках обертання (циліндричних і конічних) є актуальним завданням механіки деформівного твердого тіла.

**Мета і завдання дослідження.**

*Метою роботи* є встановлення раціональних параметрів підкріплювальних елементів тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонок з різними отворами (круговими, прямокутними), що дають змогу зменшити концентрацію напружень навколо них, за допомогою числового дослідження впливу виду, розмірів та механічних властивостей підкріплювальних елементів (включень) на напружено-деформований стан оболонки.

Для досягнення мети дослідження необхідно вирішити такі *завдання*:

- 1) визначити компоненти НДС та коефіцієнт концентрації напружень (ККН) тонкостінних структурно неоднорідних конічних оболонок з різними отворами;
- 2) дослідити вплив виду, розмірів та механічних властивостей включень (підкріплюючих елементів) на НДС циліндричних і конічних оболонок з отворами;
- 3) установити раціональні параметри підкріплень, що надають змогу зменшити концентрацію напружень в оболонці навколо отворів;

4) з'ясувати закономірності зміни розподілу напружень і деформацій в оболонці з різними отворами в залежності від їх форми, розмірів і механічних властивостей включень;

5) обґрунтувати раціональність знайдених параметрів з точки зору зменшення величини ККН, розробити рекомендації щодо застосування включень в циліндричних і конічних структурно неоднорідних оболонках з різними отворами, що дозволяє впливати на НДС з метою підвищення міцності елементів конструкцій.

*Об'єкт дослідження* – напружено-деформований стан тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонок з різними отворами (кругові, прямокутні), що знаходяться під дією зовнішнього механічного навантаження.

*Предмет дослідження* – концентрація напружень в околі отворів тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонок з різними отворами з урахуванням впливу виду, розмірів і механічних властивостей матеріалу підкріплювальних елементів (включень).

*Методи дослідження.* У роботі застосовано варіаційні принципи і методи механіки деформівного твердого тіла для побудови математичних моделей досліджуваних об'єктів. Для знаходження числових розв'язків задач пружного деформування оболонкових елементів конструкцій з отворами і включеннями застосовано метод скінченних елементів.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в такому:

- розроблено математичні розрахункові моделі для визначення НДС пластинчато-оболонкових елементів конструкцій з неоднорідностями у вигляді отворів і включень з урахуванням специфіки їх геометрії;

- розроблено методику визначення параметрів НДС структурно неоднорідних тіл з різними отворами і включеннями навколо них при пружному деформуванні на основі використання методу скінченних елементів;

- здійснено порівняльний аналіз результатів комп'ютерного моделювання поведінки пластинчато-оболонкових елементів конструкцій (циліндричної і конічної форми) за наявності різних отворів (кругових, квадратних) і включень (кільцевих, стрічкових) з урахуванням механічних властивостей матеріалу і специфіки їх геометрії;

- визначено компоненти НДС та ККН тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонок з різними отворами і включеннями навколо них при варіюванні механічних і геометричних параметрів включень з вивченням впливу включень на величину ККН;

- встановлено та обґрунтовано раціональні параметри підкріплень, що надають змогу зменшити концентрацію напружень в оболонках навколо локальних концентраторів напружень; виявлено механічні ефекти щодо зміни локації

концентрації напружень в залежності від виду отворів і сполучення параметрів включень;

- встановлено закономірності зміни розподілу напружень і деформацій в оболонці з різними отворами в залежності від їх розташування, виду і властивостей включень;

- здійснено аналіз зміни характеру розподілу напружень в околі отворів за наявності включень та впливу матеріалу включення на величину ККН, розроблено рекомендації щодо застосування включень в тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонках з різними отворами, що дозволяє впливати на їх НДС з метою підвищення міцності елементів конструкцій.

**Обґрунтованість і достовірність одержаних результатів** забезпечується використанням загальноновизнаних положень, співвідношень та методів механіки деформованого твердого тіла; строгістю і коректністю математичних постановок задач у межах теорії пружності, теорії пластин і оболонок; використанням апробованих обчислювальних схем числових методів; апробацією розробленої методики на тестових задачах та узгодженістю одержаних розв'язків із відомими в літературі; відповідністю одержаних результатів фізичній суті процесів і явищ, що вивчаються.

#### **Теоретичне і практичне значення одержаних результатів**

Розроблені в дисертаційній роботі нові розрахункові моделі і методика знаходження раціональних з точки зору зменшення ККН механічних і геометричних параметрів включень в оболонкових елементах конструкцій (циліндричних і конічних) з круговими і прямокутними отворами мають як теоретичне, так і практичне значення. Вони можуть служити науково-методичною основою для перспективних розробок в механіці деформованого твердого тіла, надають змогу проводити дослідження актуальних задач механіки, які виникають в інженерній практиці при розрахунках міцності неоднорідних конструкцій з різноманітними концентраторами напружень. Одержані результати розв'язаних задач для структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонкових елементів конструкцій можуть безпосередньо використовуватися при прогнозуванні безпечної роботи відповідних конструкцій в машинобудуванні, енергетиці, будівництві, аерокосмічній техніці тощо.

Одержані автором результати впроваджено у навчальний процес Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара МОН України як методична розробка (Посібник до вивчення дисципліни «Прикладні обчислювальні технології» / Гарт Е.Л., Семенча О.О., Терьохін Б.І. – Дніпро: Ліра, 2023. – 92 с.), що використовується при підготовці магістрів за спеціальністю 113 Прикладна математика, освітньо-професійна програма «Комп'ютерна механіка» (рекомендовано вченою радою механіко-математичного факультету 21 листопада 2023 р., протокол № 3).

Запропонована методика стосовно зменшення концентрації напружень навколо отворів може бути застосована у науково-дослідних і проектно-конструкторських організаціях при проєктуванні, розрахунку і оцінці міцності елементів конструкцій нової техніки.

У вступі дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність теми дисертації; окреслено зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами; сформульовано мету й задачі дослідження; відзначено наукову новизну, достовірність і практичне значення одержаних результатів; наведено відомості про апробацію результатів роботи, публікації та особистий внесок автора, структуру та обсяг дисертації.

У першому розділі дисертації проведено огляд проблематики розрахунку зниження концентрації параметрів напружено-деформованого стану структурно неоднорідних оболонкових елементів тонкостінних конструкцій, зокрема циліндричних і конічних оболонок. Виконано аналіз праць з визначення напружено-деформованого стану оболонкових конструкцій з отворами і включеннями. Здійснено аналіз існуючих підходів щодо проблеми зниження концентрації напружень навколо отворів та огляд праць з методів розв'язування задач визначення напружено-деформованого стану структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонок з отворами.

У другому розділі розглянуто застосування методу скінченних елементів до визначення напружено-деформованого стану структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонок. Наведено основні співвідношення методу скінченних елементів, рівняння рівноваги для тонкостінних циліндричних і конічних оболонок. Сформульовано варіаційну постановку задач визначення напружено-деформованого стану тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонок.

У третьому розділі запропоновано математичні розрахункові моделі для визначення напружено-деформованого стану пластинчато-оболонкових елементів конструкцій з неоднорідностями у вигляді отворів і включень з урахуванням специфіки їх геометрії. Наведено розроблену методику визначення параметрів напружено-деформованого стану структурно неоднорідних тіл з різними отворами і включеннями навколо них при пружному деформуванні на основі використання методу скінченних елементів.

З використанням запропонованої методики проведено дослідження з визначення напружено-деформованого стану структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонок з круговим отвором. Здійснено порівняльний аналіз результатів числового розрахунку напружено-деформованого стану вказаних оболонок з відповідними аналітичними розв'язками для окремих випадків. Проведено комп'ютерне моделювання і числовий аналіз впливу механічних і геометричних параметрів кільцевих включень на концентрацію напружень в оболонках з круговим отвором (розглянуті оболонки з «малим» круговим отвором).

Встановлено та обґрунтовано раціональні параметри кільцевих включень, що надають змогу зменшити концентрацію напружень навколо локальних концентраторів напружень в оболонках обох видів.

У четвертому розділі проведено дослідження напружено-деформованого стану структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонок з прямокутним отвором. Виконано порівняльний аналіз результатів числового розрахунку напружено-деформованого стану вказаних оболонок з відомими розв'язками для окремих випадків. Проведено числовий аналіз впливу механічних і геометричних параметрів стрічкових включень на концентрацію напружень в оболонках з прямокутним отвором (розглянуті оболонки з «малим» квадратним отвором). Визначено компоненти напружено-деформованого стану та коефіцієнт концентрації напружень для обох видів оболонок з квадратними отворами і включеннями навколо них при варіюванні механічних і геометричних параметрів включень. Встановлено та обґрунтовано раціональні параметри стрічкових включень, що надають змогу зменшити концентрацію напружень навколо локальних концентраторів напружень в оболонках обох видів. Виявлено механічні ефекти щодо зміни локації концентрації напружень в залежності від виду отворів і сполучення параметрів включень.

За результатами досліджень зроблені наступні ВИСНОВКИ:

У результаті проведеного комп'ютерного моделювання і числового дослідження концентрації напружень навколо отворів в тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і зрізаних конічних оболонках з різними отворами (круговими, квадратними) з метою встановлення раціональних параметрів підкріплювальних елементів отворів, що дають змогу зменшити концентрацію напружень навколо них, одержано такі наукові результати:

1) розроблено математичні розрахункові моделі для визначення НДС пластинчато-оболонкових елементів конструкцій з неоднорідностями у вигляді отворів і включень з урахуванням специфіки їх геометрії;

2) розроблено методика визначення параметрів НДС структурно неоднорідних тіл з різними отворами і включеннями навколо них при пружному деформуванні на основі використання методу скінченних елементів;

3) здійснено порівняльний аналіз результатів комп'ютерного моделювання поведінки пластинчато-оболонкових елементів конструкцій (циліндричної і конічної форми) за наявності різних отворів (кругових, квадратних) і включень (кільцевих, стрічкових) з урахуванням механічних властивостей матеріалу і специфіки їх геометрії;

4) визначено компоненти НДС та коефіцієнт концентрації напружень тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонок з різними отворами і включеннями навколо них при варіюванні механічних і геометричних параметрів включень з вивченням впливу включень на величину коефіцієнта концентрації напружень;



5) встановлено та обґрунтовано раціональні параметри включень, що надають змогу зменшити концентрацію напружень в оболонках навколо отворів; виявлено *механічні ефекти* щодо зміни локації зони концентрації напружень в залежності від виду отворів і сполучення параметрів включень, а саме:

- для оболонок з круговими отворами за певних сполучень механічних і геометричних параметрів включень відбувається зміна зони локації концентрації напружень і значний перерозподіл максимальних напружень від контуру отвору у напрямку межі поділу матеріалів оболонки і включення;

- для оболонок з квадратними отворами наявність включень навколо отвору не призводить до вказаного ефекту. Концентрація напружень зберігається в околі кутових точок отвору, перерозподіл напружень в зоні концентрації у напрямку межі поділу матеріалів оболонки і включення є незначним;

- для обох типів оболонок наявність «жорстких» включень призводить до збільшення величини коефіцієнта концентрації напружень, наявність «м'яких» включень, навпаки, до її зменшення: чим «м'якше» матеріал включення, тим більшою є величина перерозподілу максимальних напружень від отвору до місця з'єднання включення із матеріалом оболонки. Чим тонше включення, тим більш вираженим є перерозподіл напружень і тенденція зсуву зони локації концентрації напружень та їх зростання на межі поділу матеріалів оболонки і включення у разі наявності кругового отвору;

6) встановлено закономірності зміни розподілу напружень і деформацій в оболонці з різними отворами в залежності від їх конфігурації, виду, розмірів і властивостей матеріалу включень;

7) здійснено аналіз зміни характеру розподілу напружень в околі отворів за наявності включень та впливу матеріалу включення на величину коефіцієнта концентрації напружень, розроблено рекомендації щодо застосування включень в тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонках з різними отворами, що дозволяє впливати на їх НДС з метою підвищення міцності елементів конструкцій.

### **ЗАПИТАННЯ ТА ВІДПОВІДІ**

**Д-р фіз.-мат. наук, проф. Лобода В. В., завідувач кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

У Вас розглядаються оболонки з різними отворами. Як впливає конфігурація отвору на величину коефіцієнта концентрації напружень? Ви використовуєте навколо отворів накладки у вигляді включень. Чи є відмінності у величині коефіцієнта концентрації напружень, якщо навколо цих різних отворів з'являються включення?

**Семенча О. О.:**

Дякую за запитання! У роботі розглядаються оболонки з двома видами отворів – круговими та квадратними. Якщо можна, я перейду до слайдів. На цих слайдах можна побачити, що величина коефіцієнта концентрації напружень для кругових отворів та квадратних отворів для однорідних оболонок суттєво відрізняється. Для квадратних отворів величина коефіцієнта концентрації напружень значно більша, ніж для кругових отворів, майже у півтора рази. Якщо навколо отворів з'являються включення з іншого матеріалу, то це суттєво впливає на зміну величини коефіцієнта концентрації напружень. Наприклад, якщо подивитись на порівняльну таблицю для оболонок з круговим отвором, то бачимо, що включення дозволяє зменшити коефіцієнт концентрації напружень в околі отвору для циліндричних і конічних оболонок майже на 22–23%, а для оболонок з квадратним отвором – на ~53–54%. Вид отвору суттєво впливає на величину коефіцієнта концентрації напружень. Але, як для однорідних оболонок, так і для оболонок з включеннями навколо отворів, різниця у величині ККН для кругових і квадратних отворів зберігається (приблизно у 1,5 рази).

**Д-р фіз.-мат. наук, проф. Лобода В. В., завідувач кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Які з отриманих Вами результатів Ви вважаєте найвагомішими?

**Семенча О. О.:**

Найбільш вагомими результатами я вважаю запропоновану методику отримання раціональних параметрів включень для обох видів оболонок (циліндричних і конічних) з різними конфігураціями отворів, а також виявлення механічних ефектів, що з'являються на стику матеріалів оболонки і включення в залежності від ширини включення, величини модуля пружності матеріалу та конфігурації отвору. Сформульовано рекомендації. Це може бути корисним при застосуванні запропонованої методики на практиці.

**Канд. фіз.-мат. наук, доц. Ходанен Т. В., доцентка кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Скажіть, будь ласка, Ви у своїй роботі розглядаєте два види оболонок з двома видами отворів. Чи недостатньо було б розглянути один вид оболонок, щоб зробити певні висновки? Навіщо Ви розглядали обидва види?

**Семенча О. О.:**

Дякую за запитання! Так, у роботі розглядалися циліндричні і конічні оболонки з двома видами отворів. Їхня геометрія суттєво впливає на розподіл напружень навколо отворів. Якщо подивитись на даний слайд, то можна побачити, що за наявності квадратного отвору в циліндричній оболонці зона концентрації напружень виникає в околі усіх чотирьох кутових точок. А для конічних оболонок концентрація напружень виникає лише в околі двох верхніх кутових точок квадратного отвору, у силу їхньої геометричної особливості. Тому, я вважаю, що розглянути якийсь один вид оболонок, щоб зробити певні висновки, недостатньо. Адже тут грає роль геометрія оболонки, вид отвору, наявність включень та їхні механічні та геометричні параметри.

**Канд. фіз.-мат. наук, доц. Ходанен Т. В., доцентка кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Як впливає наявність включень, які Ви розглядали, на загальні закономірності для неоднорідних оболонок у порівнянні з однорідними? Чи залишається така ж сама відмінність коефіцієнта концентрації напружень для конічної і циліндричної оболонок?

**Семенча О. О.:**

Дякую за запитання! Якщо подивитись на даний слайд, то у таблиці наведені значення величини коефіцієнта концентрації напружень для однорідних циліндричних і конічних оболонок з круговими отворами. Видно, що ці значення відрізняються, тобто для конічної оболонки коефіцієнт концентрації напружень дещо більший, ніж для циліндричної, приблизно на 2%. Таку саму картину можна побачити і для квадратних отворів. Наявність неоднорідності у вигляді включення навколо отвору призводить до зменшення величини коефіцієнта концентрації напружень, але закономірність, тобто різниця між величиною коефіцієнта концентрації напружень для циліндричної й конічної оболонок, залишається незмінною (приблизно до 2%).

**Канд. фіз.-мат. наук, доц. Ходанен Т. В., доцентка кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Ви розглядали, як Ви кажете, малі отвори. За якими критеріями отвори вважаються малими?

**Семенча О. О.:**

Так, дійсно, у роботі розглядались оболонки з малими круговими і квадратними отворами. Поняття «малі отвори» було введено у роботах О.М. Гузя, зокрема в його монографії «Методи розрахунку оболонок». На цьому слайді наведено таблицю коефіцієнтів концентрації напружень для однорідних оболонок з круговим отвором в залежності від його розміру («малий» або «немалий»). Якщо співвідношення, що наведене в таблиці, менше 1, то отвір вважається «малим», інакше – «немалим». У чисельнику даного співвідношення знаходиться радіус отвору, а у знаменнику під квадратним коренем – кривина оболонки, помножена на її товщину. У дисертаційній роботі розглянуто оболонки з отвором, для якого значення цього співвідношення дорівнювало 0,5.

**Д-р фіз.-мат. наук, проф. Говоруха В. Б., завідувач кафедри вищої математики, фізики та загальноінженерних дисциплін Дніпровського державного аграрно-економічного університету:**

Скажіть, будь ласка, чи я правильно зрозумів, що для оболонки використовується ізотропний матеріал?

**Семенча О. О.:**

Так, використовуються оболонки із ізотропного матеріалу.

**Д-р фіз.-мат. наук, проф. Говоруха В. Б., завідувач кафедри вищої математики, фізики та загальноінженерних дисциплін Дніпровського державного аграрно-економічного університету:**

Скажіть, якщо розглянути інші види матеріалів, що мають анізотропію або є ортотропними, чи можна Вашу методику застосувати для таких матеріалів?

**Семенча О. О.:**

Дякую за запитання! У роботі розглядалися оболонки із ізотропного матеріалу. Метою роботи було дослідити вплив неоднорідностей навколо отворів в оболонках із ізотропного матеріалу на концентрацію напружень, проаналізувати отримані числові результати комп'ютерного моделювання, виявити певні закономірності. Вважаю, що отримані в дисертації результати відкривають перспективи для проведення аналогічних досліджень для більш складних матеріалів, у тому числі, для ортотропних і анізотропних оболонок.

**Д-р техн. наук, проф. Дзюба А. П., професор кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Декілька запитань, якщо можна. Спочатку маленька репліка про один чи два отвори. Справа в тому, що якби був один отвір, то був би позацентровий розтяг/стиск. З одного боку немає матеріалу, і зрозуміло, що нейтральна лінія зсунеться у протилежну сторону, і там буде момент. Я так розумію, що Ви для демонстрації порівняли циліндричну і конічну оболонку з отворами. Але ж між розрахунками цих оболонок є різниця. Для циліндричної оболонки при розтязі можна провести звичайний інженерний розрахунок, і навіть вказати похибку. Ви такий розрахунок проводили? Для конічних оболонок розрахункова схема інша. В конічній оболонці, на відміну від циліндричної, також буде момент, що залежить від конічності, і як оболонку не закріпи, буде момент. Як це враховувалось? Конічна оболонка більш навантажена, якщо у Вас однакове навантаження? Як Ви порівнювали?

**Семенча О. О.:**

Дякую за запитання! Інженерного розрахунку для порівняння результатів не проводилось. Верифікація результатів здійснена при порівнянні із відомими в літературі аналітичними розв'язками, як для циліндричної, так і для конічної оболонок. Оскільки у зрізаній конічній оболонці інша геометрія і різна площа верхніх і нижніх граней, ніж у циліндричної, тому до верхньої і нижньої частини конічної оболонки прикладені різні за величиною навантаження для того, щоб оболонка знаходилась у рівновазі. Порівняння проводилось для безрозмірних величин – коефіцієнта концентрації напружень для обох типів оболонок.

**Д-р техн. наук, проф. Дзюба А. П., професор кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

А як Ви тоді порівнювали, якщо різні? Тоді між собою їх порівнювати не дуже коректно, напевно? У середині кожної конструкції – порівнюйте, а між ними – як? Якщо вони в різних умовах навантаження. Придивіться до цього питання.

У мене таке питання. Зараз модно розглядати функціонально-градієнтні структури, тобто змінюються матеріали, зараз є така можливість, і 3D принтери, і таке інше. Це актуальне питання, яке Ви в дисертації розглядаєте. Але подивіться рівняння, я Вам зараз покажу формули: циліндрична жорсткість і жорсткість на розтяг циліндричної оболонки. Модуль пружності і жорсткісні параметри, товщина входять поряд, їх ніде в рівняннях окремо немає. Тоді скажіть, будь ласка, чи є якась різниця, якщо змінювати коефіцієнт, куди входять ці параметри, то яка різниця між

зменшенням товщини і зміною фізичних параметрів? Ви не пробували таке дослідити?

**Семенча О. О.:**

Ні, зміна товщини оболонки не входила в поставлену задачу. В дисертації розглянуто тонкостінні оболонки у межах геометрично лінійної моделі.

**Д-р техн. наук, проф. Дзюба А. П., професор кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Ті ефекти, що у Вас отримані, можна було б отримати зміною товщини, а не зміною фізичних параметрів. Це на майбутнє. І ще питання. Скажіть, будь ласка, у Вас є лінія розділу матеріалу включення з основним матеріалом. Це все одно, що змінити товщину стрибкоподібно або змінити таким же чином фізико-механічні характеристики. Що там відбувається по цій лінії? Як Ви питання колізії розрізняєте: стрибок чи плавність?

**Семенча О. О.:**

Так, зрозумів. Дослідження виконувалось у припущенні, що на стику матеріалів оболонки і включення є певний перехідний шар, в якому всі механічні параметри усереднені. Наприклад, якщо подивитись на слайд розподілу інтенсивності напружень вздовж контуру отвору та стику, там немає ніяких непередбачуваних стрибків, усі лінії плавні. Можна побачити механічний ефект зсуву зони локації концентрації напружень з контуру отвору до стику матеріалів. Ніяких стрибків не спостерігається, має місце плавний перерозподіл напружень.

**Д-р техн. наук, проф. Дзюба А. П., професор кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Якщо б збільшилась товщина оболонки вдвічі, що б там, по цій лінії, було? Теж не було б стрибка?

**Семенча О. О.:**

Дане питання не розглядалось, оскільки не входило до кола досліджуваних завдань.

**Д-р техн. наук, проф. Дзюба А. П., професор кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Можливо, зараз є технології, щоб змінювати жорсткість матеріалу, наприклад, якоюсь фрезою або хімічним фрезуванням. У яких випадках це можливо та доцільно застосовувати? І де?

**Семенча О.О.:**

Зрозумів Ваше питання. Вважаю, що отримані мною результати доцільно використовувати при дослідженні міцності конструкцій та при конструюванні тонкостінних конструкцій з отворами. В дисертації проведено комп'ютерне моделювання для модельних матеріалів. Запропоновано методику зменшення концентрації напружень навколо отворів в оболонках за рахунок використання навколо них включень. Питання конкретної побудови таких оболонкових елементів не входило до поставленої задачі. До задачі входило виявити певні закономірності, визначити раціональні параметри включень, які можуть вплинути на величину коефіцієнта концентрації напружень. Як створити реальну конструкцію з такими включеннями, це, мабуть, із галузі матеріалознавства. Вважаю, що одержані в роботі результати можуть бути корисними при проектуванні тонкостінних оболонкових конструкцій нової техніки, зокрема ракетно-космічної галузі.

**Д-р техн. наук, проф. Дзюба А. П., професор кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Розрахувати циліндричну оболонку можна таким чином: розділити зусилля по контуру, які там на торці, на  $2\pi R\delta$ . Ви не пробували? Наскільки відрізняється такий інженерний розрахунок і скінченноелементний? Не пробували дослідити для великих отворів?

**Семенча О. О.:**

Ні, інженерний розрахунок не проводився. Верифікація одержаних числових результатів здійснена при порівнянні із відомими в літературі аналітичними розв'язками. Дослідження для великих отворів не входило до кола завдань дисертаційного дослідження.

**Д-р техн. наук, проф. Дзюба А. П., професор кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Тобто розмір отвору був один, заданий, і не змінювався?

**Семенча О. О.:**

Так, отвір вважався малим, як я вже казав. У роботі усі розрахунки проведено для малого отвору. Розглядався отвір, для якого величина співвідношення, яке наведено на слайді, дорівнює 0,5. У цьому випадку отвір вважається малим. Немалі отвори, для яких вказане співвідношення більше одиниці, мною у роботі не розглядались.

**Канд. фіз.-мат. наук, доц. Чернецький С. О., доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Доброго дня! Олексію Олександровичу, будь ласка, покажіть Ваші висновки, слайд з висновками. У висновках вказано, що розроблені розрахункові математичні моделі для визначення оболонкових елементів конструкцій. Скажіть, будь ласка, а в чому різниця в постановках Ваших задач? Якщо Ви розглядаєте тіло, тобто тривимірну задачу і оболонкову конструкцію, де у Вас різниця? Покажіть, будь ласка, що Ви розглядаєте саме оболонкові конструкції.

**Семенча О. О.:**

У роботі застосована безмоментна теорія оболонок, тобто напруження, що виникають в оболонці, рівномірно розподілені за товщиною оболонки. Це означає відсутність в оболонці згинальних та крутних моментів. На плакаті наведено математичні моделі розглянутих задач для тонкостінних оболонкових елементів конструкцій.

**Канд. фіз.-мат. наук, доц. Чернецький С. О., доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Ми говоримо про постановку задачі. Де математично у Вас це застосовано? У чому різниця між функціоналом для циліндричної оболонки і для циліндричного тіла, тобто циліндра, у чому різниця?

**Семенча О. О.:**

Різниця у тому, що в дисертації розглядаються лише тонкостінні конструкції. У функціоналі для циліндричної оболонки у нас є один радіус основи, а для конічної оболонки враховуються радіуси верхньої і нижньої основ.



**Канд. фіз.-мат. наук, доц. Чернецький С. О., доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

А для тіла інший буде радіус? Різниця між тілом і оболонкою де в Вашій математичній постановці задачі, що відрізняється від тіла?

**Семенча О. О.:**

Не зрозумів питання.

**Канд. фіз.-мат. наук, доц. Чернецький С. О., доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Я бачу, що у Вас там для циліндричної оболонки під інтегралом по об'єму стоїть інтеграл по поверхні, так?

**Семенча О. О.:**

Так.

**Канд. фіз.-мат. наук, доц. Чернецький С. О., доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Де у Вас тут теорія оболонок? Давайте так, інакше сформулюємо. Яку теорію оболонок Ви застосовували, коли формулювали задачу в такому вигляді?

**Семенча О. О.:**

Розглядалась безмоментна теорія оболонок, тобто всі напруження, що виникають, розподілені за товщиною, і не виникає ніяких крутних моментів та згинів.

**Канд. фіз.-мат. наук, доц. Чернецький С. О., доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Це в циліндричній. А в конічній немає моментів? Це те, що у Вас запитував професор Дзюба А. П.

**Семенча О. О.:**

Так, я зрозумів. У даному випадку в нас також немає моментів, оскільки ми проводили розрахунки у межах безмоментної теорії оболонок за заданим видом навантаження.

**Д-р техн. наук, проф. Пошивалов В. П., заступник директора з наукової роботи, завідувач відділу міцності і надійності механічних систем Інституту технічної механіки НАН України і ДКА України:**

Доброго дня! У мене перше таке загальне питання: на першому слайді у Вас є ракети, літаки, цистерни. Ви розглядаєте циліндричні й конічні оболонки, які працюють на розтяг. Чи можете навести конкретний приклад, де у техніці використовуються такі розрахункові схеми? Для яких оболонок Ви це розраховували?

**Семенча О. О.:**

У роботі розглядалися тонкостінні циліндричні й конічні оболонки як елементи зазначених конструкцій. Проводилось комп'ютерне моделювання їхньої поведінки за заданого виду навантаження. Досліджувалась величина коефіцієнта концентрації напружень за наявності навколо отворів неоднорідностей у вигляді включень. Це абстрактна розрахункова схема.

**Д-р техн. наук, проф. Пошивалов В. П., заступник директора з наукової роботи, завідувач відділу міцності і надійності механічних систем Інституту технічної механіки НАН України і ДКА України:**

Ви конкретно скажіть. Є ракета. Де у ракети може оболонка працювати на розтяг? Резервуар у Вас є. Де резервуар працює на розтяг?

**Семенча О. О.:**

На даному слайді показані приклади, де взагалі використовують оболонкові елементи конструкцій.

**Д-р техн. наук, проф. Пошивалов В. П., заступник директора з наукової роботи, завідувач відділу міцності і надійності механічних систем Інституту технічної механіки НАН України і ДКА України:**

Для яких оболонок Ваші розрахункові схеми, для чого це потрібно? Скажіть, в яких конструкціях оболонки конічні й циліндричні працюють на розтяг?

**Семенча О. О.:**

Циліндричні і конічні оболонки використовуються, наприклад, як фюзеляж літака.

**Д-р техн. наук, проф. Пошивалов В. П., заступник директора з наукової роботи, завідувач відділу міцності і надійності механічних систем Інституту технічної механіки НАН України і ДКА України:**

Літак, як же він розтягується? Він, навпаки, стискається. Ракета стискається, якщо вона летить, а де ж вона розтягується?

**Семенча О. О.:**

Дякую за запитання. Врахую у подальшій роботі.

**Д-р техн. наук, проф. Пошивалов В. П., заступник директора з наукової роботи, завідувач відділу міцності і надійності механічних систем Інституту технічної механіки НАН України і ДКА України:**

Ви зрозумійте, у Вас добра математика, розрахунки, а до яких конструкцій мені, як інженеру, можна Ваші результати використовувати? Але це загальне питання.

Друге питання. Ви розглядаєте різні модулі пружності і коефіцієнти Пуассона, але жодного разу не сказали, до яких матеріалів Ви це використовували конкретно? З яких матеріалів виготовлені оболонки?

**Семенча О. О.:**

Дякую за запитання. В якості базового матеріалу оболонок використовувалась сталь, ця інформація наведена на слайді. В якості матеріалів включень використовувались модельні матеріали, модуль пружності яких був у декілька разів менше, ніж матеріал оболонки. Розглядалось чотири види таких матеріалів. Наприклад, для найм'якшого із розглянутих матеріалів вважалось, що його механічні властивості схожі з властивостями алюмінію, тобто його модуль пружності в три рази менше, ніж модуль пружності сталі. Модуль пружності модельних матеріалів включень варіювався з певним кроком від «найм'якшого» до більш «жорсткішого» (відмінність в 2/3 разів від модуля пружності оболонки).

**Д-р техн. наук, проф. Пошивалов В. П., заступник директора з наукової роботи, завідувач відділу міцності і надійності механічних систем Інституту технічної механіки НАН України і ДКА України:**

Зрозуміло. Останнє таке питання. На 19-му слайді Ви використовуєте таке поняття, як раціональні параметри. Чому не використовуєте термін «оптимальні», що Ви під «раціональними» параметрами розумієте?

**Семенча О. О.:**

Дякую за запитання. Під раціональними параметрами розуміємо такі параметри включення, які є найкращими задля зменшення коефіцієнта концентрації напружень. У цьому полягає мета дисертаційної роботи. Що стосується оптимальності цих параметрів, то, тут, напевно, треба ставити і розв'язувати відповідну задачу оптимізації у строгому математичному формулюванні. Це вже інша задача. Це не входило до кола завдань дисертаційного дослідження.

**Д-р фіз.-мат. наук, проф. Шевельова А. Є., професор кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

У мене таке питання: по-перше, поясніть, будь ласка, як Ви перевіряли практичну збіжність методу скінченних елементів? Скільки усього сіток знадобилось, щоб отримати задовільну точність? Що з чим Ви порівнювали при цьому?

**Семенча О. О.:**

Дякую за запитання. У роботі проводилась перевірка практичної збіжності методу скінченних елементів. Для цього розглядалась послідовність адаптивних скінченноелементних сіток зі зменшенням величини кроку (на приблизно 30-40%). Навколо отвору відбувалось згущення сітки з коефіцієнтом подрібнення 1:8. Розв'язки на сусідніх сітках порівнювались між собою (за величиною ККН). Для отримання задовільної точності знадобилось 3 ітерації згущення сітки. Точність вважалась задовільною, коли відхилення між розв'язками на двох сусідніх сітках становила менше 5%. Також проводилась верифікація результатів. На слайді № 8 можна побачити аналіз тестової задачі, що була розв'язана для перевірки достовірності отриманих результатів. У таблиці представлені значення ККН, отримані аналітично та за допомогою МСЕ для однорідних оболонок. Відхилення отриманого числового розв'язку від аналітичного – менше 1%.

**Д-р фіз.-мат. наук, проф. Шевельова А. Є., професор кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Яка практична і теоретична цінність отриманих Вами результатів? Підкреслить, будь ласка, і одну, й іншу сторони.

**Семенча О. О.:**

Дякую за запитання. Я вважаю, що запропонована в дисертаційній роботі методика стосовно зменшення коефіцієнта концентрації напружень навколо отворів тонкостінних оболонок може бути застосована у науково-дослідних і проектно-конструкторських організаціях при проектуванні і розрахунку на міцність конструкцій сучасної техніки. Що стосується теоретичних значень результатів, то вважаю, що отримані мною результати дисертаційного дослідження можуть служити як науково-методична основа для перспективних розробок в механіці деформівного твердого тіла. Вони надають змогу проводити дослідження актуальних задач механіки, які виникають в інженерній практиці при розрахунках міцності неоднорідних конструкцій з різноманітними концентраторами напружень.

**Д-р техн. наук, проф. Пошивалов В. П., заступник директора з наукової роботи, завідувач відділу міцності і надійності механічних систем Інституту технічної механіки НАН України і ДКА України:**

Я перепрошую. Ви якраз сказали, що буде використовуватись в конструкторських бюро, але ж не відповіли мені на питання: так для яких конструкцій усе це Ваше дослідження можна застосовувати, у яких конструкторських бюро?

**Семенча О. О.:**

Якщо буде виникати якась потреба у конкретному дослідженні поведінки тонкостінної конструкції з концентраторами напружень у вигляді отворів і необхідність зменшення концентрації напружень. Наприклад, отримані мною результати можна використовувати при дослідженні впливу виду оболонки, форми отвору, властивостей включень на НДС оболонки.

**Д-р техн. наук, проф. Пошивалов В. П., заступник директора з наукової роботи, завідувач відділу міцності і надійності механічних систем Інституту технічної механіки НАН України і ДКА України:**

Ви конкретно скажіть, до яких конструкцій?

**Семенча О. О.:**

Конкретно, для яких саме конструкцій на практиці, я не розглядав. Дослідження мають науковий характер. Проводилось комп'ютерне моделювання і обчислювальний експеримент для вказаних видів оболонок як елементів тонкостінних конструкцій.

**Канд. фіз.-мат. наук, доц. Чернецький С. О., доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Олексію Олександровичу! Я від Вас ще раз почув, що Ви запропонували якусь методику, яка дозволить знизити концентрацію напружень. А в чому полягає ця методика, яку Ви запропонували?

**Семенча О. О.:**

У дисертаційній роботі запропонована авторська методика і розроблено алгоритм знаходження раціональних параметрів включень, що дають змогу знизити концентрацію напружень. У роботі цей алгоритм детально описано. Він полягає у підборі і налаштуванні параметрів адаптивної скінченноелементної сітки з урахуванням специфіки геометрії оболонки і конфігурації отворів. А також перевірки практичної збіжності метода скінченних елементів за рахунок використання послідовності вкладених сіток. За допомогою цього алгоритму можна знайти раціональні параметри включень навколо отворів.

**Канд. фіз.-мат. наук, доц. Чернецький С. О., доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Я прошу вибачення. Ви використовували, я так розумію, відомий комплекс SolidWorks, так? Адаптивні сітки там вбудовані в сам пакет програм. Яку Ви там адаптивну сітку зробили? У Вас що, є якийсь алгоритм, Ваш особистий, і Ви туди цей алгоритм якимось чином вбудували?

**Семенча О. О.:**

Ні, я маю на увазі алгоритм підбору самої сітки.

**Канд. фіз.-мат. наук, доц. Чернецький С. О., доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

А як Ви це робили? Будь ласка, це ж дуже важливо.

**Семенча О. О.:**

Я запропонував і використовував алгоритм побудови сітки так, щоб за певну кількість кроків можна було отримати прийнятний результат, порівнюючи числовий розв'язок з аналітичним.

**Канд. фіз.-мат. наук, доц. Чернецький С. О., доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Олексію, що Ви змінили саме в SolidWorks? Ви запропонували свій алгоритм? Що Ви там змінили?

**Семенча О. О.:**

Ні, у пакеті я нічого не змінював, не програмував. Я запропонував алгоритм підбору адаптивної сітки, тобто, які параметри треба задати, як побудувати геометричну модель оболонок і модель включень для того щоб отримати раціональні параметри включень.

**Канд. фіз.-мат. наук, доц. Комаров О. В., доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Перше питання. Чим, у цілому, забезпечується достовірність одержаних Вами результатів?

**Семенча О. О.:**

Дякую за запитання. Достовірність отриманих результатів забезпечується тим, що, по-перше, отримані у роботі числові результати не суперечать фізичній суті фізичних процесів і явищ, по-друге, задача поставлена у строгому математичному формулюванні в межах теорії пружності, теорії пластин і оболонок. У роботі використовувались загально визнані співвідношення і методи механіки деформівного твердого тіла. Також проводилась верифікація результатів на тестових задачах, порівняння з відомими аналітичними розв'язками, тому ніяких непередбачуваних стрибків у розв'язках не відбувалось. Побудована скінченноелементна модель, за допомогою якої був отриманий результат, дозволила одержати розв'язок із задовільною точністю. Числові результати добре узгоджуються з теоретичними.

**Канд. фіз.-мат. наук, доц. Комаров О. В., доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Поясніть, будь ласка, детальніше, який саме скінченний елемент Ви використовували, і як Ви розумієте степені свободи скінченного елемента? Скільки їх було?

**Семенча О. О.:**

Дякую за запитання. У роботі використовувався трикутний шестивузловий лагранжевий скінченний елемент з трьома степенями свободи, де степені свободи – це кількість незалежних переміщень елемента, які можуть відбуватися в кожній вузловій точці скінченного елемента. Для оболонкового скінченного елемента таких степенів свободи три:  $u$ ,  $v$ ,  $w$ . При побудові прийнятної сітки для розрахунків для оболонок з круговим отвором і включенням було використано  $\sim 22000$  елементів та  $\sim 45000$  вузлів, а для оболонки з квадратним отвором і включенням  $\sim 25000$  елементів та  $\sim 51000$  вузлів.

**Канд. фіз.-мат. наук, доц. Комаров О. В., доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Скільки, у середньому, використовувалось вузлів і скінченних елементів для різних типів оболонок, і як довго розрахунки проводились, тобто середній час який?

**Семенча О. О.:**

На даному слайді наведена інформація про кількість елементів і вузлів, у середньому, для циліндричних оболонок. Для конічних оболонок ця кількість дещо менше. Наприклад, для конічних оболонок з круговим отвором використовувалось, наскільки я пам'ятаю,  $\sim 18000$  елементів і  $\sim 37000$  вузлів, а для конічних оболонок з квадратним отвором – приблизно  $19000$  елементів і  $\sim 46000$  вузлів. Середній час розрахунків – до 1 хв.

**Головуючий, д-р фіз.мат. наук, проф. Лобода В. В., завідувач кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Запитань більше немає. Переходимо до обговорення дисертаційної роботи. Слово має науковий керівник.

**ВИСТУП НАУКОВОГО КЕРІВНИКА:**

Добрий день, шановні члени семінару, шановні присутні!



Дозвольте подякувати вам, що прийняли запрошення взяти участь у роботі семінару! Дякую за запитання здобувачу, вважаю, що це піде йому на користь і допоможе надалі при підготовці до захисту.

Мною, як науковим керівником здобувача Олексія Семенчі, підготовлено ВИСНОВОК з оцінкою його роботи при виконанні ним індивідуального навчального плану. Мій висновок подано до відділу аспірантури. З вашого дозволу, зачитувати повністю ВИСНОВОК я не буду, а оголошу його тезово.

Олексій Семенча є випускником бакалаврата, а потім і магістратури нашої кафедри. Є вихованцем нашої кафедри. Закінчив він навчання в магістратурі в 2020 р. і отримав диплом з відзнакою. Того ж року вступив до очної аспірантури ДНУ.

Свій інтерес до наукових досліджень здобувач виявив ще бакалавром, починаючи з 3-го курсу. Слід зазначити, що він підготував і представив на конкурс наукову роботу, де став переможцем I-го туру Всеукраїнського конкурсу наукових студентських робіт у 2019 році.

Протягом усього періоду навчання аспірант Семенча О. О. сумлінно виконував індивідуальний навчальний план з освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії. Він повністю і своєчасно виконав освітню складову індивідуального навчального плану.

У процесі підготовки дисертації та виконання індивідуального плану наукової роботи він проявив здатність самостійно проводити наукові дослідження, проявив наполегливість і творчий підхід до розв'язання наукових задач, обґрунтування і аналізу отриманих результатів.

Основні результати дисертації одержано асп. Семенчею О. О. самостійно.

За період навчання в аспірантурі за темою дисертації здобувачем опубліковано 10 наукових праць, з них 4 статті у наукових фахових виданнях України категорії Б. Апробацію одержаних наукових результатів дисертаційного дослідження проведено на 6 міжнародних наукових конференціях, опубліковано тези доповідей та матеріали конференцій. Асп. Семенча О. О. має сертифікати участі у роботі 3 міжнародних наукових конференцій. Є співавтором опублікованого 1 навчального посібника до вивчення дисципліни «Прикладні обчислювальні технології». До речі, він підготував і зробив доповідь англійською мовою на міжнародній конференції у Туреччині (у режимі відео-конференції). При проходженні в аспірантурі викладацької практики він проводив зняття у групі іноземних студентів англійською мовою.

Усі вимоги МОН України щодо кількості публікацій за результатами дисертаційного дослідження та їх рівня виконані. Одержані результати обговорено на авторитетних міжнародних наукових конференціях.

На сьогоднішній день асп. Семенча О. О. отримав низку важливих нових наукових результатів, що стосуються визначення та обґрунтування раціональних параметрів включень навколо локальних концентраторів напружень у тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонках, що дають змогу

зменшити концентрацію напружень навколо отворів. Дослідження у цьому напрямку представляють як теоретичний, так і практичний інтерес для багатьох сучасних галузей техніки, зокрема ракетно-космічної.

Вважаю, що аспірант Семенча О.О. успішно впорався з виконанням індивідуального навчального плану у повному обсязі.

Отже, як науковий керівник, вважаю, що дисертаційна робота Семенчі Олексія Олександровича на тему: «Напружено-деформований стан тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонок з отворами» на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 113 Прикладна математика є самостійно виконаною кваліфікаційною науковою працею на актуальну тему, одержані ним результати є новими, мають теоретичне й практичне значення у галузі механіки деформівного твердого тіла.

Автор роботи, Семенча Олексій Олександрович, за всіма набутими компетентностями, на мою думку, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії зі спеціальності 113 Прикладна математика. Вважаю, що робота може бути рекомендована до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді. Сподіваюсь на підтримку членів наукового семінару.

Дякую за увагу!

### **В ОБГОВОРЕННІ ДИСЕРТАЦІЇ СЕМЕНЧІ О.О. ВЗЯЛИ УЧАСТЬ:**

**Д-р техн. наук, проф. Дзюба А. П., професор кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Назва роботи – це дослідження напружено-деформованого стану. У рамках цього формулювання розглядалась розрахункова схема, були і питання, і зауваження з цього приводу. Обрано розтяг, якби був стиск, то це була б задача втрати стійкості з важкими наслідками, там нелінійна задача, і це задача не для доктора філософії, тому тут залишено цей аспект. По-перше, де це виникає. Нещодавно ми спостерігали, як з наших цистерн чи контейнерів, у яких возили зерно, знизу, з люків висипали зерно... Як відомо, при згинанні оболонка в нижній частині розтягується, у верхній стискається, те саме і з нафтопродуктами. Та ж крилата ракета, коли відкидається з контейнера двигунами, заносить свій хвіст, там і динаміка, й інші інерційні згинання. Не виключено, що у місцях згинання є якісь отвори. Такі приклади можна знайти.

У роботі досліджено напружено-деформований стан при розтязі, щоб не виникало питань про стійкість, то їх і не виникло. Те саме, один чи два, чи більше отворів? Якщо один отвір, то в цю сторону буде перекис деформацій. Щоб запобігти цьому, автори взяли два отвори, для симетрії.

Чи виконана дослідницька робота? На мій погляд, задача актуальна, і є прикладні аспекти і рекомендації, які можна зробити. У рамках постановки задачі вона, як, на мій погляд, є закінченою роботою, досліджені вплив певних параметрів – жорсткості, розмірів на напружено-деформований стан. Мова йшла і про засоби досягнення мети. Ми останнім часом настільки звикли, що кожний, хто оволодів хоч трошки пакетом скінченноелементного аналізу, то вже є спеціалістом. Пакет, розрахунок, аналіз – все це у роботі присутнє, як і інші атрибути, які необхідні для доктора філософії за нинішніми правилами зі спеціальності «Прикладна математика». Робота викликала інтерес, було багато запитань, якихось зауважень, але причини не підтримати роботу не були висловлені. Моя думка від цього не залежить, я все рівно вважаю, що робота відповідає вимогам до доктора філософії за цією спеціальністю. У результаті засідання не було названо жодних причин, чому це не так, тому я роботу цю підтримую, нехай людина захищає дисертацію в такий важкий час. Я не думаю, що робота зустрине десь якісь заперечення: і публікації, і апробація подано належним чином. Здобувач самостійно виконав, розбирається і відповідав на складні запитання. Тут здобувачу важко було відповідати. Я запитував, щоб себе збагатити знанням про конічні оболонки при згинанні. Нема причин не підтримати, я підтримую і думаю, що треба голосувати «за». Дякую за увагу!

**Д-р техн. наук, проф. Пошивалов В. П., заступник директора з наукової роботи, завідувач відділу міцності і надійності механічних систем Інституту технічної механіки НАН України і ДКА України:**

Я з цією роботою знайомився ще декілька років тому, тому що дві статті було опубліковано у нашому журналі «Технічна механіка», я виступав рецензентом з цих робіт. Я скажу, що в статтях, які проходили через наш журнал, там була добра математика, була постановка задач, і це, можна сказати, є основою, щоб підтримати цю роботу, тим паче, це є кваліфікаційна робота на здобуття ступеня доктора філософії. Частково Анатолій Петрович доповнив відповідь на те питання, яке я здобувачу поставив. Коли буде вже основний захист, то така рекомендація здобувачу: якщо на першому плакаті наводити рисунки ракет, цистерн, то треба конкретизувати, де саме це буде використовуватись в конструкторських бюро. Це таке побажання. Я вважаю, що роботу можна допустити до захисту, вже на разовій спеціалізованій вченій раді, яка буде створена для захисту цієї роботи. Дякую за увагу!

**Канд. фіз.-мат. наук, доц. Ходанен Т. В., доцентка кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Шановні колеги!

Я ознайомилася з текстом дисертації Олексія Семенчі. Дисертація оформлена ретельно, з дотриманням вимог МОН України. Робота добре структурована, має багато ілюстрацій власних числових розрахунків автора як в тексті роботи, так і в додатках.

Основні результати дисертації повною мірою опубліковані у фахових виданнях категорії Б та апробовано на кількох наукових конференціях.

У цілому, виступ дисертанта та його відповіді на запитання свідчать про самостійність виконання роботи і достатній рівень його теоретичної підготовки зі спеціальності 113 Прикладна математика. Навіть сьогоднішнє хвилювання здобувача свідчить про те, що він представляє результати власної наукової роботи.

Можливо, деякі моменти можна було б покращити та зробити по-іншому або проробити більш ретельно, зокрема, як справедливо зазначив Володимир Павлович, щодо практичного застосування отриманих результатів. Проте, на сьогодні всі формальні вимоги виконано, тому є всі підстави підтримати роботу Олексія Семенчі та рекомендувати її до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

Дякую за увагу!

**Д-р фіз.-мат. наук, проф. Шевельова А. Є., професорка кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Я теж хочу виступити з підтримкою. Дисертаційна робота справляє добре враження. Багато числових розрахунків, ілюстративного матеріалу. Зроблено достатньо серйозний числовий аналіз. Тут можна ще констатувати, що тема є актуальною. Так, ми бачимо, для чого може застосовуватися. З доповіді здобувача зрозумілі і мета роботи, і наукова новизна одержаних результатів. Публікацій достатньо для подання для захисту у спеціалізованій вченій раді. Тому, вважаю, що Семенча Олексій Олександрович представив сьогодні завершене наукове дослідження, яке має практичне значення. Ці дослідження, на мій погляд, мають подальші перспективи. Ще можна сказати, що, мабуть, така база розрахунків, яка була зроблена, може використовуватись у подальшому для розв'язання й інших задач, для яких потрібен такий числовий матеріал, щоб з іншого боку використати. Тому я підтримую цю роботу і її автора і рекомендую представлену дисертацію до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді. Дякую!

**Головуючий, д-р фіз.-мат. наук, проф. Лобода В. В., завідувач кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:**

Я хочу сказати, що згоден з оцінкою роботи, яка була висловлена попередніми доповідачами. Мені сподобалась математична частина роботи, сподобалась ідея зменшення степені концентрації напружень за рахунок включень. Олексій добре

володіє матеріалом, на мій погляд. У процесі навчання в аспірантурі до нього ніяких нарікань не було, тобто він виконав усі вимоги, які потрібні для аспірантів: виконав індивідуальний навчальний план, а дисертація – це вже показник його наукової складової. Тому я також рекомендую підтримати його роботу і рекомендувати для захисту у разовій спецраді.

Якщо виступів більше немає, переходимо до висновків.

## ВИСНОВОК

**Актуальність теми дисертації.** Тонкостінні конструкції, елементами яких є пластини і оболонки, мають широкий спектр застосування у різноманітних галузях техніки, а саме, судно-, машино- та ракетобудуванні, авіації, енергетиці, будівництві та ін. Процеси деформування та руйнування залежать від багатьох факторів, головним з яких є рівень напружень в компонентах матеріала конструкції. На практиці найбільш часто застосовують оболонки з вирізами різних форм та розмірів, а також з включеннями різної жорсткості, що призводить до локальної концентрації параметрів напружено-деформованого стану (НДС). Урахування впливу вказаних неоднорідностей є дуже важливим з точки зору прогнозування надійності і довговічності конструкції. Наявність локальних концентраторів напружень може несприятливо впливати на процес експлуатації конструкції і призвести до її передчасного виходу з ладу. У більшості випадків оболонки, що використовують у реальних конструкціях, мають прості геометричні форми поверхонь (оболонки обертання). Складні конструкції є зазвичай комбінацією простих форм оболонок. Зокрема, циліндричні і конічні оболонки знайшли широке розповсюдження, у тому числі, в ракетно-космічній галузі як частини ступенів ракет-носіїв, силових конструкцій космічних апаратів та адаптерів корисного навантаження, що слугують для зв'язку космічного апарату із засобами виведення та ін. Дослідження впливу локальних концентраторів на НДС оболонки і способи зниження концентрації напружень в тонкостінних оболонках обертання (циліндричних і конічних) є актуальним завданням механіки деформівного твердого тіла.

**Затвердження теми та плану дисертації.** Тема дисертації затверджена вченою радою Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара 19 листопада 2020 р., протокол № 4. Науковим керівником призначено д-р фіз.-мат. наук, проф. Гарт Е. Л.

Тема дисертації уточнена вченою радою механіко-математичного факультету 23 січня 2024 року, протокол №5 у формулюванні «Напружено-деформований стан тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонок з отворами».

Підготовка здобувача третього рівня вищої освіти здійснюється за акредитованою освітньо-науковою програмою «Прикладна математика» зі

спеціальності 113 Прикладна математика (сертифікат про акредитацію освітньої програми 2068, дійсний до 01.07.2027 р.).

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота тісно пов'язана з науковими дослідженнями, що проводились у проблемній науково-дослідній лабораторії міцності і надійності конструкцій кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки механіко-математичного факультету Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара в рамках держбюджетної теми 1-657-21 «Розробка методів прогнозування несучої здатності елементів конструкцій ракетної техніки без використання руйнуючих випробувань і вибір їх раціональних параметрів», номер державної реєстрації № 0121U109768 (2021–2023 рр., керівник НДР заслужений діяч науки і техніки України, д-р техн. наук., проф. А.П. Дзюба).

**Публікації та особистий внесок здобувача.** Основні результати дисертації опубліковано у 10 наукових працях, з них: 4 статті у наукових фахових виданнях України категорії Б, 6 матеріалів міжнародних наукових конференцій і тез доповідей, 1 навчальний посібник.

Усі основні результати дисертаційної роботи отримані здобувачем самостійно. В працях, написаних у співавторстві, особистий внесок здобувача полягає у запропонованій методиці, алгоритмі та числової реалізації, безпосередній участі у виконанні всіх етапів робіт: комп'ютерне моделювання, проведення обчислювальних експериментів, інтерпретація результатів, обговорення і формулювання висновків.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.** Обґрунтованість і достовірність одержаних результатів забезпечується використанням загальноновизнаних положень, співвідношень та методів механіки деформованого твердого тіла; строгістю і коректністю математичних постановок задач у межах теорії пружності, теорії пластин і оболонок; використанням апробованих обчислювальних схем числових методів; апробацією розробленої методики на тестових задачах та узгодженістю одержаних розв'язків із відомими в літературі; відповідністю одержаних результатів фізичній суті процесів і явищ, що вивчаються.

**Наукова новизна одержаних результатів:**

- 1) розроблено математичні розрахункові моделі для визначення НДС пластинчато-оболонкових елементів конструкцій з неоднорідностями у вигляді отворів і включень з урахуванням специфіки їх геометрії;
- 2) розроблено методику визначення параметрів НДС структурно неоднорідних тіл з різними отворами і включеннями навколо них при пружному деформуванні на основі використання методу скінченних елементів;
- 3) здійснено порівняльний аналіз результатів комп'ютерного моделювання поведінки пластинчато-оболонкових елементів конструкцій (циліндричної і конічної форми) за наявності різних отворів (кругових, квадратних) і

- включень (кільцевих, стрічкових) з урахуванням механічних властивостей матеріалу і специфіки їх геометрії;
- 4) визначено компоненти НДС та ККН тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонок з різними отворами і включеннями навколо них при варіюванні механічних і геометричних параметрів включень з вивченням впливу включень на величину ККН;
  - 5) встановлено та обґрунтовано раціональні параметри підкріплень, що надають змогу зменшити концентрацію напружень в оболонках навколо локальних концентраторів напружень; виявлено механічні ефекти щодо зміни локації концентрації напружень в залежності від виду отворів і сполучення параметрів включень;
  - 6) встановлено закономірності зміни розподілу напружень і деформацій в оболонці з різними отворами в залежності від їх розташування, виду і властивостей включень;
  - 7) здійснено аналіз зміни характеру розподілу напружень в околі отворів за наявності включень та впливу матеріалу включення на величину ККН, розроблено рекомендації щодо застосування включень в тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонках з різними отворами, що дозволяє впливати на їх НДС з метою підвищення міцності елементів конструкцій.

**Практичне значення результатів дослідження.** Розроблені в дисертаційній роботі нові розрахункові моделі і методика знаходження раціональних з точки зору зменшення ККН механічних і геометричних параметрів включень в оболонкових елементах конструкцій (циліндричних і конічних) з круговими і прямокутними отворами мають як теоретичне, так і практичне значення. Вони можуть служити науково-методичною основою для перспективних розробок в механіці деформованого твердого тіла, надають змогу проводити дослідження актуальних задач механіки, які виникають в інженерній практиці при розрахунках міцності неоднорідних конструкцій з різноманітними концентраторами напружень. Одержані результати розв'язаних задач для структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонкових елементів конструкцій можуть безпосередньо використовуватися при прогнозуванні безпечної роботи відповідних конструкцій в машинобудуванні, енергетиці, будівництві, аерокосмічній техніці тощо.

Одержані автором результати впроваджено у навчальний процес Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара МОН України як методична розробка (Посібник до вивчення дисципліни «Прикладні обчислювальні технології» / Гарт Е.Л., Семенча О.О., Терьохін Б.І. – Дніпро: Ліра, 2023. – 92 с.), що використовується при підготовці магістрів за спеціальністю 113 Прикладна математика, освітньо-професійна програма «Комп'ютерна механіка» (рекомендо-

вано вченою радою механіко математичного факультету 21 листопада 2023 р., протокол № 3).

**Список опублікованих праць за темою дисертації**  
*Статті у наукових фахових виданнях України*

1. *Гарт Е. Л., Семенча О. О.* Числове дослідження напружено-деформованого стану пружної трапецієвидної пластини з прямокутним отвором і стрічковим включенням // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій: зб. наук. праць. – Дніпро: Ліра, 2021. Вип. 33. – С. 43–54. <https://doi.org/10.15421/4221004> (фахове видання, категорія Б).

2. *Гарт Е. Л., Семенча О. О.* Числовий аналіз напружено-деформованого стану пружних циліндричних і конічних оболонки з круговими та прямокутними отворами // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій: зб. наук. праць. – Дніпро: Ліра, 2023. – Вип. 36. – С. 25–39. <https://doi.org/10.15421/4223103> (фахове видання, категорія Б).

3. *Гарт Е. Л., Семенча О. О.* Комп'ютерне моделювання впливу стрічкових включень на концентрацію напружень в тонких циліндричних та конічних оболонках з круговими отворами // Технічна механіка. – 2023. – № 4. – С. 60–75. <https://doi.org/10.15407/itm2023.04.060> (фахове видання, категорія Б).

4. *Гарт Е. Л., Семенча О. О.* Числовий аналіз впливу стрічкових включень на концентрацію напружень в тонких циліндричних і конічних оболонках з прямокутними отворами // Технічна механіка. – 2024. – № 1. – С. 66–82. <https://doi.org/10.15407/itm2024.01.066> (фахове видання, категорія Б).

*Матеріали конференцій*

1. *Гарт Е. Л., Петров І. І., Семенча О. О., Терьохін Б. І.* Числовий аналіз взаємного впливу двох кругових та видовжених еліптичних отворів пружної пластини в залежності від заданих граничних умов // Математичні проблеми технічної механіки – 2018: Матеріали Міжнародної наукової конференції (16–19 квітня 2018 р.). – Кам'янське, Дніпро: Дніпровський держ. техн. ун-т, 2018. – С. 39.

2. *Гарт Е. Л., Семенча О. О., Терьохін Б. І.* Вплив форми, розмірів та розташування деконцентраторів напружень на напружено-деформований стан пластинчато-оболонкових елементів конструкцій з отворами // Математичні проблеми технічної механіки та прикладної математики – 2019: Матеріали Міжнародної наукової конференції (15–18 квітня 2019 р.). – Дніпро, Кам'янське: Дніпровський держ. техн. ун-т, 2019. – С. 43–44.

3. *Гарт Е. Л., Семенча О. О., Терьохін Б. І.* Комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану пружної трапецієвидної пластини з прямокутним отвором // Results of modern scientific research and development: Proceedings of VIII International Scientific and Practical Conference (October 17–19, 2021). – Madrid, Spain.



– P. 179–186. <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2021/10/RESULTS-OF-MODERN-SCIENTIFIC-RESEARCH-AND-DEVELOPMENT-17-19.10.21.pdf>

4. *Гарт Е. Л., Семенча О. О.* Порівняльний аналіз напружено-деформованого стану тонкостінних циліндричних і конічних оболонок з круговими отворами // Інноваційні технології, моделі управління кібербезпекою ІТМК-2022: Матеріали Міжнародної наукової конференції (12–14 грудня, 2022, Київ, Україна). – Т. 2. – Київ, 2022. – С. 30–32.

[https://drive.google.com/file/d/1GnZe\\_jMADiC0j9BbVa6tyAbTAZwan1oI/view](https://drive.google.com/file/d/1GnZe_jMADiC0j9BbVa6tyAbTAZwan1oI/view)

5. *Гарт Е. Л., Семенча О. О.* Скінченноелементний аналіз напружено-деформованого стану тонких пластин, циліндричних і конічних оболонок з отворами і стрічковими включеннями // Сучасні проблеми механіки та математики – 2023: зб. наук. праць / за заг. ред. акад. НАН України Р.М. Кушніра та чл.-кор. НАН України В.О. Пелиха [Електронний ресурс] // Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України. – 2023.– С. 271–272.

[http://iapmm.lviv.ua/mpmm2023/materials/mm07\\_20.pdf](http://iapmm.lviv.ua/mpmm2023/materials/mm07_20.pdf)

#### *Тези доповідей*

1. *Гарт Е. Л., Семенча О. О., Терьохін Б. І.* Influence of inclusions around a rectangular hole on the stress concentration factor in a trapezoidal plate // EJONS: Book of Abstract of the 13th International Conference on Mathematics, Engineering, Natural and Medical Sciences (October 26-27, 2021). – Cappadocia, Turkey. – P. 154–155. [https://ad6a8388-4205-4213-85bd-af6ef6e6fa58.filesusr.com/ugd/614b1f\\_bef6925b211f4ec38036433972f07d3d.pdf](https://ad6a8388-4205-4213-85bd-af6ef6e6fa58.filesusr.com/ugd/614b1f_bef6925b211f4ec38036433972f07d3d.pdf)

#### *Навчальний посібник*

1. *Гарт Е. Л., Семенча О. О., Терьохін Б. І.*: Посібник до вивчення дисципліни «Прикладні обчислювальні технології». – Дніпро: Ліра, 2023. – 92 с. (Рекомендовано до друку вченою радою механіко-математичного факультету Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, протокол № 3 від 21 листопада 2023 року).

**На підставі заслуховування та обговорення доповіді Семенчі О. О. про основні положення дисертаційної роботи, питань та відповідей на них**

#### **УХВАЛИЛИ:**

1. Вважати, що за актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованості, наукової та практичної цінності здобутих результатів дисертація Семенчі Олексія Олександровича на тему «Напружено-деформований стан тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонок з отворами» відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами).

2. Рекомендувати дисертаційну роботу Семенчі Олексія Олександровича на тему «Напружено-деформований стан тонкостінних структурно неоднорідних циліндричних і конічних оболонок з отворами» до захисту в разовій спеціалізованій вченій раді на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 113 Прикладна математика.

3. Клопотати перед вченою радою університету розглянути питання про створення спеціалізованої вченої ради для проведення разового захисту дисертації на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 113 Прикладна математика Семенчі Олексія Олександровича у такому складі:

№ /п	Прізвище, ім'я, по батькові	Місце основної роботи, підпорядкування, посада	Науковий ступінь, шифр, назва спеціальності, за якою захищена дисертація, рік присудження	Вчене звання (за спеціальністю, кафедрою), рік присвоєння	Наукові публікації, опубліковані за останні п'ять років, за науковим напрямом, за яким підготовлено дисертацію здобувача
1	2	3	4	5	6
1.	Дзюба Анатолій Петрович (голова)	Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, професор кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки	доктор технічних наук 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла 2004 р., Україна	професор кафедри обчислювальної механіки і міцності конструкцій, 2006 р., Україна	1. Dzyuba A.P., Sirenko V.N. Algorithmization of the determination of physicomachanical characteristics of the material of multilayer composite shells of revolution varying along the meridian // Journal of Mathematical Sciences. – 2022. – Vol. 263. – P. 93–103. DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/s10958-022-05909-6">https://doi.org/10.1007/s10958-022-05909-6</a> (Scopus). 2. Dzyuba A.P., Dzyuba P.A. Experimental studies of the stability of cylindrical shells damaged by randomly located circular holes // International Applied Mechanics. – 2023. – Vol. 59, No. 2. – P. 218–224. <a href="https://doi.org/10.1007/s10778-023-01214-0">https://doi.org/10.1007/s10778-023-01214-0</a> (Scopus). 3. Дзюба А.П., Пацюк А.Г. Експериментальне моделювання процесу виникнення тріщини на контурі отвору з включенням // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій: зб. наук. праць. – 2021. – Вип. 33. – С. 55–65. DOI: <a href="https://doi.org/10.15421/4221005">https://doi.org/10.15421/4221005</a> (фахове видання, категорія Б).

1	2	3	4	5	6
					<p>4. Пацюк А.Г., Дзюба А.П., Дзюба О.А. Дослідження залежності температури поверхні матеріалу в зоні концентратора напружень від швидкості навантаження в зразках із полікарбонату // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій. – 2022. – Вип. 35. – С. 64–72. DOI: <a href="https://doi.org/10.15421/4222216">https://doi.org/10.15421/4222216</a>  <b>(фахове видання, категорія Б).</b></p>
2.	Пошивалов Володимир Павлович (опонент)	Інститут технічної механіки НАН України і ДКА України, заступник директора з наукової роботи, завідувач відділу міцності і надійності механічних систем	доктор технічних наук, 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла, 1993 р., Україна	професор за спеціальністю «Динаміка і міцність машин», 1999 р., Україна	<p>1. Пошивалов В.П., Данієв Ю.Ф., Резниченко Л.В., Телегіна І.І. Про забезпечення надійності об'єктів ракетно-космічної техніки на етапі проектування// Технічна механіка. – 2020. – № 1. – С. 67–75. DOI: <a href="https://doi.org/10.15407/itm2020.01.067">https://doi.org/10.15407/itm2020.01.067</a>  <b>(фахове видання, категорія Б).</b></p> <p>2. Леднянський О.Ф., Бісик С.П., Санін А.Ф., Пошивалов В.П. Визначення придатності пористих пресовок з алюмінію та алюмінієвих сплавів для використання в якості ударопоглинаючих елементів // Технічна механіка. – 2020. – №4. – С.109–116. DOI: <a href="https://doi.org/10.15407/itm2020.04.109">https://doi.org/10.15407/itm2020.04.109</a>  <b>(фахове видання, категорія Б).</b></p> <p>3. Пошивалов В. П. Ймовірнісна модель довготривалої міцності конструкційних матеріалів на основі кінетичної теорії // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій: зб. наук. праць. – Дніпро: Ліра, 2022. – Вип. 35. – С. 73 – 83. DOI: <a href="https://doi.org/10.15421/4222217">https://doi.org/10.15421/4222217</a>  <b>(фахове видання, категорія Б).</b></p> <p>4. Пошивалов В. П., Данієв Ю. Ф. Надійність і безпека стартових комплексів ракет-носіїв // Технічна механіка. – 2023. – № 2. – С. 13–20. DOI: <a href="https://doi.org/10.15407/itm2023.02.013">https://doi.org/10.15407/itm2023.02.013</a>  <b>(фахове видання, категорія Б).</b></p>

1	2	3	4	5	6
3.	Стеблянко Павло Олексійович (опонент)	Інститут механіки ім. С. П. Тимошенка НАН України, відділ термопластичності, провідний науковий співробітник	доктор фізико-математичних наук 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла 1996 р., Україна	професор кафедри вищої математики, 1999 р., Україна	<p>1. Steblyanko P., Chernyakov Y., Petrov A., Loboda V. Phenomenological Model of Pseudo-Elastic-Plastic Material Under Nonstationary Combining Loading // Structural Integrity. Theoretical, Applied and Experimental Mechanics, SpringerVerlag. – 2019. – Vol. 8. – P. 205–208. DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-21894-2_39">https://doi.org/10.1007/978-3-030-21894-2_39</a> (Scopus, Q3).</p> <p>2. Steblyanko P., Demichev K., Petrov A. Behaviour Modelling of Pseudo-Elastic-Plastic Material at Non-Stationary Loading // Metallofiz. Noveishie Tekhnol. – 2021. – Vol. 43, No. 1. – P. 107–128. DOI: <a href="https://doi.org/10.15407/mfint.43.01.0107">https://doi.org/10.15407/mfint.43.01.0107</a> (Scopus, Q3).</p> <p>3. Steblyanko P., Domichev K., Petrov O. Bending of a plate from a functionally heterogeneous material in the presence of large deformations // Strength of materials and theory of structures: Scientific-and-technical collected articles. – Kyiv: KNUBA, 2023. – Iss. 110. P. 447-456. DOI: <a href="https://doi.org/10.32347/2410-2547.2023.110.447-456">https://doi.org/10.32347/2410-2547.2023.110.447-456</a> (Web of Science)</p> <p>4. Стеблянко П.О., Петров О.П. Нелінійна модель поведінки псевдо-пружно-пластичних сплавів // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій: зб. наук. праць. – Дніпро: Ліра, 2023. – Вип. 36. – С. 127–141. DOI: <a href="https://doi.org/10.15421/4223111">https://doi.org/10.15421/4223111</a> (фахове видання, категорія Б)</p>

1	2	3	4	5	6
4.	Шевельова Алла Євгенівна (рецензент)	Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, професор кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики	доктор фізико-математичних наук, 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла, 2016 р., Україна	професор кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики, 2018 р., Україна	<p>1. Loboda V., Shevelova N., Khodanen T., Lapusta Y. An interaction of electrically conductive and electrically permeable collinear cracks in the interface of piezoelectric materials // <i>Archive of Applied Mechanics</i>. – 2022. – Vol. 92 (5). – P. 1465–1480. DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/s00419-022-02123-3">https://doi.org/10.1007/s00419-022-02123-3</a> (Scopus, Web of Science Core Collection, Q2).</p> <p>2. Loboda V., Sheveleva A., Chapelle F., Lapusta Y. A dielectric breakdown model for an electrode along an interface between two piezoelectric materials // <i>Engineering Fracture Mechanics</i>. – 2020. – Vol. 224. – P. 1–14. DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2019.106809">https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2019.106809</a> (Scopus)</p> <p>3. Lapusta Y., Sheveleva A., Chapelle F., Loboda V. A dielectric breakdown model for an interface crack in a piezoelectric bimaterial // <i>Journal of Mechanics of Materials and Structures</i>. – 2020. – Vol. 15, iss. 1. – P. 87–105. DOI: <a href="https://doi.org/10.2140/jomms.2020.15.87">https://doi.org/10.2140/jomms.2020.15.87</a> (Scopus)</p> <p>4. Govorukha, V., Sheveleva, A., Kamlah, M.A. Crack along a part of an interface electrode in a piezoelectric bimaterial under anti-plane mechanical and in-plane electric loadings. – <i>Acta Mech</i>. – 2019. – P. 1999–2012. DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/s00707-019-2364-y">https://doi.org/10.1007/s00707-019-2364-y</a> (Scopus)</p>
5.	Ходанен Тетяна Володимирівна (рецензент)	Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, доцент кафедри теоретичної	кандидат фізико-математичних наук 01.02.04 – механіка деформівного тіла, 2009 р., Україна	доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки, 2015 р., Україна	<p>1. Шевельова Н.В., Ходанен Т.В. Система колінеарних електрично та магнітно проникних тріщин між двома п'єзоелектромагнітними матеріалами // <i>Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія фіз.-мат. науки</i>. – 2023. – Вип. 2. – С. 164–167. DOI: <a href="https://doi.org/10.17721/1812-5409.2023/2">https://doi.org/10.17721/1812-5409.2023/2</a> URL :</p>

1	2	3	4	5	6
		та комп'ютерної механіки			<p><a href="https://bphm.knu.ua/index.php/bphm/issue/view/77/76">https://bphm.knu.ua/index.php/bphm/issue/view/77/76</a> (фахове видання, категорія Б, Scopus).</p> <p>2. Щербак Р.О., Шевельова А.Є., Ходанен Т.В. Використання методів машинного навчання для прогнозування довговічності елементів конструкцій // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій: зб. наук. праць. – Д.: Ліра, 2022. Вип. 35. – С. 84–94. DOI: <a href="https://doi.org/10.15421/4222218">https://doi.org/10.15421/4222218</a> (фахове видання, категорія Б).</p> <p>3. Loboda V., Shevelova N., Khodanen T., Lapusta Y. An interaction of electrically conductive and electrically permeable collinear cracks in the interface of piezoelectric materials // Archive of Applied Mechanics. – 2022. – Vol. 92 (5). – P. 1465–1480. DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/s00419-022-02123-3">https://doi.org/10.1007/s00419-022-02123-3</a> (Scopus, Web of Science Core Collection, Q2).</p> <p>4. Shevelova N., Khodanen T., Chapelle F., Lapusta Y, Loboda V. A set of collinear electrically charged interfacial cracks in magneto-electroelastic bimaterial // Acta Mech. – 2023. – Vol. 234. – P. 4899–4915. DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/s00707-023-03642-y">https://doi.org/10.1007/s00707-023-03642-y</a> (Scopus, Web of Science Core Collection, Q2).</p>

**Результати голосування:**

«За» – 16 осіб,

«Проти» – немає,

«Утримались» – немає.

Головуючий

Секретар

Володимир ЛОБОДА

Тетяна ХОДАНЕН