

# Переміщення елементів опорного вузла магістрального нафтопроводу

Андрій Дзюбик, Іван Хомич,  
Ярослав Шуптар

Кафедра зварювального виробництва, діагностики та відновлення металоконструкцій, Національний університет "Львівська політехніка", УКРАЇНА, м. Львів, вул. С. Бандери, 12, E-mail: ivankhomych\_@ukr.net

*Abstract – We consider the deformation element reference node pipeline during it's operation. Completed three-dimensional parametric modeling support for different types of design. A method interface elements support that provides real conditions of work. Analysis of the load acting on the structure and developed a model for calculating the finite element method. Calculation of the reference node for various reactions of support from 25 kN to 215 kN. Characteristic displacements of control points in the reference section of the site. Powered graphical relationship between the value of the reaction and movement in the control points . Shown that the magnitude of the excess load on the support of the project value can be monitored largest displacements.*

*The experimental verification of individual data calculation of cross-sectional deformation of the pipe when it is compressed.*

Ключові слова – магістральний трубопровід, опорний вузол, труба, підкладка, переміщення, реакція опори.

## I. Актуальність досліджень та аналіз літературних даних

Сучасний трубопровідний комплекс є складною інженерною спорудою, яка характеризується значним просторовим розташуванням та інженерно-геологічними умовами функціонування. Він містить ряд окремих об'єктів, що забезпечують транспортування, супроводження та безперервність експлуатації. Зокрема це лінійна частина магістральних трубопроводів, яка при подоланні природних та штучних перешкод часто передбачає надземні одно- та багатопрогонові балкові переходи. На таких ділянках руйнування матеріалу труб призводить до попадання транспортованого продукту в навколишнє середовище. Зумовлено це виникненням додаткових напружень в результаті відхилення поздовжньої осі трубопроводу при спорудженні або в процесі експлуатації від передбачуваного проектом розташування [1, 2]. При цьому найбільші зусилля, зазвичай, виникають на опорах. Аналіз літературних даних [3-5] показує, що деформації елементів трубопроводу в опорних вузлах є пов'язаними із діючими на них навантаженнями, реакціями опор. Знаючи ці величини, можна з урахуванням основних вимог і рекомендацій чинних нормативних документів, розв'язувати задачу про багатопрогонову балку-оболонку, що знаходиться під дією внутрішнього тиску, поперечних зосереджених сил і розподіленого навантаження та поздовжньої сили, якою моделюється магістральний трубопровід [2-5].

В зв'язку з цим важливо розвивати перспективні напрямки експериментально-розрахункового визначення

навантажень в конструкції надземного переходу, тобто за доступною інформацією про переміщення обчислювати напруження в його довільній точці, а отже прогнозувати ресурс магістрального трубопроводу загалом.

## II. Мета досліджень

Дослідження впливу величини навантажень в опорному вузлі магістрального трубопроводу на переміщення його окремих елементів.

## III. Основний матеріал

В роботі вивчалися опорні вузли, які використовуються для прокладання надземних ділянок лінійної частини магістральних нафтопроводів діаметром 720 мм. Зокрема опори, які містять підкладки циліндричного типу, із можливістю зміщення в горизонтальному напрямі. Вони можуть щільно прилягати до тіла труби, відтворюючи її контур або відставати по краях на деяку величину. Застосовувалося тривимірне моделювання елементів опорного вузла з допомогою програмного комплексу SolidWorks із наступним розрахунком методом скінченних елементів (рис. 1).

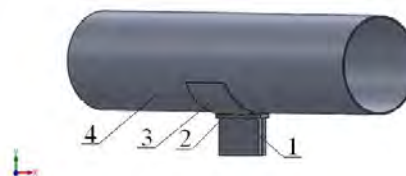


Рис. 1. Опорний вузол із прилягаючою підкладкою: 1-опорний елемент; 2- опорна плита; 3- циліндрична підкладка; 4- труба

Попередні дослідження показали, що у випадку несиметричного прикладання зусиль або в'язів можливе «зміщення» окремих елементів в процесі виконання розрахунків. При цьому такі ефекти в реальних умовах експлуатації не спостерігаються. Тому була розроблена спеціальна методика геометричного моделювання. Вона полягає в об'єднанні елементів конструкції через спільні точки, які їх зафіксують (рис. 2). При розрахунках це дає змогу уникнути виникнення не характерних для опорного вузла переміщень.

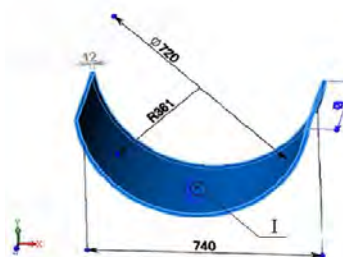


Рис. 2 Циліндричний елемент підкладки: I – спільна точка між трубою та елементом

Приймалося, що на стінки труби і на опору постійно діють вага конструкції, вага нафти, внутрішній тиск нафти (густина  $\rho_n=895$  кг/м<sup>3</sup>) та навантаження, які зумовлені вертикальним зміщенням опори (рис. 3,а).

Останні в роботі моделювалися шляхом прикладання на торцях труб додаткових сил в межах 25 – 215 кН. Числові дослідження проводилися для труб, що використовуються у магістральних нафтопроводах (ТУ 14-3-109 – 73). Значення густини матеріалу труби  $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$ , модуль пружності  $E = 206000 \text{ МПа}$  та коефіцієнт Пуассона  $\nu = 0,3$  вибиралися у відповідності з рекомендаціями СНиП 2.05.06-85.

Здійснювався постійний контроль величини деформування характерних точок конструкції (рис. 3, б): ЦВ – циліндричний елемент підкладки, вертикально; ЦГ – циліндричний елемент підкладки, горизонтально; ТСГ – труба по середині, горизонтально; ТВВ – труба вертикально, верх; ТВН – труба вертикальна, в нижній частині.

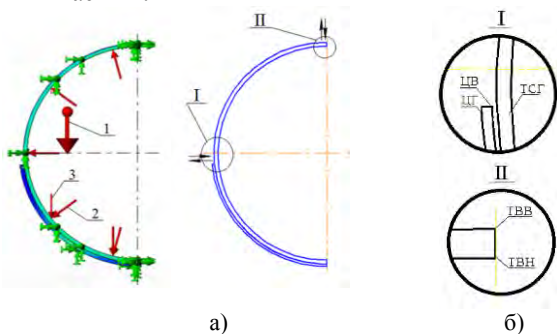


Рис. 3 Поперечний переріз розрахункової моделі опори:  
а) прикладання зусиль та в'язей: 1 – сила тяжіння; 2 – внутрішній тиск; 3- сила, зумовлена вагою нафти.  
б) положення характерних контрольних точок

Розглянуто два випадки положення циліндричної підкладки, які умовно можна розділити на наступні типи за конструктивним виконанням:

- прилягаюча до труби (в роботі позначено як тип А);
- край підкладки на відстані 8 мм від труби (тип Б).

Площини контактування між підкладкою і трубою однакові для обох випадків. Результати обчислень показані на рис. 4

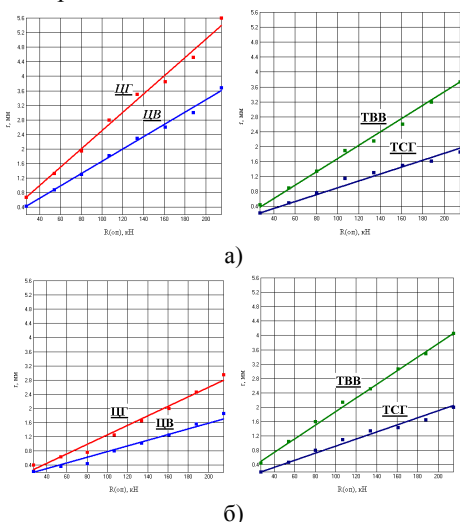


Рис. 4. Переміщення характерних точок в перерізі опорного вузла: а) підкладка типу А; б) підкладка типу Б

Значення ТВН співпадають із ТВВ, тому не наведені. Як бачимо, переміщення характерних точок для різних типів підкладок суттєво відрізняється.

Зокрема для типу А вищі значення спостерігаються для точок ЦВ та ЦГ (більш інформативним є переміщення ЦГ), а для типу Б – для точки ТВВ. Тому при дослідженні реальної конструкції опорного вузла слід спочатку визначити його тип. Далі зафіксувати характерні точки для контролю реакції опори. Здійснити необхідні вимірювання.

Встановлено, що зростання площі приводить до зменшення переміщень характерних точок.

Перевірку достовірності отримуваних розрахункових результатів виконано експериментально із застосуванням методу електротензометрування. Використовувалися електричні тензорезистори із базою 20 мм та електричним опором 200 Ом. Отримані результати показали добру узгоджуваність (відхилення до 18 %).

## Висновки

В роботі запропоновано методику моделювання опори трубопроводу, яка більш повно відображає умови його експлуатації. Виконано розрахунок опорного вузла при різних реакціях опор. Встановлено характерні точки для контролю переміщень в перерізі опорного вузла. Показано, що визначення реакції опори можна здійснювати за величиною таких переміщень.

## References

- [1] I. V. Perun, Ed., *Magistralnye truboprovody v gornyh usloviyah* [Main pipelines in mountain terms]. – M. G. Nedra Publ., 1987.
- [2] B. S. Bilobran, A. R. Dzjubik, S. R. Yanovskiy, “Vpliv montazhnogo pruzhnogo zginu na napruzhenno-deformovaniy stan nadzemnyh perehodiv magistralnyh naftoprovodiv u gorah” [“Influence of assembling resilient bend is on the tensely-deformed state of aboveground transitions of main oilpipelines in mountains”], *Naftova i gazova promyslovist – Oil and gas industry*, no. 6, pp. 39-42, June 2012.
- [3] B. S. Bilobran, A. R. Dzjubik, V. P. Pavlyk “Napruzhenno-deformovaniy stan naftoprovodu pry yogo lokalnomu pidijmanni” [“Tensely deformed the state of oil pipeline at his local raising”], *Visnyk NU “LP” “Dynamika, mitnist ta proektuvannja mashyn i pryladiv” – Announcer NU “LP” “Dynamics, durability and planning of machines and devices”*. – Lviv: NU “LP”, no. 556, pp. 3-8, 2006.
- [4] B. S. Bilobran, A. R. Dzjubik, S. R. Yanovskiy, “Napruzhenno-deformovaniy stan nadzemnogo balkovogo perehodu v kozhusi magistralnogo naftoprovodu” [“Tensely-deformed state of the above-ground beampassing is to casing of main oil pipeline”], *Naftova i gazova promyslovist – Oil and gas industry*, no. 1, pp. 50 -52, Jan. 2010.
- [5] B. S. Bilobran, A. R. Dzjubik “Zabezpechennja mitsnosti nadzemnogo perehodu magistralnogo truboprovodu iz vrahuvannjam umov jogo sporudzennja” [“Providing of durability of above-ground transition of main pipeline recognition terms of his building”], *11 MSUIML – 11 ISUMEL*, May 15-17, 2013, Lviv, Ukraine. Lviv Vydavnytstvo Kinpatri LTD Publ. 2013. pp. 22–23.