ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертаційну роботу **Молтасова Андрія Валерійовича**
«Побудова ефективних інженерних оцінок напружень в зонах концентрації тонколистових стикових зварних з'єднань»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла

В представленій роботі були досліджені закономірності розподілу напружень в зонах переходу від металу шва до основного металу тонколистових стикових зварних з'єднань, викликаних прикладенням зовнішнього навантаження, в залежності від розмірів та конфігурації зварного шва. Метою роботи було одержання функціональних залежностей для розрахунку напружень в зонах концентрації розглядуваних з'єднань, виконаних зварюванням плавленням, з урахуванням конструктивного ексцентриситету прикладення осьового навантаження на ділянці зі швом та інших ефектів, пов'язаних із розмірами та взаємним положенням лицьового підсилення та кореня шва.

1. Ступінь актуальності обраної теми. Міцність деталей та елементів конструкцій зі зварними швами в значній мірі визначається геометрією їх форм, наявністю залишкових локальних напружень та їх концентрацією. Величина цих напружень залежить від конструктивної форми спряження окремих елементів та їх термопружною невідповідністю, що впливає на міцність зварних конструкцій. Змінні навантаження, що виникають при цьому, можуть викликати втомне руйнування цих конструктивних елементів. Втомне руйнування відрізняється від статичного тим, тому що воно може бути наслідком прикладення невисоких напружень, іноді значно менших за границю текучості, але зазвичай воно відбувається без помітної попередньої пластичної деформації. Таким чином, ефект вирівнювання напружень після досягнення границі текучості відсутній, тому циклічні навантаження чутливі до концентрації напружень, а різного роду виточки, галтелі, отвори, надрізи, переходи від зварних швів до основного металу тощо являються потенціальними місцями передчасного зародження втомних тріщин. Наявні на сьогоднішній день методи визначення напруженого стану в околі виступів, подібних за формою до стикового зварного шва, так чи інакше, стосуються односторонніх виступів або виступів, симетричних відносно лінії прикладення навантаження. Однак при розрахунку напружень на кореневій стороні стикового зварного з'єднання з асиметричним швом необхідно враховувати збільшення поперечного перерізу за рахунок підсилення на лицьовій стороні з'єднання та напруження згину, що виникають внаслідок ексцентриситету прикладання осьового навантаження на ділянці зі швом, які у випадку тонколистових з'єднань чинять суттєвий вплив на розподіл напружень в околі кореня шва. Тому знаходження ефективних рішень щодо визначення напружень в тонколистових стикових зварних з'єднаннях з асиметричним швом з урахуванням зазначених вище факторів на сьогоднішній день є актуальною проблемою в області міцності, надійності та довговічності зварних конструкцій.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій. Достовірність отриманих результатів роботи забезпечується математично строгою побудовою інтегральних рівнянь рівноваги напружень на ділянках ламаних перерізів, класичними методами їх інтегрування в квадратурах та виконанням умов однозначності напружень у точках зламу перерізів. Надійність висновків підтверджується узгодженістю значень теоретичних коефіцієнтів концентрації напружень, розрахованих за запропонованими формулами, з експериментальними результатами та чисельними розрахунками.

3. Новизна результатів. Наукова новизна дисертаційної роботи Молтасова А.В. полягає у розробці комплексного методу розрахунку напружень в зонах концентрації стикових зварних з'єднань, побудованого на модифікованій гіпотезі ламаних перерізів. Серед найбільш вагомих нових наукових результатів слід виділити такі:

– удосконалено гіпотезу ламаних перерізів в частині взаємного переміщення перерізів в процесі деформації розтягування та згинання, що дозволило забезпечити умови однозначності напружень у точках зламу перерізів та отримати на її базі розрахункові формули для визначення напружень у стикових з'єднаннях, виконаних двостороннім зварюванням;

– вперше отримані функціональні залежності для розрахунку напружень в околі кореня шва стикового зварного з'єднання з асиметричним швом та запропоновано математичні формули для визначення коефіцієнта концентрації напружень на лінії його сплавлення з основним металом;

– у відповідності з модифікованою гіпотезою ламаних перерізів виявлено та досліджено взаємний вплив концентраторів напружень на протилежних сторонах тонколистового стикового зварного з'єднання на розподіл напружень;

– удосконалено метод еквівалентної густини енергії деформації в частині визначення питомої енергії пружної деформації, що дозволило враховувати залишкові напруження при визначенні максимальних напружень в зонах концентрації за межами пружності;

– надано наукове обґрунтування стосовно розрахунково-експериментального визначення границі обмеженої витривалості стикових з'єднань із залишковими зварювальними напруженнями в місцях розташування концентраторів.

Практична значущість результатів роботи полягає в тому, що запропоновані в ній математичні формули є зручними для інженерної практики і можуть легко бути використаними при проектуванні зварних конструкцій. Наприклад, такі оцінки використовувались при розрахунку та проектуванні зварної конструкції елементів системи димовідведення, які були впроваджені в експлуатацію на Ладижинській ТЕС ПАТ «ДТЕК Західенерго» замість імпортних аналогів, виготовлених гнуттям.

4. Повнота викладу в наукових публікаціях. Основні наукові результати, положення та висновки дисертаційної роботи викладені у 25 друкованих працях, серед яких: 7 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 3 статті у

наукових періодичних виданнях інших держав; 8 статей у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та Scopus, з них 6 віднесені до третього квартиля (Q3) та 2 – до четвертого квартиля (Q4). Результати дисертації апробовані на 7 наукових фахових конференціях, серед яких 4 міжнародних. Кількість, якість та рівень фахових публікацій повністю задовольняють вимоги МОН України, що висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора наук.

5. Академічна доброчесність. Дисертація є оригінальним науковим дослідженням. Аналіз тексту засвідчує абсолютну відсутність академічного плагіату чи фабрикації даних. Усі запозичення мають коректні посилання на першоджерела, а внесок здобувача у спільних публікаціях є ключовим та не викликає сумнівів.

6. Зауваження та дискусійні питання. Високо оцінюючи загальну строгість постановок розглянутих задач та математичний апарат дисертаційної роботи, вважаю за необхідне звернути увагу на низку дискусійних питань та висловити наступні зауваження:

1.Треба було зауважити , що форма та розміри підсилень шва, які суттєво впливають на розподіл напружень, залежать від параметрів технологічного процесу зварювання.
2.Автор не враховує утворення неоднорідністі структури зварного з'єднання та ЗТВ після кристалізації рідкої фази у шві та охолодження.
3.Не розглянутий випадок виникнення ексцентриситету при несінхронному русі теплових джерел при одночасному зварюванні листів з двох боків .
4. При визначенні напружень від зовнішнього навантаження автор не враховує утворення неоднорідності структури зварного з'єднання та зони термічного впливу після кристалізації рідкої фази у шві та охолодження. Бажано було б порівняти ступінь впливу факторів зміни механічних властивостей у шві та форми і ексцентриситету підсилень шва на рівень концентрації напружень.
5. На сторінці 37 дисертації вживається термін «поверхневі залишкові напруження», однак про що саме йдеться мова з тексту дисертації незрозуміло.
6. Не розглянутий випадок виникнення ексцентриситету при несинхронному русі теплових джерел при одночасному зварюванні листів з двох боків.
7. На рисунку 3.6 і далі по тексту вказано, що зображено розподіли напружень, хоча насправді на них зображено розподіл ККН.
8. Бажано було б порівняти ступень впливу факторів зміни механічних властивостей у шві та форми і ексцентриситету підсилень шва на рівень концентрації напружень ;
9.С.78. Порівнювати концентрацію напружень у підсиленнях швів із різними кутами спряження із площиною листа $0 \le \Theta \le 90$, які формуються при суттєво різних технологічних параметрах процесу, тобто відповідають різним структурним станам і властивостям металу шву та ЗТВ ;

10.Рисунки із сіткою дискретизації (рис.4.7, 4.15, 4.20), за відсутності інформативності, зайві;
11.Рисунок 6.25 із зображенням загального вигляду випробувальної машини - зайвий.

Проте, висловлені вище зауваження не зменшують загального позитивного враження від роботи і отриманих в ній результатів.

7. Загальний висновок. Робота **МОЛТАСОВА Андрія Валерійовича** «Побудова ефективних інженерних оцінок напружень в зонах концентрації тонколистових стикових зварних з'єднань» є завершеною науковою працею, яка виконана на високому науковому рівні з використанням сучасних методів дослідження. Вона містить великий об'єм експериментальних результатів та їх теоретичну інтерпретацію. В результаті досліджень виконаних автором вирішена важлива науково-технічна проблема, яка полягає у визначенні впливу ексцентриситету верхнього та нижнього посилень зварних швів відносно площини з'єднання та площини дії прикладених зусиль на концентрацію напружень, міцність і втомний ресурс зварного з'єднання. Актуальність теми, науковий рівень проведених досліджень та публікацій, наукова та практична цінність дисертаційної роботи «Побудова ефективних інженерних оцінок напружень в зонах концентрації тонколистових стикових зварних з'єднань» повністю відповідають вимогам «Порядку присудження і позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №1197 від 17.11.2021р. (зі змінами), а її автор **МОЛТАСОВ Андрій Валерійович** заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Офіційний опонент
член-кореспондент НАН України,
доктор технічних наук, професор
завідувач відділу комп'ютерного моделювання
та механіки композиційних матеріалів
Інституту надтвердих матеріалів
ім. В.М. Бакуля НАН України Анатолій МАЙСТРЕНКО

Власноручний підпис Майстренка А.Л. засвідчую:

Учений секретар Інституту надтвердих
матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України
кандидат технічних наук,
старший дослідник Володимир СМОКВИНА