

УДК621.643:622.69

**Зима О.Є.**, к.т.н., доцент

ORCID 0000-0001-7484-7755 zymaee@gmail.com

**Пахомов Р.І.**, к.т.н., доцент

ORCID 0000-0001-9169-8296 pahomov\_ri@ukr.net

**Жигилій С.М.**, к.т.н., доцент

ORCID 0000-0001-5829-9226, theormech.zhs@gmail.com

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

**Фарзалієв С.А.**, к.т.н., доцент

ORCID 0000-0002-9241-4424 sferzeli@gmail.com

Азербайджанський університет архітектури та будівництва

## **АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ МАГІСТРАЛЬНОГО НАФТОПРОВОДУ ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ ІЗ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ**

*Робота присвячена актуальній проблемі модернізації і капітального ремонту ділянок магістральних трубопроводів по закінченню терміну експлуатації окремих елементів конструкції. Проведений аналіз особливостей технологічного процесу з'єднання існуючих частин трубопроводу із частинами, що наново укладаються. Виявлені фактори, які можуть призвести до перевищення допустимих рівнів напружень та деформацій сталеві конструкції магістрального трубопроводу під дією не експлуатаційних навантажень та вплинути на надійність конструкції в цілому.*

**Ключові слова:** магістральний нафтопровід, капітальний ремонт, надійність, напружено-деформований стан.

Zyma O.E., PhD, Associate Professor

ORCID 0000-0001-7484-7755 zymaee@gmail.com

Pahomov R.I., PhD, Associate Professor

ORCID 0000-0001-9169-8296 pahomov\_ri@ukr.net

Zhyhylyi S.M., PhD, Associate Professor

ORCID 0000-0001-5829-9226, theormech.zhs@gmail.com

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

Farzaliyev S.A., PhD, Associate Professor

ORCID 0000-0002-9241-4424 sferzeli@gmail.com

## **ANALITICAL INVESTIGATION OF MAIN OIL PIPELINE STRESS-STRAIN STATE DURING THE OVERHAUL REPAIR OPERATIONS**

*The work is devoted to the actual problem of modernization and overhaul repairs of main pipelines sections after the structure individual elements exploitation period. An analysis of the technological process features of connecting the pipeline existing parts with the newly parts was carried out. Factors that may lead to exceeding the permissible stresses and deformations of the steel main pipeline structure under the influence of non-operating loads and affect the reliability of the structure as a whole were detected. Evaluation and calculation of the steel main pipeline stress-strain state parameters with operational loads during the damaged pipeline area replacement were carried out in the article.*

**Keywords:** main oil pipeline, overhaul operations, reliability, stress-strain state.

Напружено-деформований стан конструкцій магістральних трубопроводів під час виконання монтажних робіт із капітального ремонту значно відрізняється від експлуатаційного. Розтягуючі напруження від тиску рідини, котра перекачується, відсутні, натомість мають місце згин ділянки трубопроводу, котрий створює напруження як розтягу, так і стиску.

Роботи по монтажу проводяться через закінчення терміну експлуатації окремих елементів конструкції трубопроводу. Невід'ємною складовою характеристикою стану конструкції під час таких робіт є значні вертикальні переміщення трубопроводу. Вони викликані необхідністю забезпечення технологічного процесу стикувальних та зварювальних робіт існуючих частин із частинами, що наново укладаються.

Дослідження дійсного напружено-деформованого стану з метою забезпечення допустимих рівнів напружень та деформацій сталеві конструкції магістрального трубопроводу під дією не експлуатаційних навантажень є важливим чинником для оцінки її надійності.

На сьогоднішній день в основному розраховується експлуатаційний напружено-деформований стан конструкції трубопроводу [1, 2], при цьому стану конструкції при нестационарних умовах роботи достатня увага не приділяється. Останнім часом ведуться спроби по оцінці надійності магістральних трубопроводів [3, 4]

Об'єктом капітального ремонту з вибірковою заміною труб була ділянка магістрального нафтопроводу Лисичанськ – Кременчук. Довжина ділянки сталевих магістрального нафтопроводу, котра підлягає заміні складає 632 м та являється підземною лінійною частиною. Зовнішній діаметр трубопроводу складає  $D_{зовн} = 1020$  мм, товщина стінки трубопроводу –  $\delta = 9$  мм. Трубопровід виготовлений зі сталі марки 12Г2С. Ділянка магістрального нафтопроводу знаходиться в заболоченій місцевості. В цьому районі простежується сезонне піднімання та опускання рівня ґрунтових вод на протязі всього року, що спричиняє негативний вплив на сам магістральний нафтопровід та безпосередньо на стан його ізоляції.

Для визначення ділянки, котра потребувала капітального ремонту та заміни було виконано спеціальну діагностику. Така діагностика включала очищення нафтопроводу від парафінових залишків, визначення мінімально-прохідного діаметру, за допомогою приладів магнітоскану та ультраскопу визначення пошкоджень тіла труби (внутрішні та зовнішні дефекти, їх просторове розміщення) та пошкоджень зварних швів. На основі цих результатів прийнято рішення про капітальний ремонт з вибірковою заміною труб ділянки магістрального нафтопроводу.

Для забезпечення технологічних умов стикування заміненої ділянки магістрального трубопроводу із існуючою ділянкою необхідна вільна довжина нафтопроводу до 100 м. Це обумовлено значними розмірами поперечного перерізу труби та власною вагою труби. Оскільки, за умовами монтажу, в крайній точці нової частини нафтопроводу необхідно досягти кута повороту, що дорівнює 0, та підняти вільний кінець трубопроводу над існуючою частиною на 20 см, використовують три трубоукладачі. Їх використовують для того, щоб досягти паралельності нової та існуючої частин магістрального трубопроводу у вертикальній площині, тобто консольна частина під дією власної ваги викривляється і стає паралельна до існуючого нафтопроводу. Тому монтажними переміщеннями будемо вважати переміщення нової частини трубопроводу у місці стикування на 1,2 м. Із довжини 100 м вільної ділянки нафтопроводу внаслідок значної довжини піднятої частини та значної власної ваги конструкції трубопроводу три трубоукладачі Д-355 підіймають лише частину ділянки, довжина якої складає 85 м.

Були прийняті наступні передумови розрахунку:

– кут повороту у кінці консольної ділянки трубопроводу, який буде з'єднуватись із існуючою частиною (точка 5) рівний 0,  $\varphi_5 = 0$  ;

– вертикальне переміщення кінця консольної ділянки трубопроводу в т.5 складає 1,2 м,  $f_5 = 1.2$  м ;

– частина ділянки трубопроводу, яка спирається на ґрунт основи (від т.0 до т.1) рівна 15м;

– кут повороту та переміщення у т.1 рівні 0,  $\varphi_1 = 0$ ,  $f_1 = 0$  м .

Прийняте зусилля у третьому трубоукладачі прийняте за показами динамометру під час фіксації частини трубопроводу у технологічно необхідному положенні.

За переміщень на кінці консольної частини ділянки магістрального трубопроводу можна побудувати графік переміщень вісі магістрального трубопроводу при монтажній операції.

Максимальним згинальний момент виникає в точці 1 – точці відриву магістрального трубопроводу від дна траншеї. Він дорівнює значенню  $M_{\max} = 1510$  кН · м. Відповідно максимальні напруження, що виникають у

магістральному трубопроводі складають  $\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} = 279$  МПа.

**Висновки.** У результаті проведеної оцінки напружено-деформованого стану ділянки магістрального нафтопроводу при проведенні заміни його частини встановлено, що максимальні напруження у трубопроводі від монтажних навантажень досягають значень 81 % від межі текучості сталі.

Зважаючи на це, зроблено висновок, що відхилення від технологічної схеми монтажу (зменшення довжини монтажної ділянки, збільшення навантаження від трубоукладачів, зміна їх розташування) може призвести до перевищення напруженнями межі текучості сталі  $R_y$  та вплинути на надійність конструкції в цілому.

#### **Література**

1. Айбиндер А.Б. Расчет магистральных и промышленных трубопроводов на прочность и устойчивость: справочное пособие. / А.Б. Айбиндер. – М.: Недра, 1991. – 287 с.
2. Царинник О.Ю. Металеві конструкції. Спецкурс: навчальний посібник. / О.Ю. Царинник – Л.: Вид - во «Бескид Біт», 2004. – 304 с.
3. Pichugin S.F. Method for Reliability Estimation of the Main Pipeline Steelwork Structure / S.F. Pichugin, O.E. Zyma // Metal structures. – Vol. 20, No. 2, 2014. – pp: 77-87.
4. Pichugin S. Reliability Level of the Buried Main Pipelines Linear Part / S. Pichugin, O. Zyma, P. Vynnykov // Recent Progress in Steel and Composite Structures – Proceedings of the 13th International Conference on Metal Structures, ICMS 2016. – pp: 551–558.
5. DOI: 10.1201/b21417-76