

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ПРОГРАМНОЇ  
ІНЖЕНЕРІЇ

**ГРЕЧКІВСЬКИЙ СТЕПАН ОЛЕГОВИЧ**

УДК 539.42, 004.032.26

**ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ  
РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ МЕХАНІКИ**

123 «Комп'ютерна інженерія»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль  
2018

Роботу виконано на кафедрі комп'ютерних систем та мереж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** доктор технічних наук, доцент, викладач кафедри математичних методів в інженерії  
**Ясній Олег Петрович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

**Рецензент:** кандидат технічних наук, старший викладач кафедри комп'ютерних наук  
**Назаревич Олег Богданович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

Захист відбудеться 20 лютого 2018 р. о 9<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії № у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний корпус № 1, ауд.1-603

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність дослідження.** На сьогоднішній день в Україні налічують близько 15 ТЕС. Приблизно 80% теплових станцій вже відпрацювали більше 30 років і продовжують функціонувати далі. Запроваджені терміни експлуатації устаткування в багатьох з них значно перевищено. Враховуючи те, що об'єкти енергетики та їх обладнання відносять до об'єктів, руйнування котрих можуть призвести до катастрофічних наслідків, потрібно дослідити ріст наявних втомних тріщин, щоб спрогнозувати термін їх експлуатації. Для забезпечення ефективної роботи основних елементів пароводяної системи енергоблоків важливо знати залишкову довговічність колекторів пароперегрівників.

У наш час вчені проявляють інтерес до можливостей прогнозування. У великій промисловості доцільно спрогнозувати термін безпечної експлуатації обладнання. На сьогоднішній день найефективнішими методами прогнозування є методи машинного навчання. Враховуючи всі чинники, дане дослідження буде актуальне для спеціалістів в галузі механіки, яким необхідно прогнозувати ріст втомних тріщин в конструкційних матеріалах.

**Метою** є дослідження ефективності методів машинного навчання для розв'язування задач механіки.

**Задачі**, які необхідно розв'язати у магістерській роботі, полягають у наступному:

- проаналізувати основні положення механіки руйнування;
- проаналізувати існуючі методи машинного навчання ;
- дослідити можливість застосування методів машинного навчання до розв'язуванням задач механіки;
- дослідити ефективність методів машинного навчання до прогнозування швидкості росту втомних тріщин в сталі 12X1M1Ф.

**Об'єктом** дослідження виступають процеси оцінювання ефективності методів машинного навчання для розв'язання задач механіки.

**Предметом** досліджень є методи машинного навчання для розв'язання задач механіки.

**Наукова новизна** полягає у вирішенні науково-практичної задачі дослідження ефективності методів машинного навчання до розв'язування задач механіки, при цьому одержано наступні результати:

- вперше прогнозовано швидкість росту втомних тріщин в матеріалі колектора пароперегрівника ТЕС, виготовленого із сталі 12X1M1Ф, методами машинного навчання;
- проаналізовано ефективність методів машинного навчання до задачі прогнозування росту втомних тріщин у матеріалі колектора пароперегрівника ТЕС;
- розроблено та описано методику застосування методів машинного навчання до задачі прогнозування швидкості росту втомних тріщин у матеріалі колектора пароперегрівника ТЕС.

**Практичне значення.** Даним дослідженням можуть скористатися спеціалісти в галузі механіки, яким необхідно прогнозувати ріст втомних тріщин у конструкційних матеріалах.

**Апробація результатів дипломної роботи.** Результати представлено на V Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 17-18 листопада 2016 року (Тернопіль, Україна).

**Публікації.** Гречківський С.О. Оцінка довговічності елементів конструкцій методами машинного навчання. V Науково-технічна конференція «Інформаційні моделі, системи та технології», 1-2 лютого 2018 р.: тези доп. – Тернопіль, 2018. – С. 54.

Гречківський С.О. Застосування методу нейронних мереж в машинному навчанні. V Науково-технічна конференція «Інформаційні моделі, системи та технології», 1-2 лютого 2018 р.: тези доп. – Тернопіль, 2018. – С. 55.

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 6 частин, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 93 арк. формату А4, графічна частина – 9 аркушів формату А1

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність дослідження, мету роботи, задачі, об'єкт, предмет, наукову новизну, практичне значення, апробацію та публікації дипломних досліджень.

У першому розділі роботи розглянуто основні поняття механіки руйнування, проаналізовано основні причини виникнення, росту, поширення та зупинки втомних тріщин. Також розглянуто вплив параметрів навантажування на швидкість росту втомних тріщин в різних елементах конструкцій.

У другому розділі розглянуто базові поняття машинного навчання, основні методи машинного навчання, а саме, – зростаючі дерева, випадкові ліси, нейронні мережі, описано їх ефективність, в результаті дослідження сформовано висновок про потенційне широке застосування методів машинного навчання.

У третьому розділі спрогнозовано діаграму втомного руйнування колектора пароперегрівача ТЕС, виготовленого із сталі 12Х1М1Ф, методами машинного навчання.

## ВИСНОВКИ

У результаті написання дипломної роботи здійснено огляд понять механіки втомного руйнування, проаналізовано основні причини виникнення, росту, поширення та зупинки втомних тріщин. Також розглянуто вплив параметрів навантажування на швидкість росту втомних тріщин у різних елементах конструкцій.

В результаті аналізу методів машинного навчання проведено дослідження росту втомних тріщин за допомогою найактуальніших алгоритмів машинного навчання, таких як зростаючі дерева (Boosted trees), випадкові ліси (Random forests) та нейронні мережі (Neural networks). Обрані методи добре підходять для прогнозування росту втомних тріщин.

Спрогнозували ріст втомної тріщини у сталі 12Х1М1Ф – матеріалі колектора пароперегрівника ТЕС, методами машинного навчання: нейронними мережами, методом зростаючих дерев та випадковими лісами. Встановлено, що найліпший результат отримано при застосуванні методу зростаючих дерев.

Здійснено економічні розрахунки, спрямовані на визначення економічної ефективності прогнозування росту втомних тріщин.

Розглянуто та описано вимоги з охорони праці та техніки безпеки відповідно до нормативних документів щодо: організації робочого місця, електробезпеки.

Розглянуто поставлені питання екології, які стосуються дипломної роботи.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Гречківський С.О. Оцінка довговічності елементів конструкцій методами машинного навчання. V Науково технічна конференція «Інформаційні моделі, системи та технології», 1-2 лютого 2018 р.: тези доп. – Тернопіль, 2018. – С. 54.

2. Гречківський С.О. Застосування методу нейронних мереж в машинному навчанні. V Науково технічна конференція «Інформаційні моделі, системи та технології», 1-2 лютого 2018 р.: тези доп. – Тернопіль, 2018. – С. 55.

## АНОТАЦІЯ

**Гречківський С.О. Ефективність методів машинного навчання для розв'язання задач механіки.**

Дипломна робота на здобуття освітнього ступеня магістра 123 «Комп'ютерна інженерія». – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль 2018.

Дипломна робота стосується дослідження ефективності методів машинного навчання для розв'язання задач механіки, а саме, прогнозування діаграм втомного руйнування колектора, виготовленого із сталі 12Х1М1Ф.

Новизна полягає у вирішенні науково-практичної задачі дослідження ефективності методів машинного навчання для розв'язування задач механіки, при цьому одержано наступні результати:

– вперше спрогнозовано швидкість росту втомних тріщин в матеріалі колектора пароперегрівника ТЕС, виготовленого із сталі 12Х1М1Ф, методами машинного навчання;

– проаналізовано ефективність методів машинного навчання до задачі прогнозування росту втомних тріщин у матеріалі колектора пароперегрівника ТЕС;

розроблено та описано методику застосування методів машинного навчання до задачі прогнозування швидкості росту втомних тріщин в матеріалі колектора пароперегрівника ТЕС.

**Ключові слова:** машинне навчання, ріст втомної тріщини, коефіцієнт інтенсивності напружень, довговічність, нейронна мережа, зростаючі дерева, випадкові ліси.

## ANNOTATION

**Hrechkiivskyi S.O. Efficiency of computer-assisted learning methods for the problems of mechanics solving.**

The diploma paper for obtaining the Master's degree 123 «Computer engineering» – Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil 2018.

The thesis is concerned with the study of the effectiveness of machine learning methods in solving the problems of mechanics, namely the prediction of the fatigue crack growth diagrams of superheater collector made of 12Ch1MoV steel.

The novelty is the ability to predict the growth of fatigue crack by methods of machine learning, such as boosted trees, random forests, neural networks. The analysis of the prediction process was performed. As a result, in all cases, the high accuracy with the use of the method of boosted trees has been confirmed .

**Keywords:** machine learning, fatigue crack growth, stress intensity ratio, durability, neural network, boosted trees, random forests.