

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

**ВАВРИК ОЛЕГ ПЕТРОВИЧ**

УДК 624.014.45

**МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ ГОФРОВАНИХ  
СТІНОК БАЛОК З СИСТЕМАМИ ОТВОРІВ**

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:** доктор технічних наук, професор  
**Підгурський Микола Іванович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя, завідувач кафедри Технології і  
обладнання зварювального виробництва

**Рецензент:**  
**Чубик Василь Феофанович,**  
ПП Архітектурно-проектне будівельно-виробниче  
підприємство «Дім», директор

Захист відбудеться 23 лютого 2018 р. о 10<sup>00</sup> 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.** У наш час людство використовує усе більш складні конструкції, забезпечення міцності і надійності яких, при їх високій економічності, має першочергове значення. Проектування таких конструкцій повинне базуватися на сучасних методах розрахунку, що повинні задовольняти усі вимоги, що до них ставляться. Застосування сучасних профілів прокату у сталевих будівельних конструкціях є одним із шляхів підвищення економічності і ефективності, що дозволяють надати звичайним конструктивним формам нового змісту. Питання напружено-деформівного стану гофрованої стінки балки, за наявності кругового отвору, мають велике значення для забезпечення міцності і ефективного функціонування будівельних конструкцій. Зараз починають масово впроваджуватись у будівництві зварні сталеві двотаврові балки з гофрованою стінкою. Необхідність прокладання різного роду комунікацій в промислових та адміністративних будівлях завжди займало значну кількість будівельного простору, тому використання балок з гофрованою стінкою з системами отворів, дозволяє зекономити цей простір і використати його з користю.

**Мега дипломної роботи.** Виявлення параметрів напружено-деформівного стану балок з гофрованими стінками в залежності від форми і розташування отворів в них.

**Об'єкт, методи та джерела дослідження.** Об'єктом дослідження є балки з тонкою гофрованою стінкою із трикутною формою гофр і різними типами отворів. Методи виконання роботи: комп'ютерний моделюючий експеримент, графічний, порівняльний.

### **Наукова новизна отриманих результатів**

- отримало подальший розвиток комп'ютерне моделювання роботи балки з гофрованою стінкою та системами отворів в середній третині прольоту;
- вперше виявлено дійсний напружено-деформівний стан балок з гофрованою стінкою з системами отворів різної форми;
- вперше виявлено залежності напружень в стінці балки від відстані між отворами;

**Практичне значення отриманих результатів.** Отримані в роботі результати можна застосовувати при реальному проектуванні балок з гофрованою стінкою, послабленою отворами.

**Апробація результатів магістерської роботи.** Окремі результати роботи доповідались на VI Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, ТНТУ, 16 – 17 листопада 2017 р. та на □ Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, ТНТУ, 17-18 листопада 2016 р.

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки (вступ, 6 розділів, висновки, перелік посилань та додатку). В обсязі –103 арк. формату А4, мультимедійної презентації (20 слайдів).

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі подано загальну характеристику роботи, стан розробки досліджуваної проблеми, актуальність питання дослідження гофрованих стінок балок з системами отворів, мету досліджень, об'єкт та предмет досліджень, завдання роботи.

У першому розділі "Огляд літературних джерел по балках з гофрованою стінкою" проаналізовано різні типи гофрованих балок, що застосовують в сучасному будівництві. Описано відомості про виготовлення гофрованих балок та технічні вимоги до їх виготовлення, практичне використання балок з гофрованою стінкою. Також проаналізовано теоретичні та експериментальні дослідження балок з гофрованими стінками різних науковців, які займалися питанням дослідження напружено – деформівного стану балки та впливу отворів на концентрацію напружень.

У другому розділі "Напружено-деформівний стан гофрованих стінок балок з системами отворів" аналітичним методом виконано підбір гофрованої балки для подальшого моделювання. Проаналізовано розрахункові методики дослідження напружено-деформівного стану гофрованої балки з системою отворів, та вибрано програмний комплекс ANSYS Workbench 14.5, який алгоритмічно базується на методі скінчених елементів. Описано методику задання властивостей матеріалів, та задання граничних умов. Виявлено вплив сітки скінчених елементів на напружено-деформівний стан балки з системою отворів, на прикладі круга і овалу. Вибрано оптимальний розмір сітки скінчених елементів, котрий задовольняє вимоги точності.

Було досліджено вплив відстаней між отворами на напружено-деформівний стан в балці з гофрованою стінкою. Отримано графіки зростання напружень в стінці балки при наближенні отворів один до одного (рис. 1).

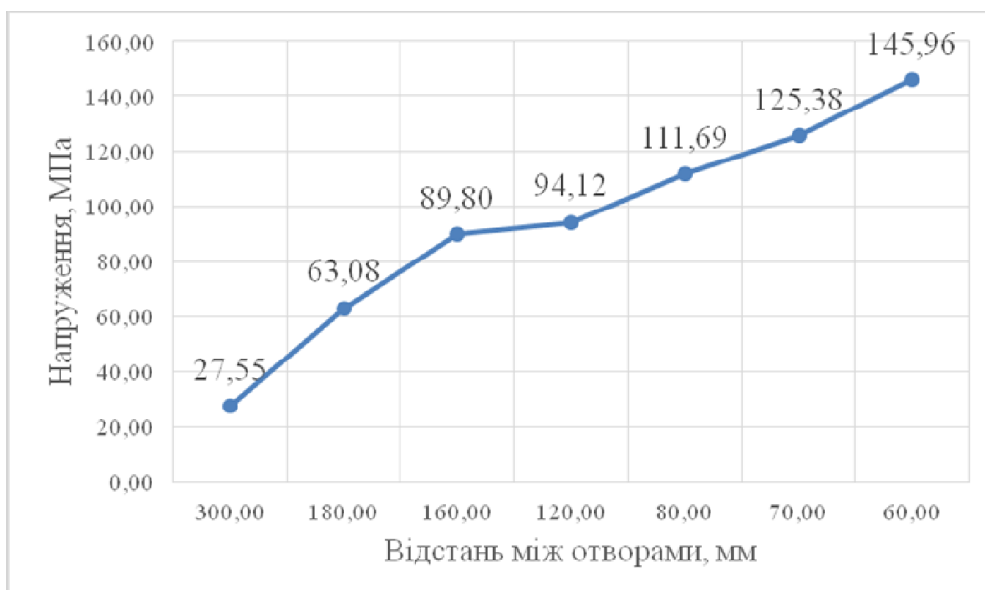


Рисунок 1 –Залежність дотичних напружень  $\tau_{xy}$  в стінці балки від відстані між отворами

Визначено залежність між діаметром та відстанню між краями отворів для трьох варіантів гофрування стінки балки (рис. 2).

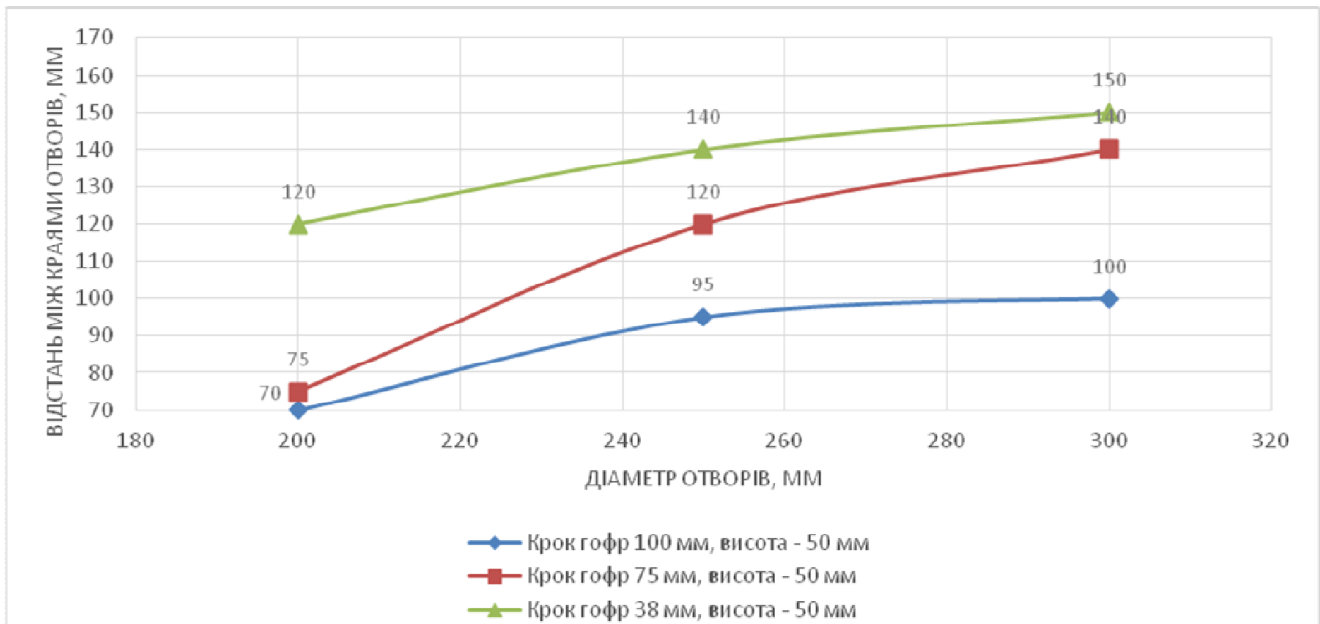


Рисунок 2 –Залежність між діаметром та відстанню між краями отворів для трьох варіантів гофрування стінки балки

У третьому розділі "Спеціальна частина" описано результати досліджень для знаходження оптимальної форми отворів при проектуванні балок з гофрованою стінкою.

У четвертому розділі "Організаційно-економічна частина" проведено обґрунтування економічної ефективності на виготовлення балки з гофрованою стінкою з системою отворів. Отримано локальні, зведені та об'єктні кошториси.

У п'ятому розділі "Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях" розглянуто основи законодавства України про охорону праці, проаналізовано вимоги безпеки під час виконання електрозварювальних робіт, вимоги до робочих місць при виконанні зварювальних робіт. Описано заходи щодо підвищення стійкості роботи будівельного об'єкта (цеху) в умовах застосування зброї масового ураження, проведення радіаційного контролю матеріалів в будівництві.

У шостому розділі "Екологія" проаналізовано вплив будівельної галузі на навколишнє середовище, а також розглянуто питання екологічної безпеки застосування будівельних матеріалів.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Методом комп'ютерного моделюючого експерименту встановлений дійсний напружено-деформований стан балки з гофрованою стінкою з системою отворів.

2. За результатами виконання комп'ютерного моделюючого експерименту в програмному комплексі ANSYS Workbench 14.5 отримано значення максимального напруження в стінці та на контурі отвору при різній відстані між отворами в прольоті балки з гофрованою стінкою.

3. Виконано порівняльний аналіз даних, отриманих методом скінчених елементів та визначено раціональні відстані між отворами в балці з гофрованою стінкою залежно від їх діаметру.

4. Шляхом моделювання різних типів отворів, визначено, що для балки з гофрованою стінкою найефективнішим буде отвір круглої форми.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ**

1. Оцінка напружено-деформівного стану балки з гофрованою стінкою, що ослаблена отворами / О.П. Ваврик, І.В. Василик, І.М. Підгурський // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 16-17 листопада 2017 року — Т. : ТНТУ, 2017 — Том I. — С. 25. — (Нові матеріали, міцність і довговічність елементів конструкцій).

2. Інноваційні методи проектування легких металевих конструкцій / О. П. Ваврик, І. В. Василик, І. В. Олійник, Л. А. Петровський, К. Л. Сандуляк, І. М. Підгурський // Збірник тез доповідей . Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 17-18 листопада 2016 року — Т. : ТНТУ, 2016 — Том I. — С. 132-133. — (Фізико-технічні основи розвитку нових технологій).

### **ОСНОВНІ ЛІТЕРАТУРНІ ДАНІ ВИКОРИСТАНІ ПРИ ВИКОНАННІ РОБОТИ**

1. Підгурський М.І. Методика дослідження напружено-деформівного стану в зонах конструктивних концентраторів напружень зварних конструкцій / М. Підгурський, І. Зубченко, В. Поліщук, В. Ляхов, В. Хом'як // Збірник тез доповідей □□ наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 14-15 грудня 2011 року — Т. : ТНТУ, 2011 — С. 137.

2. Підгурський М.І. Оцінка напружено-деформівного стану в зонах зварних з'єднань тонкостінних елементів конструкцій / М. Підгурський, М. Грещук, І. Тихий, В. Хом'як // Збірник тез доповідей □□ наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 14-15 грудня 2011 року — Т. : ТНТУ, 2011 — С. 138.

### **АНОТАЦІЯ**

**Ваврик О.П. Моделювання напружено-деформівного стану гофрованих стінок балок з системами отворів** – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2018. Дипломна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю: 192 – «Будівництво та цивільна інженерія».

В дипломній роботі виконано дослідження напружено-деформівного стану гофрованих стінок балок прольотом 12 м з системами отворів. Шляхом комп'ютерного моделюючого експерименту проведено дослідження роботи балки з гофрованою стінкою та системою отворів різного діаметру на дію статичного навантаження. Визначено раціональні відстані між отворами, при яких забезпечується міцність і стійкість всієї конструкції балки. В програмному комплексі ANSYS досліджено концентрацію напружень навколо отворів різної форми, і запропоновано найефективнішу форму.

**Ключові слова:** балка, гофрована стінка, система отворів, комп'ютерне моделювання, концентрація напружень.

## ANNOTATION

**Vavryk O.P. Simulation of the stress-strain state of corrugated web of beams with hole systems** – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, 2018. Diploma thesis for acquisition of "master" educational degree for the specialty: 192 – «Construction and civil engineering».

The research of the stress-strain state of the stress-strain state of corrugated web of beams with hole systems, and the span of 12 m was conducted in the diploma work. The numerical modeling of the beam with a corrugated web, with hole systems for the action of static load with different diameters of holes was carried out. The rational distances between the holes are determined, at which the strength and stability of the whole beam construction is ensured. In the ANSYS program complex, the stress concentration around the apertures of different shapes is investigated and the most effective form is proposed.

**Keywords:** beam, corrugated web, hole system, numerical modeling, concentration of stresses.