

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ФЛАНЦЕВОГО З'ЄДНАННЯ

Лях М.М.,¹ Дейнега Р.О.,² Михайлюк В.В.,³ Федорович Я.Л.⁴

¹ ІФНТУНГ, канд. техн. наук, професор, Україна

² ІФНТУНГ канд. техн. наук, доцент, Україна

³ ІФНТУНГ канд. техн. наук, доцент кафедри, Україна

⁴ ІФНТУНГ, здобувач першого (бакалаврського) рівня, Україна

Анотація. Трубопровідна арматура є невід'ємною складовою будь яких трубопровідних систем, починаючи від житлово-комунального господарства і закінчуючи системами з підвищеними вимогами до технічної безпеки. До останніх належать системи нафтогазовидобувних та нафтогазопереробних підприємств системи водопостачання теплових електростанцій, основні контури атомної електростанції тощо. У цих галузях промисловості висувається підвищені вимоги до міцності та надійності всіх елементів арматури, особливо фланцевих та різьбових з'єднань. Фланець є основним елементом з'єднання трубопровідних конструкцій, забезпечуючи міцне та щільне роз'ємне з'єднання. Фланцеві з'єднання прості за конструкцією, їх можна легко розбирати та складати. Існує велика кількість різноманітних конструкцій фланцевих з'єднань. Раніше спроби проектування фланців базувалися на грубих і простих припущеннях. Однак сьогодні для дослідження роботи фланцевих з'єднань застосовують сучасні методи, такі як метод скінченних елементів. Для цього використовується спеціалізоване програмне забезпечення, яке окрім розрахунку напружено-деформованого стану дозволяє прогнозувати довговічність з'єднань, знос від дії абразивного середовища тощо. Це значно прискорює проектування та дослідження фланцевих з'єднань, а й забезпечує високу точність отриманих результатів.

Ключові слова: нафтогазове обладнання, фланцеве з'єднання, фланець, імітаційне моделювання, метод скінченних елементів, напруження, контактний тиск.

Фланцеві з'єднання трубопроводів та різноманітного обладнання є одними із найпоширеніших типів з'єднань завдяки простоті конструкції, можливості розбирання та складання [1]. Проте, навіть незважаючи на те що вони на даний час є досить вивчені, вони таки потребують подальших досліджень та вдосконалень, особливо із врахуванням умов їх роботи.

Дослідження роботи фланцевих з'єднань та їх особливостей наведено у публікація [2, 3]. У них розглядаються як алгоритми проектування, аналітичні розрахунки та застосування методу скінченних елементів. Основну увагу зосереджено на те, що при проектуванні фланцевих з'єднань значна увага приділяється визначенню їх міцності, зміні герметичності внаслідок впливу зовнішніх факторів приділяється недостатня увага. Також у цих працях порівнюються результати імітаційного моделювання фланцевих з'єднань із аналітичними розрахунками та встановлено, що вони добре узгоджуються.

Метою даної роботи є дослідження напружено-деформованого стану елементів фланцевого з'єднання з врахуванням особливостей контактування труби із ґрунтом та горизонтального зусилля, яке може виникнути від впливу зовнішніх чинників.

Для виконання роботи побудовано модель фланцевого з'єднання, трубопроводу та ділянки ґрунту (рис. 1). На рисунку 2 показано стандартне фланцеве з'єднання яке містить на одному фланці кільцевий шип, на іншому – кільцевий паз та прокладку.

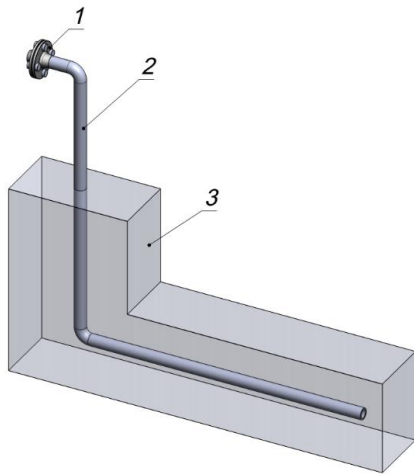


Рисунок 1 – Модель для дослідження
1 – фланцеве з'єднання; 2 – труба; 3 – ґрунт

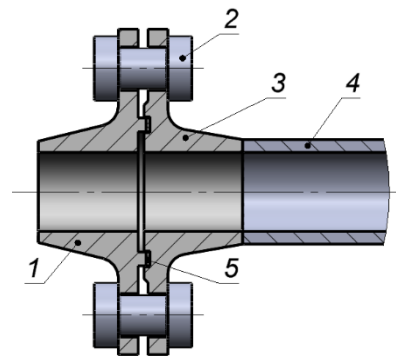


Рисунок 2 – Фланцеве з'єднання
1 – фланець з кільцевим шипом;
2 – шпилькове (болтове) з'єднання;
3 – фланець з кільцевим пазом; 4 – труба;
5 – кільцева фторопластова прокладка

Всі використані величини прийняті умовно для можливості розроблення алгоритму дослідження напружено-деформованого стану елементів фланцевого з'єднання.

У елементах моделі для дослідження прийнято властивості матеріалів, які подано у таблиці 1.

Таблиця 1

Властивості матеріалів

№ з/п	Матеріал	Модуль Юнга, Па	Коефіцієнт Пуассона
1	Сталь	200000000000	0,26
2	Фторопласт-4	833565250	0,2
3	Грунт 1	2900000	0,4

Для дослідження модель розбито на сітку скінченних елементів до якої застосовані окремі налаштування з метою її оптимізації для підвищення точності отриманих результатів.

На рисунку 3 показано розрахункову схему, згідно якої ґрунт 3 обмежений у переміщенні, а на фланець 1 діє переміщення у горизонтальному напрямку на величину 4 мм. При цьому труба 2 розміщена у ґрунті 3 з коефіцієнтом тертя близьким 1.

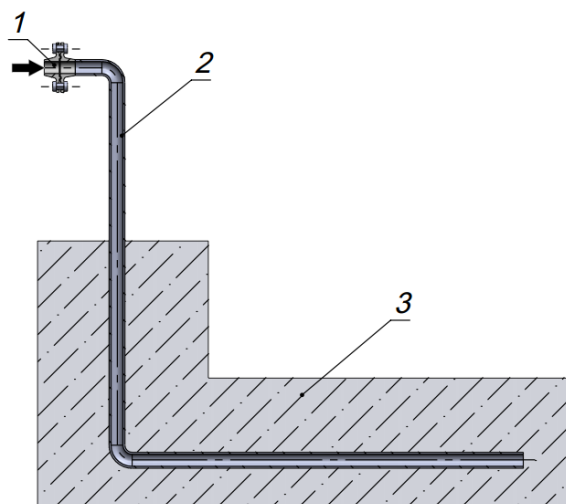


Рисунок 3 – Розрахункова схема. 1 – фланцеве з'єднання; 2 – труба; 3 – ґрунт

При дослідженні враховано тертя між елементами фланцевого з'єднання, який прийнято рівним 0,2.

Оскільки фланцеве з'єднання вибране з технічної документації на тиск 6 МПа, то прийнято, що контактний тиск на поверхні контакту «фланець-прокладка» має бути більшим за робочий у 1,5 рази. Тому для забезпечення герметичності з'єднання контактний тиск має бути не менше 9 МПа.

На першому етапі дослідження проведено визначення сили на шпильковому з'єднанні, при якій контактний тиск на поверхні контакту «фланець-прокладка» дорівнював 9 МПа.

На рисунку 4 показано розподіл контактного тиску на поверхні контакту «фланець-прокладка» при дії тільки осьового зусилля. У всіх контрольних точках величини контактного тиску є більшими 9 МПа.

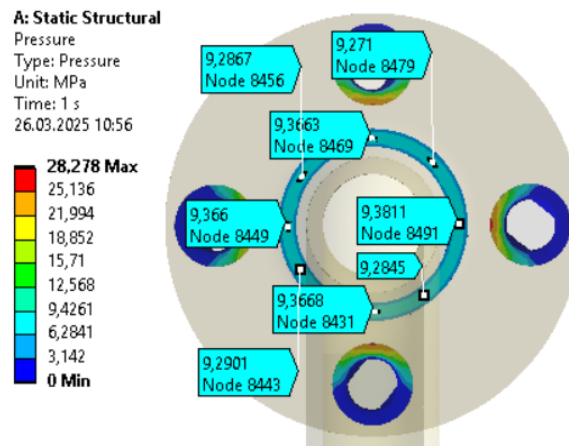


Рисунок 4 – Розподіл контактного тиску на поверхні контакту «фланець-прокладка»

На другому етапі дослідження проведено імітаційне моделювання з'єднання з врахуванням розрахункової схеми, яка наведена на рисунку 3. Розподіл контактного тиску за такої схеми навантаження показано на рисунку 5.

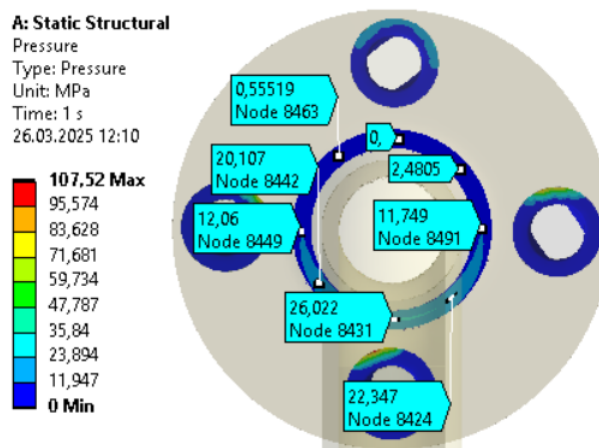


Рисунок 5 – Розподіл контактного тиску на поверхні контакту «фланець-прокладка»

Отже, за такої схеми навантаження відбувається перерозподіл контактного тиску на поверхні контакту «фланець-прокладка», з однієї

сторони він зростає до 22 МПа, а з іншої знижується до 0 МПа (рис. 5). Це означає, що таке з'єднання втратило герметичність.

Висновки. Встановлено, що на герметичність фланцевих з'єднань впливають в основному як конструктивні їх виконання, матеріали з яких виконані їх елементи, моменти згвинчування різьбових з'єднань та ряд зовнішніх факторів, а саме фізичних властивостей ґрунтів, які контактують з трубою, кліматичних умов тощо. Проте, окрім вищезгаданих чинників на герметичність таких з'єднань також впливають вібрації, що спричинені пульсацією тиску рідини чи газу, які в подальшому доцільно дослідити та враховувати під час проектування фланцевих з'єднань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мікульонок, І. О., Карвацький, А. Я., Іваненко, О. І., & Лелека, С. В. (2023). Фланцеві з'єднання обладнання і трубопроводів хімічної технології. Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, (2), 15–31. <https://doi.org/10.20535/2617-9741.2.2023.283516>
2. Khan, Niaz & Abid, Muhammad & Jameel, Mohammed & Wajid, Hafiz. (2015). Joint strength of gasketed bolted pipe flange joint under combined internal pressure plus axial load with different (industrial and ASME) bolt-up strategy. ARCHIVE Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part E Journal of Process Mechanical Engineering 1989-1996 (vols. 10.1177/0954408915614460
3. Elkhlaidy, Influence of flange geometric configuration and bolt stress on joint integrity during assembly using FEA, Int. J. Pres. Ves. Pip., № 202 DOI: 10.1016/j.ijpvp.2023.104912

RESEARCH OF THE STRESS-STRAIGHTENING STATE OF A FLANGE CONNECTION

Liakh Mykhailo, Deineha Ruslan, Mykhailiuk Vasyl, Fedorovych Yaroslav.

Abstract. *Pipe fittings are integral component of any pipeline systems, starting from housing and communal services farms and ending with systems with increased technical requirements security systems. The latter include oil and gas production and oil and gas refining enterprises systems water supply thermal power plants, main contours atomic power plants etc. In these industries industry is being put forward elevated requirements for strength and reliability all elements fittings, especially flanged and threaded connections. The flange is the main element connection pipeline structures, providing strong and dense detachable connection. Flanged connection simple in design, their can be easily disassembled and assembled. There are a large number various structures*

flanged connections. Previously attempts designing flanges were based on crude and simple assumptions. However today for research works flanged connections apply modern methods such as the finite element method elements. For this used specialized software provision, which in addition to calculation of the stress- strain state allows to predict durability joints, wear from effects of abrasive media etc. This much accelerates design and research flanged connections, but also provides high precision received results.

Keywords: *oil and gas equipment, flange connection, flange, simulation modeling, finite element method, stress, contact pressure.*

REFERENCE

1. Mikulionok I., Karvatskii, A., Ivanenko, O., & Leleka, S. (2023). Flange connections of chemical technology equipment and pipelines. Bulletin of NTUU «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Series «Chemical Engineering, Ecology and Resource Saving», (2), 15–31. <https://doi.org/10.20535/2617-9741.2.2023.283516>
2. Khan, Niaz & Abid, Muhammad & Jameel, Mohammed & Wajid, Hafiz. (2015). Joint strength of gasketed bolted pipe flange joint under combined internal pressure plus axial load with different (industrial and ASME) bolt-up strategy. ARCHIVE Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part E Journal of Process Mechanical Engineering 1989-1996 (vols. 10.1177/0954408915614460
3. Elkhlaidy, Influence of flange geometric configuration and bolt stress on joint integrity during assembly using FEA, Int. J. Pres. Ves. Pip., № 202 DOI: 10.1016/j.ijpvp.2023.104912