

## ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора Лугового П.З.

на дисертаційну роботу

**МАЛЬГІНА Михайла Геннадійовича**

**МОДЕЛЮВАННЯ ВИТРИВАЛОСТІ ЗВАРНИХ ВУЗЛІВ МОСТІВ ЗА  
ЛОКАЛЬНИМИ НАПРУЖЕННЯМИ**

представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 05.23.17 – будівельна механіка

**Структура роботи.** Повний обсяг дисертації становить 218 сторінок, складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 159 найменувань, 15 сторінок додатків, 23 таблиць і 157 рисунків.

**Актуальність роботи** не викликає сумнівів. Автор ретельно обґрунтував необхідність і доцільність досліджень, направлених на пошук нових наукових підходів до визначення втомної довговічності зварних вузлів сталевих мостів. Проблема витривалості елементів металевих мостів існує давно, тому дослідження в цій області є актуальними. Ця наукова проблема має значну соціально-економічну вагу для України.

Автором показано, що визначення витривалості зварних вузлів із врахування локального напружено-деформованого стану (НДС) елементів і закономірностей його зміни при різних експлуатаційних навантаженнях, дає змогу з більшою достовірністю оцінювати ресурс мостів.

**Об'єктом дослідження** є процес виникнення втомних пошкоджень в зварних елементах мостів при дії експлуатаційного навантаження.

**Предметом дослідження** є – моделі, методи і підходи до визначення втомної довговічності зварних конструкцій.

**Мета і задачі дослідження.** Глобальною метою дослідження є розроблення моделі визначення втомної довговічності зварних вузлів сталевих мостів за локальними напруженнями.

Для досягнення поставленої мети визначено і вирішено низку задач, серед яких слід виділити три найбільш вагомих:

- розробка скінчено-елементної моделі для розрахунку локальних змінних напружень в зварних вузлах мостів при різних схемах експлуатаційного навантаження;

Канцелярія  
Вх. № 01/1380  
09.10.2015

- дослідження ресурсу втомної довговічності металевих прогонових будов мостів на основі локальних змінних напружень в потенційно небезпечних зонах зварних вузлів;

- удосконалення інженерної методики розрахунку зварних вузлів мостів на витривалість, створення нових алгоритмів послідовності розрахунку.

### **Загальний аналіз дисертаційного дослідження**

**Перший розділ** «ПРОБЛЕМА УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СВАРНЫХ УЗЛОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МОСТОВ» містить аналіз виникнення і розвитку тріщин втоми в зварних вузлах мостів. Надається опис основних місць появи тріщин втоми в прогонових будовах мостів і недоліків прийнятих конструктивних рішень зварних вузлів. Проведено аналіз основних причин, які впливають на втому довговічність мостів на основі експериментальних досліджень і числового моделювання.

Виконано критичний аналіз основних недоліків норм проектування мостів, які застосовуються при розрахунках на витривалість. Проведено аналіз публікацій з сучасного стану розробки моделей для розрахунку локального НДС, а також втомної довговічності за локальними напруженнями, зварних конструкцій різного призначення.

Висновки до першого розділу є достатніми для формування програми дослідження.

**Другий розділ** дисертації «МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОГО НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СВАРНЫХ УЗЛОВ МОСТОВ» присвячено розробленню скінчено-елементної моделі для визначення змінних локальних напружень в зварних вузлах мостових конструкцій. Представлено новий підхід до моделювання, заснований на концепції об'єднання фрагментів конструкції із різнотипних скінчених елементів системою «абсолютно жорстких тіл». Центральна наукова ідея цього розділу полягає у визначенні локального НДС зварних вузлів будь-якої складності, за рахунок адекватної передачі через «абсолютно жорсткі тіла» НДС від одного фрагмента конструкції до іншого, в рамках просторової деформації всієї конструкції. Такий підхід допомагає уникнути недоліки традиційних підходів, які не завжди дозволяють адекватно вводити певні граничні умови і зовнішні навантаження на елементи. Останні, в свою чергу, отримуються при окремому розрахунку фрагментів конструкції, або з використанням методу суперелементів.

У рамках розділу 2 автором сформульовані основні правила призначення розмірів фрагментів розрахункової моделі, правила їх апроксимації скінченими елементами, а також об'єднання системою «абсолютно жорстких тіл».



Показано, що запропонований підхід до моделювання значно спрощує аналіз роботи зварних вузлів мостів з урахуванням складного локального НДС конструктивних елементів при різних схемах експлуатаційного навантаження. Достовірність запропонованої моделі підтверджується числовими експериментами.

**Третій розділ** дисертації «МОДЕЛЬ НАЗНАЧЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ СВАРНЫХ УЗЛОВ МОСТОВ ПО ЛОКАЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЯМ» присвячено дослідженням закономірностей розподілу локальних напружень в різних типах зварних з'єднань, відповідно до нормативно-технічної документації на виготовлення мостових конструкцій. Дослідження проводилися на зварних з'єднаннях, які застосовуються в мостобудуванні. Проведено детальний аналіз впливу різної геометричної форми зварного шва на характер розподілу локальних напружень в зоні концентрації напружень. Результатом дослідження є створення нової моделі призначення розрахункових характеристик опору втомі зварних з'єднань за локальними напруженнями.

Автор переконливо довів, що на відстані більше ніж  $0,17t$  ( $t$  – товщина основного металу) від лінії сплавлення зварного шва, різні геометричні форми шва практично не впливають на величину локальних напружень.

Важливим для моделі розрахунку на витривалість  $\epsilon$ , запропонований автором, коефіцієнт  $\alpha_{0,17t}$ , який застосовується в рівнянні кривої втоми, а також правила визначення діючих локальних напружень  $\sigma_{0,17t}$  в зварних вузлах мостів.

Порівняння розрахункової довговічності зварних вузлів за локальними напруженнями  $\sigma_{0,17t}$  із даними натурних випробувань підтвердили збіжність результатів. Також, збіжність результатів встановлена при порівнянні запропонованої моделі з іншими, альтернативними, моделями розрахунку на витривалість за локальними напруженнями.

**У четвертому розділі** дисертації «ИССЛЕДОВАНИЕ РЕСУРСА СВАРНЫХ УЗЛОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ ПО ЛОКАЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЯМ», на основі розробленої автором методики, проведені дослідження втомної довговічності зварних вузлів прогонових будов мостів за локальними напруженнями при проходженні залізничного транспорту.

В представленій у розділі методиці дається опис призначення експлуатаційного рухомого навантаження на прогонові будови, правил їх прикладання до розрахункових моделей при визначенні локальних змінних напружень в зварних вузлах, послідовності визначення потенційно небезпечних зон, а також визначення розрахункового ресурсу прогонових будов.

В роботі автором детально проаналізована закономірність виникнення і зміни НДС елементів зварних вузлів при проходженні потягу по прогоновим будовам.



Представлено порівняння розрахункового ресурсу прогонових будов за локальними напруженнями із фактичним ресурсом натурних конструкцій. Автором показано, що запропонований метод розрахунку на витривалість за локальними напруженнями дозволяє наблизитись до фактичного ресурсу прогонових будов.

Серед основних результатів четвертого розділу слід відмітити наступні:

- у зварних вузлах мостів в процесі експлуатації може виникати декілька потенційних місць виникнення тріщин втоми;
- стискаючі напруження, за умов наявності у вузлах високого рівня залишкових напружень, можуть приводити до виникнення тріщин втоми;
- в процесі експлуатації прогонових будов мостів можуть виникати як одночастотні, так і двочастотні режими навантаження.

У п'ятому розділі дисертації «РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА СВАРНЫХ УЗЛОВ МОСТОВ НА ВЫНОСЛИВОСТЬ» представлено обґрунтування запропонованого розвитку методики розрахунку автодорожніх і залізничних мостів на витривалість. Запропонована методика включає:

- вирази для проведення перевірок витривалості при простому і складному видах НДС;
- схеми рухомих навантажень для визначення змінних напружень в зварних вузлах;
- алгоритми послідовності розрахунку витривалості автодорожніх і залізничних мостів.

У розділі наведено приклад застосування запропонованої інженерної методики. Детально досліджується втома довговічність зварного вузла конструкції ортотропної плити залізничної прогонової будови, яка експлуатується на залізничній ділянці мостового переходу через р. Дніпро у м. Києві. Варто зазначити, що у прикладі розглядається наявність відхилення в зварному вузлі від проектних рішень, а також аналіз впливу цього відхилення на його НДС і довговічність прогонової будови. Представлений автором приклад переконливо підтверджує, що нормативний метод розрахунку витривалості мостів не дає змогу визначити довговічність мостів в умовах складного локального НДС елементів.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Отримані автором і винесені на захист результати мають всі ознаки наукової новизни. На думку опонента найбільш вагомим серед них є:

- розроблення скінчено-елементної моделі з використанням системи «абсолютно жорстких тіл» для розрахунку локального НДС зварних вузлів конструкцій мостів;

- розроблення моделі призначення розрахункових характеристик опору втомі зварних вузлів конструкцій за локальними напруженнями;
- отримання нових алгоритмів послідовності розрахунку втомної довговічності зварних вузлів сталевих мостів.

**Практичні результати роботи.** Представлена до захисту робота викликана запитом практики. Розроблена автором дисертації методика розрахунку на витривалість знайшла своє практичне втілення. Вона дозволяє достовірніше визначити втомну довговічність мостових конструкцій, що в свою чергу дає можливість призначати оптимальні розміри і форми елементів мостів. Впровадження результатів дослідження, отриманих у дисертаційній роботі, здійснено у 2 проектних організаціях і підтверджено відповідними довідками.

**Редакційний аналіз.** У тексті дисертації наукові результати, що виносяться на захист, достатньо детально аргументуються, показано шлях їх одержання, наведено необхідні посилання, чітко визначено авторську належність. Дисертація ретельно оформлена і належним чином ілюстрована, викладена технічно грамотно, мовою, яка демонструє високу наукову ерудицію автора.

#### **Загальні зауваження.**

1. Назва першого розділу «ПРОБЛЕМА УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СВАРНЫХ УЗЛОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МОСТОВ» є стилістично некоректною. Більш вдалим було б *«Анализ современного состояния проблемы усталостной долговечности сварных узлов металлических мостов»*
2. Опонент вважав би доцільним мати на початку роботи «Перелік умовних позначень, індексів і скорочень». В роботі є низка місць, де можна було б скоротити терміни і спростити читабельність роботи.
3. Перший розділ є досить великим. Аналіз втомних пошкоджень, а також причин виникнення складного НДС елементів, можна було б представити у вигляді системи таблиць зі схематичними зображеннями і описом пошкоджень.
4. Третій розділ виглядає перенасиченим прикладами порівняння розрахункової довговічності з результатами експериментів. Більшу частину третього розділу можна було б навести у додатках.
5. В підрозділі 3.3.3.2. було б доцільнішим розширити опис НДС досліджуваного зварного вузла зразка, що відтворює панелі ортотропної плити, на прикладі того, як це було зроблено в підрозділах 4.2. і 4.3.
6. В підрозділі 3.3.3.1 на надається опис використаної марки сталі для зварних зразків, що відтворюють вузли ортотропної плити.
7. У третьому розділі відсутній аналіз причин розбіжності між значеннями розрахункової довговічності за запропонованим автором методом і альтернативними методами розрахунку.



8. Не зрозуміло чому у четвертому розділі автор використовував лише один метод розрахунку втомної довговічності при двочастотному навантаженні і не розглянув інші методи, наприклад які засновані на енергетичних підходах.

**Публікації за темою дисертації.** Дисертаційна робота достатньо висвітлена в фахових виданнях України. За темою дисертації опубліковано 10 робіт, з них 5 статей у виданнях, рекомендованих ВАК України, 2- у закордонних виданнях, 3 – в працях наукових конференцій.

**Апробація.** Дисертаційна робота Мальгіна М.Г. має достатню апробацію. Автором було продемонстровано результати своїх досліджень на міжвузівських, відомчих, а також міжнародних конференціях.

**Автореферат** ідентичний змісту дисертації, відповідає основним положенням роботи.

#### **Висновок.**

Дисертація Мальгіна М.Г. містить сучасну науково-обґрунтовану модель визначення втомної довговічності сталевих мостів, яка дозволяє враховувати вплив складного локального НДС в потенційно небезпечних зонах зварних вузлів. Розроблена модель отримала в роботі практичне обґрунтування.

Результати досліджень автора є вагомим внеском в розв'язанні важливої науково-прикладної соціальної проблеми.

Опонент високо оцінює професіоналізм автора у розв'язку задач надійності конструкцій. Також високої оцінки заслуговує внесок дисертанта в розвиток сучасних інформаційних технологій.

Зауваження опонента не порушують цілісності основних наукових положень дисертації, не заперечують науковій новизні отриманих результатів.

Викладений аналіз дозволяє зробити такий **загальний висновок:** Дисертаційна робота Мальгіна М.Г. «МОДЕЛЮВАННЯ ВИТРИВАЛОСТІ ЗВАРНИХ ВУЗЛІВ МОСТІВ ЗА ЛОКАЛЬНИМИ НАПРУЖЕННЯМИ», що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук є завершеною науковою працею, яка за актуальністю теми, практичним значенням, науковою новизною отриманих результатів відповідає усім вимогам пп.11, 13 і 14 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника».

В публікаціях автора та доповідях на конференціях, у повній мірі, висвітлено основні положення і результати дисертації.

Автор показав свою спроможність поставити і дослідити важливу науково-практичну задачу і заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.17 – будівельна механіка.

Офіційний опонент:  
доктор технічних наук, професор,  
завідувач відділу  
«Будівельна механіка тонкостінних  
конструкцій» Інституту механіки  
ім. С.П. Тимошенка Національної  
академії наук України

П.З. Луговий

Підпис Лугового П.З. засвідчую

Учений секретар Інституту механіки  
ім. С.П. Тимошенка НАН України  
доктор фізико-математичних наук



О.П. Жук