

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

ПОПЕЛЬ ВІКТОРІЯ ОЛЕГІВНА

УДК 624.014.078.45

СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ ЗВАРНИХ ТРУБЧАСТИХ ФЕРМ ПРИ ПОЖЕЖІ

192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль
2018

Роботу виконано на кафедрі будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Керівник роботи: кандидат технічних наук, доцент
Ковальчук Ярослав Олексійович
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя, завідувач кафедри будівельної
механіки

Рецензент: **Лупійчук Сергій Ігорович**
генеральний директор ПП «Агата – Буд»

Захист відбудеться 22 лютого 2018 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №7 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний корпус №2, ауд. 35

Секретар екзаменаційної комісії №7 _____ Міщук О.І

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми зумовлена широким застосуванням зварних металевих будівельних конструкцій завдяки їх високим техніко-економічним показникам. Однак суттєве зниження несучої здатності при пожежі потребує додаткових досліджень для забезпечення стійкості будівель і споруд в екстремальних умовах високих температур.

Мета роботи визначення особливостей деформування зварних трубчастих ферм при дії статичних навантажень та дії високих температур за допомогою комп'ютерного моделюючого експерименту, що в свою чергу дає можливість зробити об'єктивний структурний аналіз досліджуваних конструкцій які піддаються впливу високих температур при пожежі.

Об'єкт дослідження – деформування та руйнування зварних будівельних ферм при високих температурах.

Предмет дослідження – несуча здатність зварних трубчастих ферм.

Методами дослідження є стандартизовані підходи до планування експерименту, комп'ютерний моделюючий експеримент, статистична обробка експериментальних даних.

Наукова новизна отриманих результатів:

– отримала подальший розвиток методика комп'ютерного моделювання для аналізу поведінки зварних трубчастих ферм з використанням програмного пакету ANSYS Workbench 14.5;

– набуло подальшого розвитку використання розрахунково-експериментальних методів оцінювання рівня вогнестійкості зварних трубчастих ферм.

Практичне значення отриманих результатів полягає в оцінюванні рівня вогнестійкості ферм на етапі їх проектування та експлуатації

Апробація результатів магістерської роботи. Матеріали роботи доповідались і обговорювались на VI Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» – 16-17 листопада 2017р., м.Тернопіль.

Публікації. Результати магістерської роботи опубліковані у збірнику тез доповідей вищевказаної конференції.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та мультимедійної презентації. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, семи розділів, висновків, переліку посилань. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – аркушів формату А4, мультимедійна презентація – 15 слайдів.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі подано загальну характеристику роботи: стан наукової проблеми й актуальність роботи, мету і завдання роботи, об'єкт, предмет і методи дослідження, зв'язок напрямку дослідження із планами науково-дослідних робіт кафедри.

У першому розділі «Проектування зварних трубчастих ферм та їх поведінка в умовах пожежі» виконано огляд літератури за темою роботи, розглянуто конфігурацію вузлів, поведінку вузлів зварних трубчастих ферм при температурах навколишнього середовища та за умов виникнення пожежі. Проаналізовано основні чинники руйнування ферм, зумовлених пошкодженням металевих конструкцій під дією високих температур.

У другому розділі «Методичні аспекти дослідження зварних трубчастих ферм» виконано аналіз нормативних вимог для проектування виготовлення зварних ферм, проаналізовано методику випробовувань для визначення вогнезахисної здатності сталевих конструкцій після кліматичних випробовувань. Здійснено вибір ферми для досліджень та розроблено її фізичну модель. Для дослідження в роботі прийнято зварну трубчасту ферму 36000x3270мм із холодно гнутих трубчастих секцій 140x140x8 мм (рис.1).

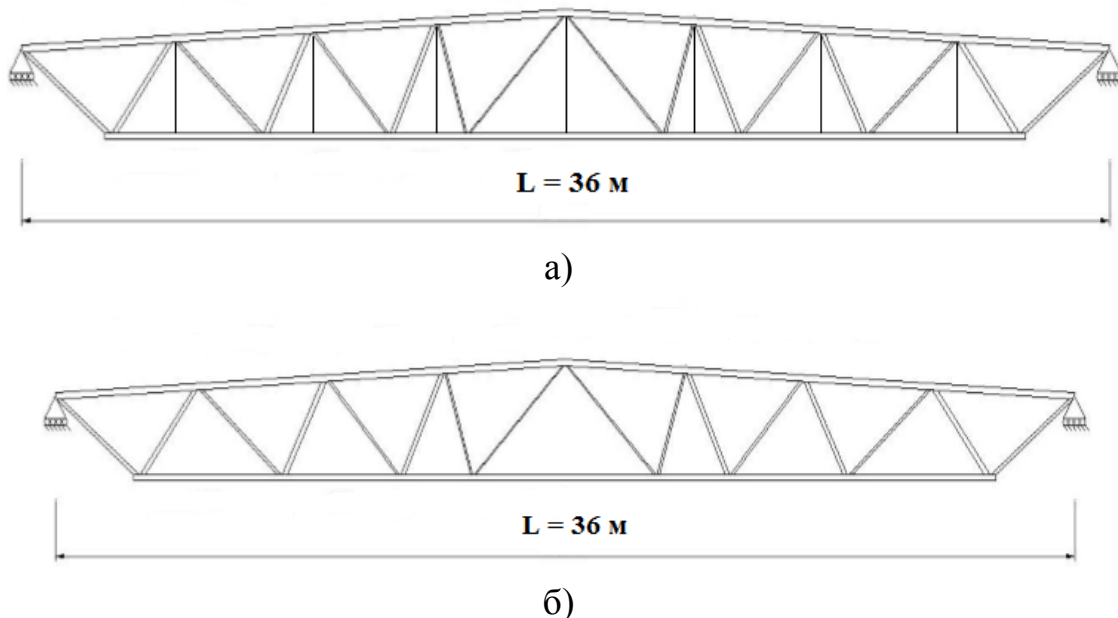


Рисунок 1 – Конструктивна схема досліджуваної ферми а) ферма з розкосами та стояками; б) ферма з розкосами

У третьому розділі «Дослідження зварної трубчастої ферми в умовах впливу пожежі та їх результати» виконано розрахунок у програмному пакеті ANSYS Workbench 14.5, який передбачає виявлення показників напружено-деформованого стану фізичної моделі зварної підкрювняної ферми 36000x32700 мм (рис. 1).

Нормальна температура розрахунку для сталі складає 20°C, тому всі властивості будуть виражатися над її значенням. Діаграма розтягу сталей для різних температур показано на рисунку 2.

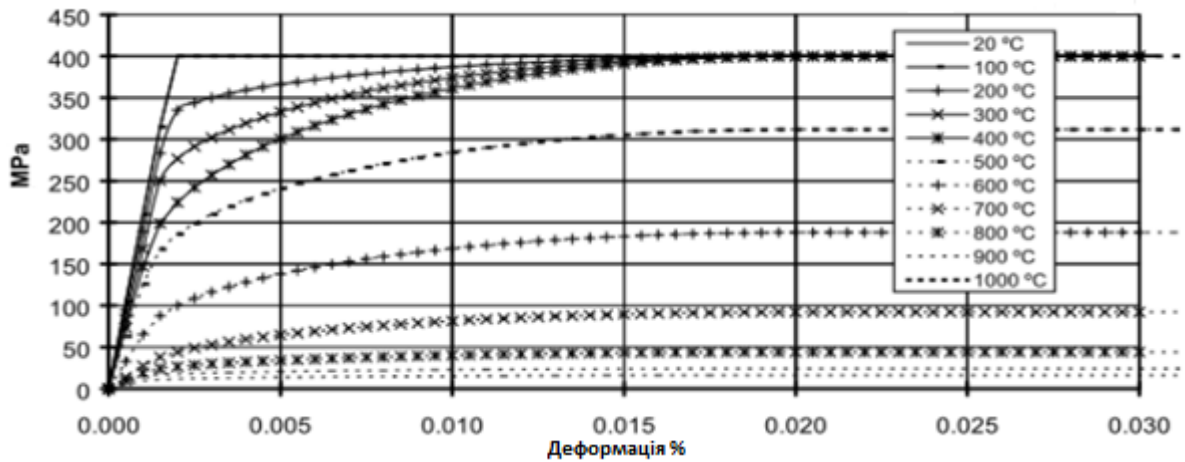
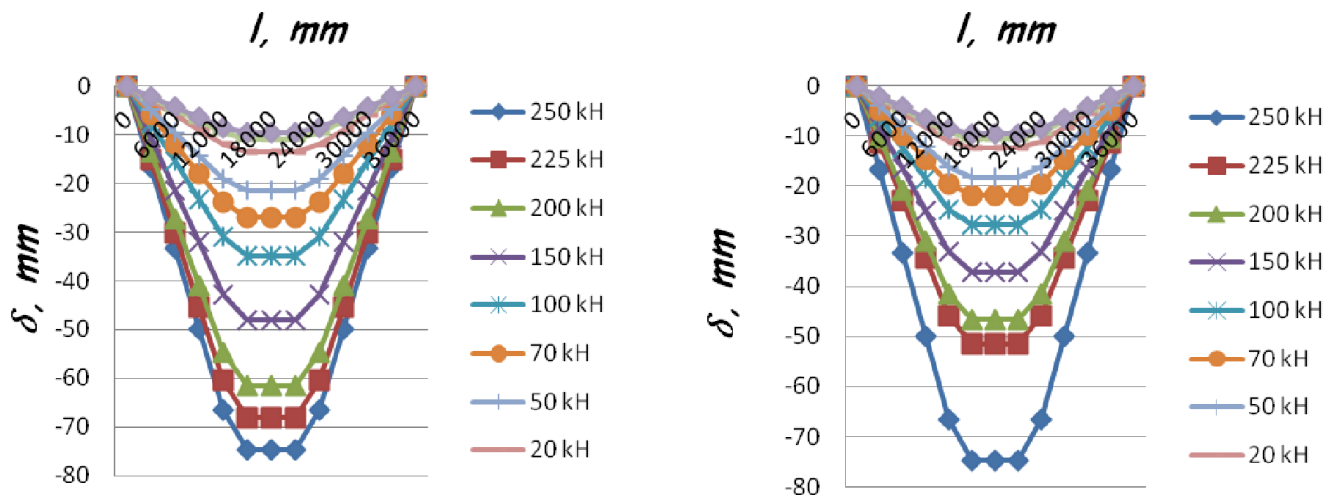


Рисунок 2 - Діаграма розтягу сталей при різних температурах

За результатами виконання комп'ютерного моделюючого експерименту отримано величину прогину нижнього поясу (рис. 3).



а) ферма з розкосами

б) ферма з розкосами та стояками

Рисунок 3 – Діаграми прогину нижнього поясу ферми

Виконано розрахунок зварної трубчастої ферми розміром 36000x3270мм при дії статистичних навантажень, під час дії високих температур.

Отримано напруження вздовж нижнього поясу ферми (рис. 4).

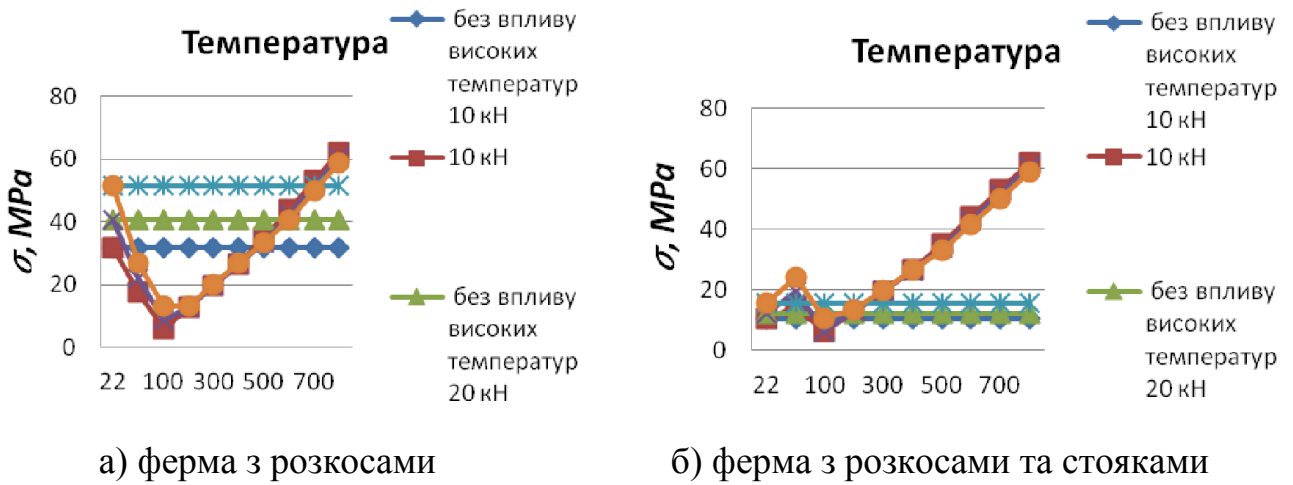


Рисунок 4 – Діаграма напруження вздовж нижнього поясу ферми

Проналізувавши показники НДС в елементах досліджуваної ферми, які отримано комп'ютерним моделюючим експериментом, зроблено структурний аналіз зварної трубчастої ферми при пожежі ($t = 400^{\circ}\text{C}$) (рис. 5).

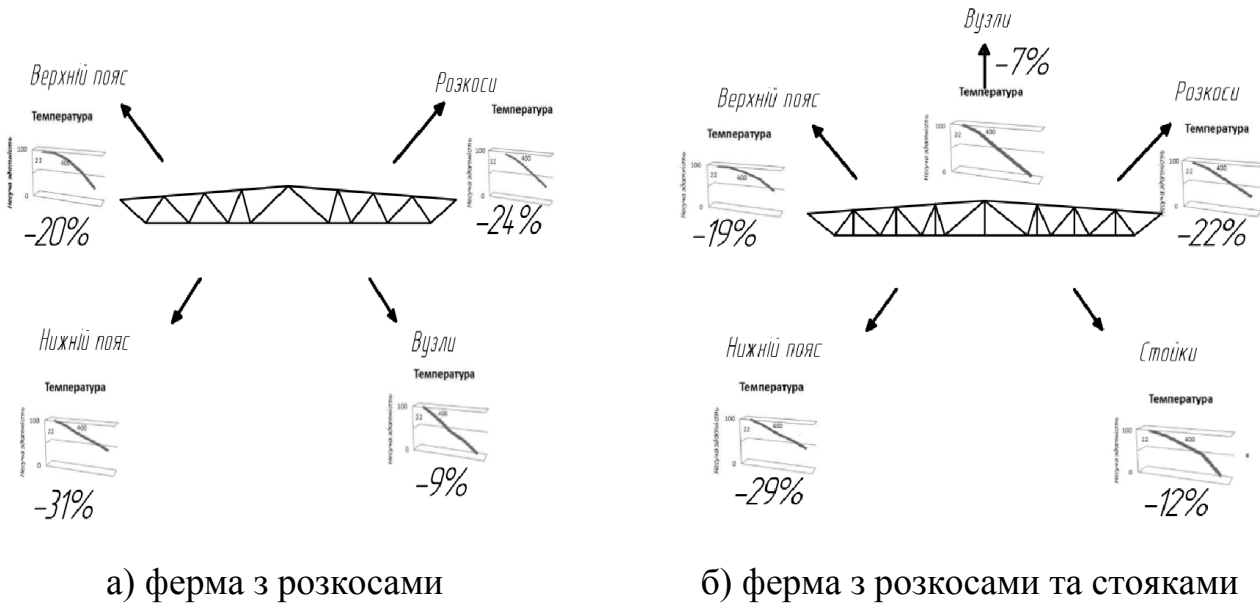


Рисунок 5 – Структурний аналіз зварної трубчастої ферми при пожежі ($t = 400^{\circ}\text{C}$)

У четвертому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» проведено розрахунок економічної ефективності на виготовлення нової зварної трубчастої ферми з різними варіантами виконання. Зроблено висновок, що варіант виконання ферми з розкосами та стояками є більш витратним на 11%.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» Порівняння отриманих результатів комп'ютерного моделюючого експерименту зварної трубчастої ферми.

У шостому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуті правила щодо забезпечення безпечних умов праці та розглянутий комплекс заходів щодо запобігання та мінімізації наслідків НС техногенного і природного характеру у галузі вибухопожежної безпеки на об'єкті будівництва, що проектується.

У сьомому розділі «Екологія» розглянуто структуру та тенденції розвитку будівельної галузі, розроблено заходи щодо мінімізації забруднення повітря при проведенні будівельних робіт.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. За результатами літературного огляду виявлено, що локалізація максимальних напружень формується у вузлах зварних ферм. Найбільше це виражається при статичних навантаженнях.

2. Комп'ютерним моделюючим експериментом в пакеті Ansys Workbench 14.5 зроблений об'єктивний структурний аналіз. Отримано зниження тримкості структурних елементів ферми, що знаходилася під дією високих температур ($t = 400^{\circ}\text{C}$) від -7% для вузлів до -31% для нижнього пояса.

3. Конструкція зварної трубчастої ферми з розкосами та стояками на 11% збільшує вартість конструкції, однак несуча здатність при температурі $t=22^{\circ}\text{C}$ збільшується на 17%.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. В.О. Попель Структурний аналіз зварних трубчастих ферм при пожежі// V.O. Popel Resistance of welded tubular trusses in fire // VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» ТНТУ імені І. Пулюя – Тернопіль: 2017. –с.154.

ОСНОВНІ ЛІТЕРАТУРНІ ДАНІ ВИКОРИСТАНІ ПРИ ВИКОНАННІ РОБОТИ

1. Ковальчук Я.О. Вплив попереднього пластичного деформування стиском на кінетику поширення втомних тріщин.// Матеріали Х1 науково-технічної конференції ТДТУ. – Тернопіль: 2007. – С. 38.

2. Пат. №40196 Україна, МПК G01N 3/00. Пристрій для базування зварних ферм при випробуваннях на статичну та циклічну міцність / Шингера Н. Я., Ковальчук Я. О.; заявник і патентовласник Тернопіль. держ. техніч. ун-т. – №40196 ; заявл.13.11.08; опубл. 25.03.09, Бюл. №6.

3. Ковальчук Я. О. Особливості статистичного дослідження зварних навантажених ферм / Я. О. Ковальчук, Н. Я. Шингера // Вісник ТДТУ ім. Івана Пулюя. – 2009. – №1. – С. 23 – 27.

4. Шингера Н. Статистична оцінка властивостей сталі ВСтЗпс на ділянці термічного впливу від зварного шва / Н. Шингера, Я. Ковальчук // XIV наук. конф. Тернопільського нац. тех. ун-ту ім. І. Пулюя, 27–28 жовт. 2010р. : тези доп. – Тернопіль, 2010. – С. 59.

5. Шингера Н. Фізичне моделювання для оцінки залишкового ресурсу зварних фермових конструкцій. / Н. Шингера, Я. Ковальчук // Прогресивні матеріали та технології в машинобудуванні, будівництві та транспорті : наук. конф. мех.-технолог. фак. ТНТУ ім. І. Пулюя, 16 трав. 2011р. : тези доп. – Тернопіль, 2011. – С. 10.

6. Шингера Н. Я. Моделювання пошкодження зварних будівельних ферм / Н. Я. Шингера, Я. О. Ковальчук, І. Б. Окіпний // Вісник Тернопільського нац. техн. ун-ту ім. І. Пулюя. – 2011. – Спецвип., част. 2 – С. 112–117.

7. Ковальчук Я. Статистичні особливості втомного пошкодження зварних будівельних ферм / Я. Ковальчук, Н. Шингера // XV наук. конф. Тернопільського нац. тех. ун-ту ім. І. Пулюя, 14–15 груд. 2011р. : тези доп. – Тернопіль, 2011. – С. 127.

8. Ковальчук Я.О. Статистичне моделювання втомного пошкодження зварної ферми / Я.О. Ковальчук, Ю.І. Пиндус, Н.Я. Шингера // Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві»: – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. –2012. – №2 (13) – С. 91–94.

9. Ковальчук Я.О. Тримка здатність будівельної підкроквяної зварної ферми при дії статичних навантажень / Я.О.Ковальчук, Н.Я. Шингера // XVI наук. конф. Тернопільського нац. тех. ун-ту ім. І. Пулюя, 5–6 груд. 2012р. : тези доп. – Т. II, Тернопіль, 2012. – С. 88.

10. Пат. №86798 Україна, МПК G01N 25/16. Пристосування для визначення температурних деформацій плоских ферм / Ковальчук Я.О., Шингера Н.Я., Бойчук А.В., Рибачок Н.І., Бобик М.П.); заявник і патентовласник Тернопіль. нац. техніч. ун-т. – №86798 ; заявл.15.07.2014 ; опубл. 10.01.2014, Бюл. №1.

11. Ковальчук Я. О. Деформування зварної будівельної ферми при статичних навантаженнях / Я. О. Ковальчук, Н. Я. Шингера, О.І.Рибачок // Вісник ТНТУ ім. Івана Пулюя. – 2014. – №1. – С. 28 – 34.

12. Ясній П. В. Верифікація результатів моделювання напружено-деформованого стану зварної ферми / Ясній П. В., Ковальчук Я. О., Шингера Н. Я., Рибачок О. І. // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій [Текст]: Зб. наук. статей / За заг. ред. Лучка Й.Й. – Львів: Каменяр, 2014. – Вип. 10. – С. 461 – 471.

13. Ковальчук Я. О. Моделювання напружено-деформованого стану нижнього пояса будівельної зварної ферми / Я. О. Ковальчук, Н. Я. Шингера, О.І.Рибачок // Вісник ТНТУ ім. Івана Пулюя. – 2014. № 2– С. 34 – 39.

14. Ковальчук Я.О. Особливості втомного пошкодження вузлів зварної ферми / Я.О. Ковальчук, Н.Я. Шингера, О.І. Качка // Міжнародна науково-технічна конференція «Інноваційні технології в будівництві» – ВНТУ, 18-20 листоп. 2014 р.: тези доп. – , Вінниця, 2014, с. 37.

15. Ковальчук Я.О. Моделювання втомної пошкоджуваності вузлів підкроквяних ферм / Я.О. Ковальчук, Н.Я. Шингера, О.І. Качка // XVIII наук. конф. Тернопільського нац. тех. ун-ту ім. І. Пулюя, 29–30 жовт. 2014р. : тези доп. – Тернопіль, 2014. – С. 87.

16. Ковальчук Я.О. Вплив конструктивних та технологічних особливостей вузлів на тримкість зварної ферми / Я.О. Ковальчук, Н.Я. Шингера, О.І. Качка // Міжнар. наук.-техн. конф. «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій», ТНТУ, 19–20 трав. 2015 р.: тези доп. – Тернопіль, 2015. – С. 43.

17. Ковальчук Я.О. Моделювання напружено-деформованого стану кроквяної ферми / Я.О. Ковальчук, Н.Я. Шингера, О.І. Качка // III наук.-техн. конф. мех.-техн. ф-ту Тернопільського нац. тех. ун-ту ім. І. Пулюя, „Прогресивні матеріали та технології в машинобудуванні, будівництві та транспорті”, – 21 трав. 2015 р.: тези доп. – Тернопіль, 2015. – С. 17.

18. Ковальчук Я.О. Втомна пошкоджуваність вузлів зварних фермових мостів / Я.О. Ковальчук, Н.Я. Шингера, О.І. Качка // Міжнар. наук.-практ. конф. ім. д.т.н. Сокола Е.М. «Безпека руху і наукові засади експертних досліджень транспортних пригод та інженерних споруд», 9–11 верес. 2015 р.: тези доп. – Львів, 2015. – С. 66.

19. Ковальчук Я.О. Моделювання НДС зварної кроквяної ферми при експлуатаційних навантаженнях / Я.О. Ковальчук, Н.Я. Шингера, О.І. Качка // Пошкодження матеріалів під час експлуатації, методи його діагностування і прогнозування: матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф., 21–24 верес. 2015 р. – Тернопіль, 2015. – С. 244–247

20. Ковальчук Я. О. Моделювання поведінки зварної кроквяної ферми при розподілених навантаженнях / Я. О. Ковальчук, Н. Я. Шингера, О.І.Качка // Вісник ТНТУ ім. Івана Пулюя. – 2015. № 3(79)– С. 46 – 51.

21. Ковальчук Я.О. Втомна пошкоджуваність вузлів зварних фермових мостів / Я.О. Ковальчук, Н.Я. Шингера, О.І. Качка // Міжнар. наук.-практ. конф. ім. д.т.н. Сокола Е.М. «Безпека руху і наукові засади експертних досліджень транспортних пригод та інженерних споруд», 9–11 верес. 2015 р.: тези доп. – Львів, 2015. – С. 66.

22. Ковальчук Я.О. Фізичне моделювання втомного пошкодження зварної ферми / Я.О. Ковальчук, Н.Я. Шингера // XIX наук.-техн. конф. ТНТУ, 18–19 трав. 2016 р.: тези доп. – Тернопіль, 2016. – С. 143.

23. Ковальчук Я.О. Комп'ютерне моделювання напружень у зварній фермі / Я. О.Ковальчук, Н.Я. Шингера // Вісник ТНТУ ім. Івана Пулюя. – 2016. № 2(82) – С. 44 –48.

24. Ковальчук Я.О. Комп'ютерне моделювання деформації зварної ферми з косинками у вузлах / Я. О.Ковальчук, Н.Я. Шингера // Вісник ТНТУ ім. Івана Пулюя. – 2016. № 3(83) – С. 73 –79.

АНОТАЦІЯ

Попель В.О Структурний аналіз зварних трубчастих ферм при пожежі. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, 2018 р. Дипломна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

У дипломній роботі проаналізовано методичні аспекти дослідження НДС в елементах зварних трубчастих ферм з використанням сучасних обчислювальних засобів і програмних комплексів. Виконано дослідження зварної трубчастої ферми при дії на неї статичних навантажень та при дії високих температур при пожежі. Отримано параметри НДС для об'єктивного структурного аналізу досліджуваних конструкцій, які піддаються впливу високих температур при пожежі. Запропоновано конструкцію ферм, яка дає можливість зменшити напруження у вузлах і за рахунок цього підвищити ресурс ферми за умов статичних навантажень та дії вогню. Виконано розрахунок для різних конструкцій зварних трубчастих ферм. Дослідження виконано з використанням прикладного програмного комплексу ANSYS Workbench 14.5.

Ключові слова: зварна трубчаста ферма, несуча здатність, втрата тримкості ферм, вогнестійкість.

ANNOTATION

V.O. Popel Resistance of welded tubular trusses in fire. – Ternopil National Technical University named after Ivan Puluj, Ternopil, 2018. Diploma thesis on competition of educational degree «master» for the specialty 192 – «Construction and civil engineering»

This thesis presents results of research of methodical aspects of stress-strain state analysis in welded tubular trusses elements using the most modern computing facilities and software packages. The analysis was conducted on welded tubular truss that was statically loaded and affected by high temperatures which simulated fire conditions. There was obtained a set of parameters of a stress-strain state for the objective structural analysis of student construction under fire conditions. There was proposed optimal truss configuration that minimizes elements strain and thereby extends lifespan of a statically loaded truss in fire conditions. Calculations were made for different elements configurations of welded tubular truss. Computational part of research was made using ANSYS Workbench 14.5 software which implements finite elements method.

Keywords: welded tubular truss, load carrying ability, resistance loss, fire resistance