

**ВІДГУК**  
**ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

доктора технічних наук, старшого наукового співробітника  
Максименка-Шейка Кирила Володимировича на дисертацію  
Чопорової Оксани Володимирівни «Прогнозування зон руйнування в  
інженерних конструкціях з використанням комп'ютерного навчання», яку  
представлено на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності  
122 «Комп'ютерні науки»

**Актуальність обраної теми дисертаційного дослідження та її зв'язок із  
напрямами науково-дослідних робіт**

На теперішній час однією з важливих проблем у машинобудуванні є необхідність швидкого прогнозування стану об'єктів або їх поведінки в залежності від геометричних або фізико-механічних параметрів. За допомогою розроблених класичних методів математичного моделювання можна робити достатньо точні прогнози, але підготовка таких моделей та проведення обчислювальних експериментів – достатньо довготривалий процес. У сучасному виробництві поширення набули системи автоматизованого проектування, які дозволяють готувати технологічні процеси з меншими витратами часу та засобів, зі збільшенням точності спроектованих процесів і програм обробки. Це скорочує витрати матеріалів та час обробки, завдяки тому, що режими також розраховуються та оптимізуються за допомогою ЕОМ.

Можливою альтернативою є розробка методів і моделей машинного навчання, які дозволять робити швидкі оцінки необхідних параметрів стану об'єкту та будуть слугувати як інтерактивні асистенти у процесі проектування. Методи машинного навчання дозволяють адаптувати свою структуру шляхом обробки вибірки даних. Вони розширюють можливості математичного моделювання як за допомогою врахування результатів як обчислювальних, так і натурних експериментів.

Саме тому дисертаційне дослідження Чопорової О. В., яке присвячено прогнозуванню зон руйнування в інженерних конструкціях з використанням комп'ютерного навчання, є актуальним, своєчасним і таким, що повністю відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

### **Основні наукові положення і висновки, сформульовані в дисертації, їх новизна, ступінь обґрунтованості та достовірності**

У дисертаційній роботі чітко сформульовано її мету, яка полягає у вирішенні актуальної проблеми прогнозування зон руйнування в інженерних конструкціях з використанням комп'ютерного навчання.

Наукові положення та висновки дисертації в достатній мірі обґрунтовані з посиланням на літературу та джерела, які розглянуто здобувачкою у першому розділі дослідження «Аналіз предметної області моделювання тонкостінних конструкцій методами машинного навчання». Структура дисертаційної роботи є логічною та виваженою, вона містить всі необхідні складові та підпорядкована досягненню заявленої мети. Обґрунтованість та достовірність результатів дисертації не викликає сумнівів, оскільки вона підтверджується коректністю обраної методології дослідження та ґрунтовним аналізом сучасного стану досліджень предметної області, релевантною добіркою використаних джерел, а також проведеними обчислювальними експериментами.

В дисертаційній роботі отримані наступні наукові результати:

- *уперше* запропоновано нейромережевий метод для визначення напружено-деформованого стану пластин з довільними умовами закріплення, який дозволяє визначити максимальний прогин, а також максимальне значення інтенсивності напружень за Мізесом;
- *уперше* запропоновано нейромережевий метод для визначення напружено-деформованого стану тонких оболонок, який дозволяє визначити прогин та інтенсивність напружень за Мізесом;
- *уперше* запропоновано метод генетичної оптимізації архітектури нейронної мережі для моделювання напружено-деформованого стану

прямокутної пластини та циліндричної оболонки, що дозволило підвищити точність нейромережевого прогнозування;

– *уперше* запропоновано нейромережевий метод на базі архітектури «автокодувальник» для визначення можливих зон руйнування у квадратних пластинах з отвором шляхом генерації ймовірних картин розподілу напружень.

Потрібно відзначити, що запропоновані у роботі наукові методи щодо застосування штучних нейронних мереж для прогнозування зон руйнування в інженерних конструкціях є дуже перспективними і можуть стати предметом дослідження в інших наукових працях.

### **Повнота викладення наукових положень, висновків і результатів дослідження в наукових публікаціях**

За темою дисертації здобувачкою опубліковано 9 наукових робіт, серед яких:

– одна робота – розділ монографії, надрукованої англійською мовою у країні Європейського Союзу – Латвії;

– одну статтю опубліковано у міжнародному періодичному виданні, яке індексується у наукометричній базі даних Scopus;

– три статті опубліковано у виданнях, що включено до Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії;

– чотири роботи апробаційного характеру.

Публікації достатньо повно розкривають основні положення дисертації. Фактів порушення академічної доброчесності не виявлено. На усі використані у роботі джерела інформації є посилання.

### **Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації**

Загалом позитивно оцінюючи дисертацію, слід звернути увагу на наступні дискусійні положення та зауваження до її змісту.

1. У літературному огляді значну увагу приділено нейромережевим методам у механіці твердого деформованого тіла та генетичній оптимізації штучних нейронних мереж, але меншу увагу приділено статистичним методам у механіці. На мою думку, аналіз літературних джерел був би більш повним за умови більш детального розгляду даної тематики.

2. У другому розділі «Використання машинного навчання для прогнозування напружено-деформованого стану пластин» при описі застосування  $R$ -функцій для моделювання геометричних областей складної форми була розглянута лише система  $R_0$  та ненормалізовані  $R$ -операції. Водночас робота значно б виграла, якщо б в ній було досліджене питання використання  $R$ -операцій, які зберігають нормалізованість.

3. У другому розділі досліджено нейромережеві методи для аналізу прямокутної, круглої та кільцевої пластин. Вважаю, доцільним був би розгляд пластин нестандартних форм.

4. У третьому розділі «Використання машинного навчання для прогнозування напружено-деформованого стану оболонок» не розглянуто оболонки конічного виду та оболонки з отворами. Виникає питання про можливість застосування нейромережевих методів для прогнозування напружено-деформованого стану оболонок такого типу.

5. У роботі також не досліджено питання прогнозування напружено-деформованого стану оболонок з підкріпленнями. У ракетній техніці зазвичай використовують шпангоути. Доцільно було б розглянути такі випадки для визначення максимального прогину та інтенсивності напружень за Мізесом.

6. Було б доцільно розглянути застосування описаного у другому розділі дисертаційної роботи нейромережевого методу автокодувальника для прогнозування напружено-деформованого стану оболонок та їх об'єднань.

7. У четвертому розділі дисертації «Застосування генетичних алгоритмів у задачах прогнозування» не досліджено питання прогнозування напружено-деформованого стану круглої та кільцевої пластин, а також об'єднання конічної та циліндричної оболонок.

8. Робота містить деякі друкарські помилки та стилістично невдалі конструкції, проте їх кількість не перевищує встановлені стандартом норми.

### **Загальний висновок**

Зазначені зауваження та рекомендації не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації. Чопорова Оксана Володимирівна продемонструвала високий рівень професійної підготовки, вміння проводити ґрунтовний аналіз предметної області та працювати з літературою, у повному обсязі впоралася з основними завданнями дисертаційного дослідження.

Дисертація «Прогнозування зон руйнування в інженерних конструкціях з використанням комп'ютерного навчання» є цілісним завершеним дослідженням, відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» (галузь знань 12 «Інформаційні технології») та вимогам «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженому Постановою Кабінету Міністрів України № 167 від 6 березня 2019 р., а Чопорова Оксана Володимирівна заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

### **ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ:**

Доктор технічних наук,  
старший науковий співробітник,  
учений секретар Інституту  
проблем машинобудування  
ім. А. М. Підгорного НАН України



  
К. В. Максименко-Шейко