



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **101853** (13) **U**  
(51) МПК (2015.01)  
**E01D 11/00**  
**E01D 6/00**  
**G01D 9/00**

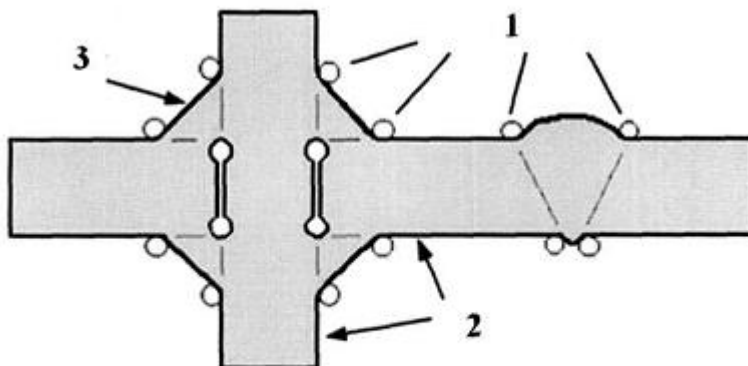
ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: <b>u 2014 13644</b>	(72) Винахідник(и): <b>Мальгін Михайло Геннадійович (UA), Медведев Костянтин Володимирович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>19.12.2014</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>12.10.2015</b>	(73) Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Суворова, 1, м. Київ-10, 01010 (UA)</b>
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>12.10.2015, Бюл.№ 19</b>	(74) Представник: <b>Краснокутська Зоя Ігорівна</b>

**(54) СПОСІБ РОЗРАХУНКУ НА ВИТРИВАЛІСТЬ ЗВАРНИХ ВУЗЛІВ МОСТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ЛОКАЛЬНИМИ НАПРУЖЕННЯМИ****(57) Реферат:**

Спосіб розрахунку зварних вузлів мостових конструкцій на витривалість за локальними напруженнями включає в себе побудову скінченноелементної моделі мостової конструкції, визначення локальних напружень в зварних вузлах, призначення розрахункових характеристик опору втомі. Будують скінченноелементну модель мостової конструкції із "абсолютно жорсткими тілами" у вигляді плоских перерізів, що дозволяє визначати локальні напруження з врахуванням просторової роботи всієї конструкції. Визначають в елементах локальні напруження на відстані  $0,17t$  ( $t$  - товщина основного металу) від лінії сплавлення зварного шва. Використовуючи теоретичні коефіцієнти концентрації напружень  $\alpha_{0,17t}$ , здійснюють переведення кривих втомі із номінальних напружень в локальні.



Фіг. 1

**UA 101853 U**



Винахід належить до розрахункових методик визначення ресурсу зварних конструкцій споруд транспортної інфраструктури.

На сьогоднішній день існує два основні методи розрахунку зварних вузлів конструкцій на витривалість за локальними напруженням [1]: метод напружень в "ефективному концентраторі" (Effective notch stress approach); метод екстраполяції напружень в "гарячу точку" (Hot spot stress approach). Ці методи застосовуються разом із методом скінченних елементів.

Метод напружень в "ефективному концентраторі" полягає у введенні фіктивного радіуса в місці переходу від металу шва до основного металу, а також в корені шва в разі неповного проплавлення шва. Фіктивний радіус дозволяє визначати величини локальних напружень у зварному з'єднанні, уникаючи напруження, що з'являються від локальної геометричної невизначеності в зоні лінії сплавлення шва або в корені шва. Визначення даного радіуса базується на теорії Г.Нейбера. На фіг. 1 зображена схема зварного з'єднання з введенням фіктивного радіуса 1 в зонах переходу від основного металу 2 до металу шва 3.

Недоліком вказаного методу є те, що вона має певні обмеження при розрахунках у тривимірній постановці. Дана модель вимагає використовувати дуже малі за розмірами скінченні елементи (менш ніж 0,1мм) в зонах введення фіктивних радіусів, що призводить до використання великої кількості елементів. Для чисельних обчислень це займає багато часу при багатоваріантному опрацюванні різних схемно-конструктивних рішень зварних вузлів на стадії проектування мостів.

Метод екстраполяції напружень в "гарячу точку" оснований на екстраполюванні поверхневих напружень через точки на заданій відстані від лінії сплавлення шва. Згідно з цим методом при розрахунках локальних напружень уникають напруження, пов'язані з геометричною формою зварного шва, і враховують лише напруження, що виникають від загальної геометричної форми елементів вузла. На фіг. 2 зображена схема екстраполяції поверхневих напружень 1 в "гарячу точку" 2 в зоні зварного з'єднання через точки на заданій відстані від лінії сплавлення шва 3.

Недоліком вказаного методу є потреба у процедурі обчислень множини точок на різних відстанях від лінії сплавлення шва, що при розрахунку зварного вузла на витривалість ускладнює процедуру пошуку в ньому потенційно небезпечних зон (зон утворення тріщин втоми).

Задача винаходу - підвищення ефективності розрахунку на витривалість зварних вузлів мостових конструкцій на основі врахування локального напружено-деформованого стану в зонах конструктивних концентраторів із зручною практичною реалізацією.

Поставлена задача вирішується тим, що визначення локальних напружень виконується лише в одній точці, на заданій відстані від лінії сплавлення зварного шва. При цьому для визначення локальних напружень з врахуванням просторової роботи всієї конструкції, застосовується скінченноелементна модель із "абсолютно жорсткими тілами" у вигляді плоских перерізів.

При розрахунках зварних вузлів, що складаються із таврових, хрестоподібних з'єднань і з'єднань, в яких приварені поздовжні ребра, визначення локальних змінних напружень виконується на відстані  $0.17t$  ( $t$  - товщина основного металу) від лінії сплавлення зварного шва [2]. На фіг. 3 схематично зображено характер розподілу локальних напружень 1 у зоні зварного з'єднання, а також місце визначення напружень в одній заданій точці 2 на відстані  $0.17t$  від лінії сплавлення зварного шва 3. Для визначення розрахункових характеристик опору втомі досліджуваного зварного вузла використовуються теоретичні коефіцієнти концентрації напружень  $\alpha_{0.17t}$  для різних груп зварних з'єднань. За допомогою коефіцієнтів  $\alpha_{0.17t}$  здійснюється переведення кривих втоми із номінальних напружень в локальні. На фіг. 4 зображено приклад переведення кривої втоми із номінальних напружень 1 в локальні напруження 2 шляхом множення теоретичного коефіцієнта концентрації напружень  $\alpha_{0.17t}$  на розмах номінальних напружень  $\Delta\sigma$ . На фіг. 4  $N$  - число циклів до утворення тріщини втоми у з'єднанні при діючому розмаху локальних напружень  $\alpha_{0.17t} \times \Delta\sigma$ . На фіг. 5 приведені значення коефіцієнтів  $\alpha_{0.17t}$  для таврових (хрестоподібних) з'єднань і з'єднань з приваркою поздовжніх ребер. На фіг. 5  $L$  - довжина поздовжнього ребра. Для врахування просторової роботи всієї конструкції при визначенні локальних напружень у вузлах, застосовується модель мостової конструкції, що складається із різнотипних скінченних елементів (СЕ), із їх об'єднанням "абсолютно жорсткими тілами" (АЖТ) у вигляді плоских перерізів [3]. На фіг. 6 представлена схема моделі конструкції з АЖТ для розрахунку локальних напружень в зварних вузлах. Згідно зі схемою досліджуваній зварний вузол апроксимується тривимірними СЕ 1, фрагмент конструкції, що включає вузол - оболонковими СЕ 2, основна частина конструкції - просторовими стержневими СЕ 3, 4 - місця введення АЖТ. На фіг. 7 представлена лінійна блок схема загальної послідовності розрахунку витривалості зварних вузлів за локальними напруженнями відповідно до розробленого способу.

Розроблений спосіб дозволяє значно спростити процедуру розрахунку зварних вузлів мостів на витривалість з врахуванням просторової роботи всієї конструкції.

1. Hobbacher, A. Recommendations for Fatigue Design of Welded Joints and Components. International Institute of Welding, doc. XIII-1965r14-03/XV-1127r14-03. NY, 2009.

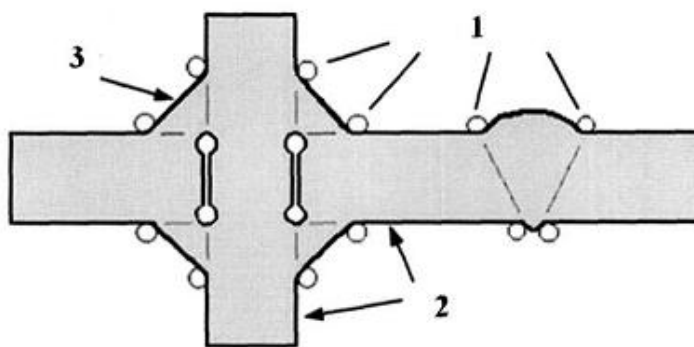
5 2. Дворецкий В.И., Мальгин М.Г. Расчет усталостной долговечности сварных пролетных строений мостов на основе локальных напряжений. Тезисы 73 Международной научно-практической конференции - Д.:ДИИТ, 2013 г. с. 183...185

10 3. Кирьян В. И., Дворецкий В. И., Мальгин М. Г. Расчет локальных напряжений в зонах сварных соединений крупногабаритных пространственных конструкций. Автомат, сварка. - 2012. - №4. - С. 3-7.

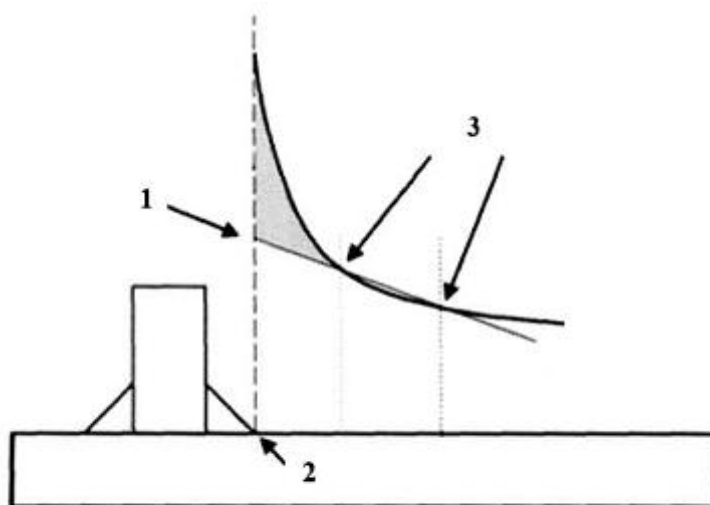
### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

15 Спосіб розрахунку зварних вузлів мостових конструкцій на витривалість за локальними напруженнями, який включає в себе побудову скінченноелементної моделі мостової конструкції за запропонованою методикою, визначення локальних напружень в зварних вузлах, призначення розрахункових характеристик опору втомі, який **відрізняється** тим, що застосовують скінченноелементну модель мостової конструкції із "абсолютно жорсткими тілами" у вигляді плоских перерізів, в елементах визначають локальні напруження на відстані

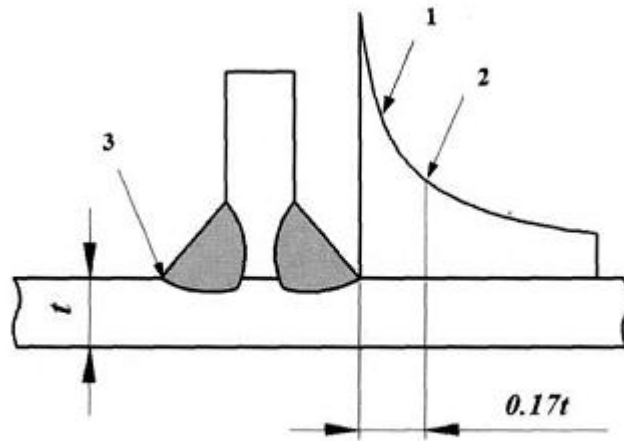
20 0,17 t (t - товщина основного металу) від лінії сплавлення зварного шва, і використовують теоретичні коефіцієнти концентрації напружень  $\alpha_{0,17t}$ , за допомогою яких здійснюють переведення кривих втомі із номінальних напружень в локальні.



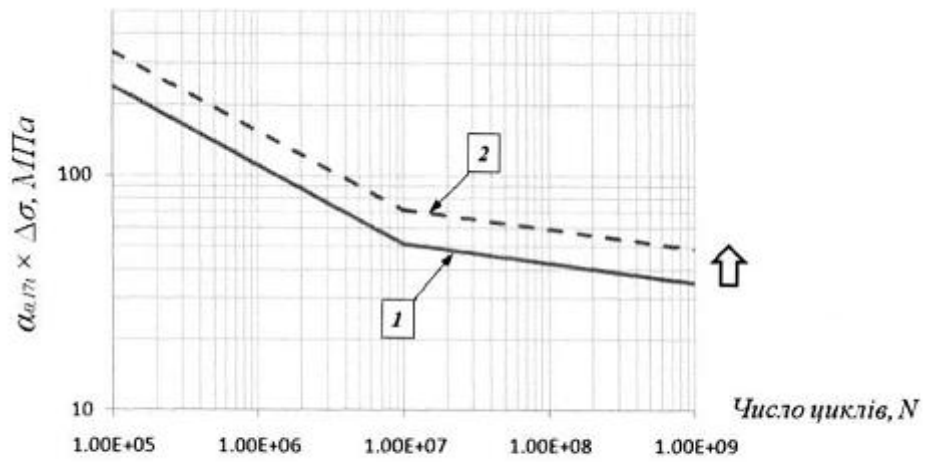
Фиг. 1



Фиг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4

Тип зварного з'єднання	Значення коефіцієнтів $\alpha_{0.17t}$
 Таврове і хрестоподібне з'єднання	1.1
 З приваркою поздовжнього ребра	1.4 для $L \leq 100\text{мм}$ 1.25 для $L > 100\text{мм}$

Фіг. 5

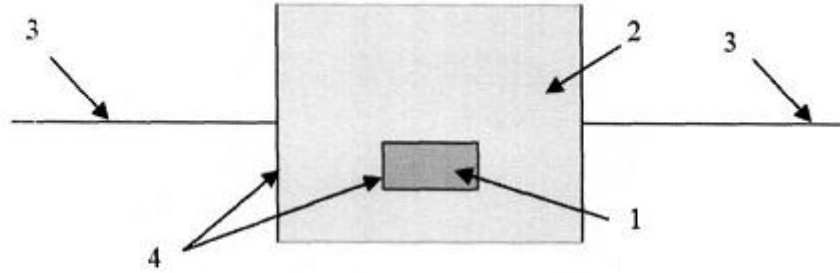


Fig. 6

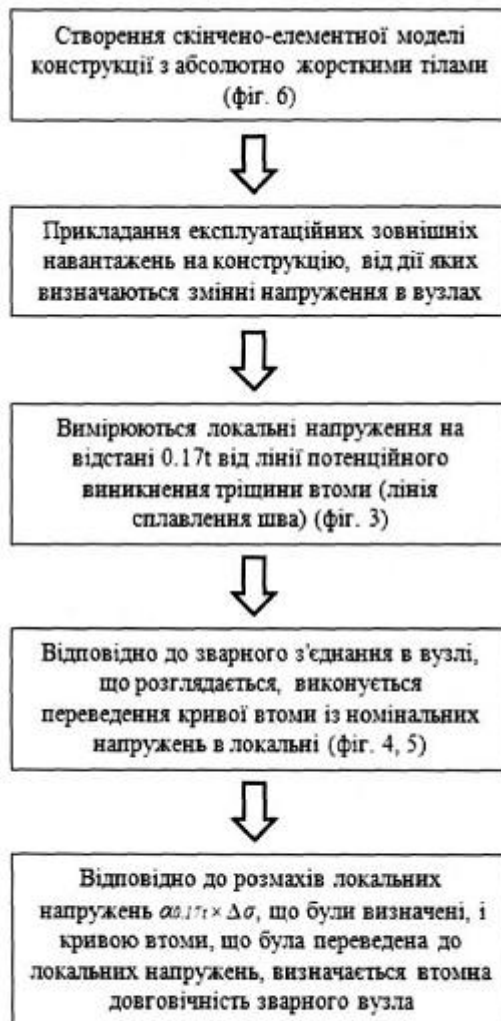


Fig. 7