

УДК 004.2

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF FLANGE CONNECTION CALCULATION USING THE FEM AND CFEM METHODS

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ ФЛАНЦЕВОГО З'ЄДНАННЯ МЕТОДОМ МСЕ ТА КМСЕ

Maksymiuk Y.V. / Максим'юк Ю.В.*d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-5814-6227

*Kyiv National University of Construction and Architecture,**Kyiv, Povitrianykh Syl Avenue, 31, 03037**Київський національний університет будівництва і архітектури,**Київ, проспект Повітряних Сил, 31, 03037***Mytsiuk S.V. / Мицюк С.В.***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-6481-4036

*Kyiv National University of Construction and Architecture,**Kyiv, Povitrianykh Syl Avenue, 31, 03037**Київський національний університет будівництва і архітектури,**Київ, проспект Повітряних Сил, 31, 03037***Mytsiuk D.V. / Мицюк Д.В.***PhD student / аспірант.*

ORCID: 0000-0002-3583-8052

*Kyiv National University of Construction and Architecture,**Kyiv, Povitrianykh Syl Avenue, 31, 03037**Київський національний університет будівництва і архітектури,**Київ, проспект Повітряних Сил, 31, 03037*

Анотація. У роботі виконано розрахунок фланцевого болтового з'єднання круглих труб із застосуванням програмних комплексів ЛІРА-САПР та IDEA StatiCa. Проведено порівняльний аналіз результатів моделювання, отриманих за методом скінченних елементів у просторовій постановці (МСЕ) та компонентним методом скінченних елементів (КМСЕ). Розглянуто особливості роботи з'єднання під дією згинального моменту та проаналізовано відмінності у напружено-деформованому стані та зусиллях у болтах, визначених різними підходами.

Ключові слова: метод скінченних елементів, компонентний метод скінченних елементів, IDEA StatiCa, фланцеве болтове з'єднання, дія згинального моменту, порівняльні розрахунки Ліра Сапр та IDEA StatiCa

Abstract. The work has performed the calculation of flange bolted connection of round pipes using the LIRA-SAPR and IDEA StatiCa software packages. A comparative analysis of the modeling results obtained by the finite element method in spatial formulation (FEM) and the component finite element method (CFEM) has been carried out. The features of the connection under the action of a bending moment have been considered and the differences in the stress-strain state and forces in the bolts determined by different approaches have been analyzed.

Key words: Finite element method, component-based finite element method, IDEA StatiCa, flange bolted connection, action of bending moment, comparative calculations of Lira Sapr and IDEA StatiCa.,

Вступ.

Круглі сталеві труби широко застосовуються в будівництві та енергетичних спорудах, де для їх з'єднання часто використовують фланцеві болтові вузли. Болти рівномірно розташовуються по периметру труби, що дозволяє ефективно передавати осьові та згинальні зусилля без послаблення перерізу.

Актуальність дослідження пов'язана з необхідністю точного аналізу напружено-деформованого стану таких вузлів, особливо при дії згинальних моментів. Для цього використано два розрахункові комплекси на основі методу скінченних елементів: ЛІРА-САПР та Idea StatiCa Connection, де останній реалізує компонентний метод скінченних елементів (КМСЕ).

Метою роботи - визначення НДС фланцевого болтового з'єднання круглих труб під дією згинального моменту та порівняння отриманих результатів, зокрема напружень і зусиль у болтах, між МСЕ та КМСЕ.

Основний текст

Розглядається фланцеве болтове з'єднання двох труб діаметром $D_{тр} = 762$ мм з товщиною стінки $t_{тр} = 6$ мм. Товщина фланців прийнята $t_{ф} = 40$ мм (кільцевий тип), зовнішній радіус – $R_{ф} = 459$ мм, внутрішній – за внутрішньою гранню труби. Радіус розміщення болтів становить $R_{б} = 423$ мм. Використано болти М24 класу міцності 10.9, кількість – 24 шт, розташовані рівномірно по колу.

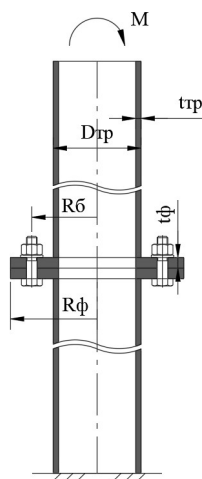


Рисунок 1 – Загальний вигляд з'єднання

До конструкції прикладено згинальний момент $M = 750 \text{ кН}\cdot\text{м}$, що діє відносно центральних осей однієї труби, тоді як інша труба жорстко закріплена. Матеріал труб та фланців – сталь S355, модуль пружності $E = 2.06 \times 10^5 \text{ МПа}$, коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,3$.

Було проведено розрахунок на основі МСЕ у ЛІРА-САПР у просторовій постановці з використанням універсальних оболонкових чотирикутних елементів. Для порівняння проведено розрахунок з'єднання за компонентним методом скінченних елементів (КМСЕ) в програмі Idea StatiCa.

Отримані результати розрахунку за МСЕ та КМСЕ демонструють високу збіжність. Максимальне зусилля розтягу в найбільш навантаженому болті становить: за МСЕ – 217 кН, за КМСЕ – 239,6 кН.

Порівняння еквівалентних напружень також показує близькі значення: 337 МПа (МСЕ) та 355 МПа (КМСЕ). Характер розподілу напружень у двох розрахункових підходах є подібним (рис. 2–3).

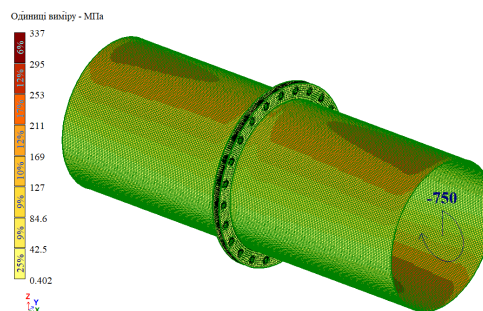


Рисунок 2 – Еквівалентні напруження МСЕ

Авторська розробка

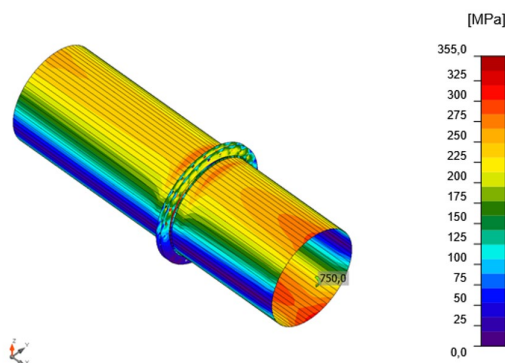


Рисунок 3 – Еквівалентні напруження КМСЕ

Авторська розробка

Висновки.

Отримані результати розрахунків показують, що напруження, визначені за методом скінченних елементів (МСЕ) та компонентним методом скінченних елементів (КМСЕ), демонструють відносно невелику різницю. Це підтверджує можливість отримання задовільної збіжності між двома підходами. З'єднання забезпечує ефективне сприйняття згинального моменту, а одержані значення напружень за МСЕ та КМСЕ можуть бути використані для подальшого детального аналізу напружено-деформованого стану та дослідження найбільш напружених елементів вузла, таких як болти та зварні шви, з урахуванням можливих початкових і набутих дефектів. Це є важливим при оцінці несучої здатності з'єднання.

Література:

1. Мицюк С.В., Максим'юк Ю.В., Мицюк Д.В. Порівняльний аналіз результатів розрахунку фланцевого з'єднання методом МСЕ та КМСЕ // *Modern engineering and innovative technologies*. – Issue №40, Part 2, June 2025. – С. 88-96.
2. Програмний комплекс ЛІРА-САПР. Приклади розрахунку і проектування.К.;https://www.liraland.ua/download/private/lira/2023/lira_sapr_examples_ua.pdf
3. IDEA StatiCa Connection, software package designed. Bolted connection - Interaction of shear and tension. <https://www.ideastatica.com/support-center/bolted-connection-interaction-of-shear-and-tension>

Статтю відправлено: 14.12.2025 г.

© Мицюк С.В.

УДК 538.9:620.3

GRAPHENE AS A KEY MATERIAL IN NANOSCIENCE: FROM THEORY TO PRACTICE

ГРАФЕН ЯК КЛЮЧОВИЙ МАТЕРІАЛ НАНОНАУКИ: ВІД ТЕОРІЇ ДО ПРАКТИКИ

Tatarchuk T. V. / Татарчук Т.В.*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-6408-0463

SPIN: 9539-7370

*Zaporizhzhia Polytechnic National University,**Zaporizhzhia, Zhukovskoho, 64, 69063**Національний університет «Запорізька політехніка»,**Запоріжжя, Жуковського, 64, 69063***Mokhnach R. E. / Мохнач Р. Е.***technical director/ технічний директор.*

ORCID: 0000-0001-5444-9119

*PJSC “Zaporozhye Plant of Electrical Apparatus”,**Zaporizhzhia, Pivdene Shosse St. 9, 69032**ПрАТ «Запорізький електроапаратний завод»,**Запоріжжя, вул. Південне шосе, 9, 69032***Nechaiev D. Y. / Нечаєв Д. Я.***PhD Student / Аспірант**Zaporizhzhia Polytechnic National University,**Zaporizhzhia, Zhukovskoho, 64, 69063**Національний університет «Запорізька політехніка»,**Запоріжжя, Жуковського, 64, 69063***Novokhatniy I. P. / Новохатній І. П.***PhD Student / Аспірант**Zaporizhzhia Polytechnic National University,**Zaporizhzhia, Zhukovskoho, 64, 69063**Національний університет «Запорізька політехніка»,**Запоріжжя, Жуковського, 64, 69063*

Анотація. В роботі розглядається основні етапи дослідження графену та його структури. Виявлено способи отримання та властивості матеріалу. Запропонований матеріал було літературно досліджено на відповідність критеріям необхідним для вивчення в умовах електромеханічного використання.

Ключові слова: графен, дослідження, властивості графену

Abstract. This paper examines the main stages of graphene research and its structure. The methods of obtaining the material and its properties are identified. The proposed material has been reviewed in the literature for compliance with the criteria necessary for study under electromechanical operating conditions.

Keywords: graphene, research, graphene properties

Вступ.

Стрімкий розвиток нанотехнологій у XXI столітті відкрив нові горизонти в матеріалознавстві, енергетиці, електроніці та біомедичних застосуваннях.