

УДК 622.691.4

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОПУСТИМОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ДІЛЯНОК МАГІСТРАЛЬНИХ НАФТОПРОВІДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПЕРЕКРИВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

**Т. Я. Додик, Ю. Г. Мельниченко,
Г. Г. Мельниченко, О. М. Марчук**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу;
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15;
e-mail: ymelnychenko@iung.edu.ua*

Обґрунтована проблема звільнення від продукту ділянок магістральних нафтопроводів на період проведення їх ремонту. Запропоновано технологію локалізації ділянок нафтопроводів. Обґрунтовано конструктивні особливості запропонованого пристрою та досліджено його герметичність.

Ключові слова: *витіснення нафти, азот, ремонт нафтопроводів, перекривальний пристрій, герметичність*

Магістральні нафтопроводи потребують виконання ряду робіт щодо підтримання їх технічного стану. Технологія заміни ділянок нафтопроводів у нормальних та складних умовах транспортування відпрацьована протягом багаторічної практики експлуатації магістральних нафтопроводів. Однак, підвищення вартості енергоносіїв змушують переглядати звичні способи виконання ремонтних робіт в напрямку підвищення їх ефективності. Тому детальна увага статті приділена звільненню ділянок магістральних нафтопроводів від продукту на період їх ремонту із зупинкою транспортування.

За можливості, продукт на період ремонту направляється у резервуари на суміжних насосних станціях самопливом. Якщо це неможливо, то для звільнення ділянок магістральних нафтопроводів від продукту можуть застосовуватись наступні методи [1, 2]:

- відкачування нафти за засувку, перевальну точку або в сусідній нафтопровід;
- відкачування або скидання нафти пересувні ємності або земляні амбари;
- витіснення нафти селевими поршнями;
- витіснення нафти газоподібним азотом;
- комбінованим способом.

Перший спосіб є найбільш економічним, однак має дуже обмежені сфери застосування, оскільки потребує сприятливої інфраструктури ділянок, які підлягають випорожненню.

Випорожнення ділянок магістральних нафтопроводів у ємності може бути використане у будь-яких умовах, однак їх застосування є небажаним, оскільки потребує значних витрат, пов'язаних із транспортуванням продукту (у випадку використання пересувних ємностей) або з ліквідацією екологічних наслідків тимчасового зберігання продукту у відкритих ємностях. Крім того, застосування таких методів є недоцільним на ділянках, які прокладені у заводненій чи заболоченій місцевостях.

Більш універсальним і інноваційним витіснення з використанням азотних установок.

Існують різноманітні технології витіснення нафти газоподібним азотом, зокрема шляхом витіснення продукту за напрямком руху продукту [2, 4] або з використанням бі-дирекційних очисних засобів [3]. Наповнення азотом ділянок нафтопроводів здійснюється між суміжними лінійним засувками, що вимагає генерування значної кількості азоту, оскільки відстань між суміжними лінійними засувками на магістральних нафтопроводах є значною. Витрата пального на генерацію азоту на типових сучасних мобільних азотних компресорних станціях може сягати до 80 кг/год. При цьому продуктивність отриманого газоподібного азоту за умов входу повітря в установку складає 800 м³/год. Приведені характеристики пересувних азотних станцій вказують на те, що процес наповнення ділянок магістральних нафтопроводів є дуже затратним з точки зору витрати пального. Враховуючи високу вартість пально-мастильних матеріалів постає проблема обґрунтування доцільності впровадження заходів щодо скорочення витрат ресурсів, пов'язаних із витісненням нафти з порожнини ділянок магістральних нафтопроводів на період проведення на них ремонтних робіт.

Мета дослідження полягає в модернізуванні технології заміщення нафти газоподібним азотом та обґрунтування допустимості запропонованих рішень.

Відомий метод локалізації витоків газу на магістральних газопроводах [6]. Даний пристрій взято як прототип пристрою для локалізації ремонтваних ділянок магістральних нафтопроводів (рис. 1).

Технологія локалізації ділянок магістральних нафтопроводів полягає в наступному. Після зупинки нафтопроводу здійснюється встановлення положення зупиненого пристрою на трасі з використанням радіомаяка, яким обладнаний пристрій. За результатами визначення місця зупинки пристрою розробляється шурф і у відповідному місці на поверхні нафтопроводу облаштовується патрубковий метод безвогневого врізання. На відміну від пристрою, який взято за прототип, позиціонування перекривального пристрою в нафтопроводі повинно відбутись шляхом розпирання гальмівних елементів пристрою середовищем під тиском в пристрої. Джерелом енергії для приводу гальмівних елементів пристрою повинен стати газоподібний азот, який подається до привод-

ного циліндру пристрою крізь облаштований патрубок за допомогою штуцера 1. Під дією потенціальної енергії стисненого азоту поршень 3 в циліндрі 2 переміщається вздовж осі, при цьому розпираючи ущільнюючу манжету 4 та гальмівні елементи пристрою.

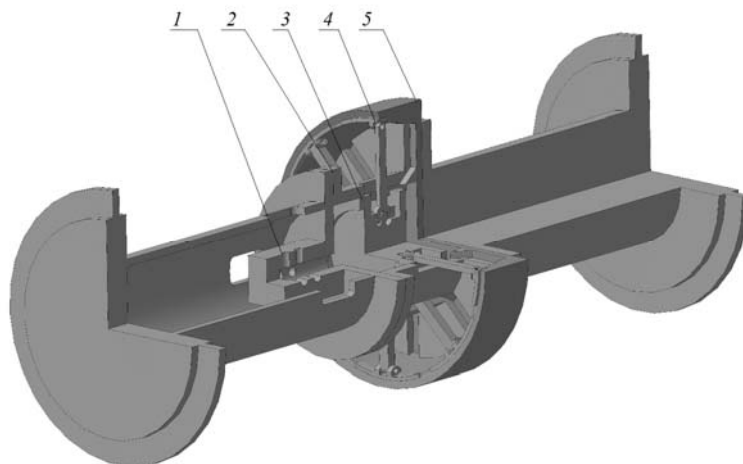


Рис. 1. Модель перекривального пристрою

Передбачається, що такі пристрої повинні використовуватись за перевальними точками, які знаходяться обабіч ремонтваної ділянки. При цьому, після локалізації заднього по ходу продукту пристрою в простір між пристроями через приварений патрубок подається газоподібний азот до тих пір, поки під дією тиску передній по потоку пристрій не переміститься за межі ремонтваної ділянки. Використання герметизуючих пристроїв дозволить скоротити витрати ресурсів на витіснення нафти азотом за рахунок того, що значно зменшується довжина ділянки на якій необхідно проводити таке заміщення.

Для підтвердження правомірності такого припущення проведено розрахунок необхідного тиску газоподібного азоту для забезпечення стійкості перекривального пристрою. Стійкість пристрою буде забезпечена, якщо сила тертя, яка утримує пристрій рівна поздовжній проекції сили тиску на вісь трубопроводу, тобто

$$p \cdot \frac{\pi D_{\text{вн}}^2}{4} = \mu \cdot N_{\text{притиск}}, \quad (1)$$

де p – перепад тиску на перекривальному пристрої; $D_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр нафтопроводу; μ – коефіцієнт тертя гуми об сталь; δ – товщина ущільнюючої манжети; $N_{\text{притиск}}$ – сила притискання манжети до внутрішньої стінки нафтопроводу.

Припускаємо, що сила, з якою манжета притискається до внутрішньої стінки труби рівна силі, яка спричинює переміщення поршня вздовж осі, тобто

$$N_{\text{притиск}} = p_{\text{ІГС}} \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{порш}}^2}{4}, \quad (2)$$

де $p_{\text{ІГС}}$ – тиск інертної газової суміші; $d_{\text{порш}}$ – діаметр поршня, який приводить в дію гальмівні елементи пристрою.

Підставляючи (2) в (1), отримаємо співвідношення перепаду тиску на пристрої і тиску ІГС

$$\frac{p_{\text{ІГС}}}{p} = \frac{D_{\text{вн}}^2}{d_{\text{порш}}^2 \cdot \mu}. \quad (3)$$

Аналізуючи отримані співвідношення можна дійти висновку про те, що забезпечення стабільності перекривального пристрою значно залежить від співвідношення діаметрів та коефіцієнту тертя манжети об стінку трубопроводу. Це співвідношення можна зменшити збільшивши кількість гальмівних манжет. Крім того, враховуючи відсутність в даній системі потенційних джерел іскроутворення, в якості робочого тіла можна використовувати повітря, а ІГС застосовувати виключно для переміщення переднього перекривального пристрою відносно заднього.

Очевидно, існує ряд проблем щодо впровадження даного пристрою в практику. Однак, такі фактори, як підвищення з часом частоти виведення ділянок нафтопроводів у ремонт, надійність експлуатації пристрою і багаторазовість його використання можуть забезпечити скорочення загальних витрат у порівнянні із вартістю генерування інертної газоподібної суміші у кількості, що значно перевищує ту, яка необхідна в разі використання запропонованого пристрою.

Пропонована технологія локалізації ділянок нафтопроводів на період проведення ремонтних робіт передбачає виконання наступних етапів:

- доставлення двох перекривальних пристроїв на початок ділянки, на якій плануються ремонтні роботи;
- здійснення безогневого врізання патрубку діаметром 100-150 мм з використанням пристроїв АКВ-101 «Малютка» або їх аналогів згідно [1] на ділянці нафтопроводу між двома пристроями таким чином, щоб через даний відвід можна було ззовні завести шланг для силового приводу першого по напрямку руху продукту пристрою;
- фіксування та герметизація цього пристрою з використанням середовища під тиском, яке подається через силовий шланг (рис. 2,а);
- підключення до врізання установки для генерування ІГС;
- подача ІГС під тиском у простір між двома перекривальними пристроями, за рахунок чого наступний перекривальний пристрій переміщується у кінцеву точку ділянки, яка виводиться з експлуатації (рис. 2,б);
- здійснення безогневого врізання та заведення силового шланга для фіксування та герметизації другого по напрямку руху продукту пристрою (рис. 2,в).

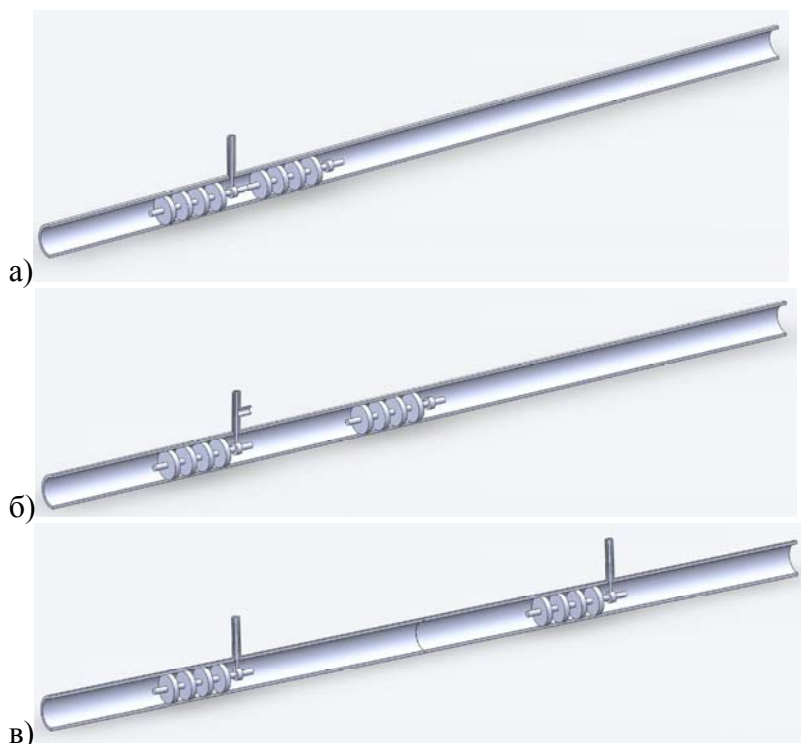


Рис. 2. Схема запропонованої технології локалізації ділянок магістральних нафтопроводів, які виводяться в ремонт

При цьому пропонується використання розроблених перекривальних пристроїв, однак вузол підключення силових шлангів пропонується розміщувати попереду пристрою.

В розвиток приведеної методики розрахунку форми поверхні гумової манжети при взаємодії з матеріальними точками проведено контрольне моделювання гумової поверхні при взаємодії з матеріальними точками в САЕ-комплексі AnsysAcademy (рис. 3).

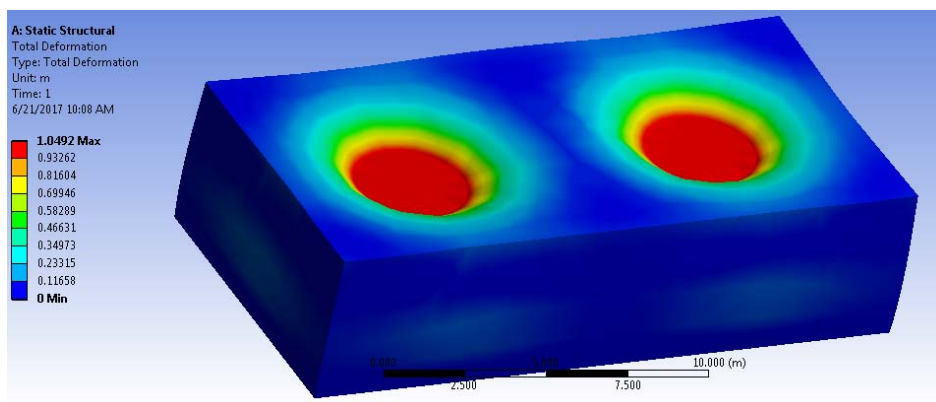


Рис. 3. Моделювання взаємодії гумової поверхні з матеріальними точками

Як видно з розподілу деформацій, форма гумової поверхні співпадає з прогнозованою згідно аналітичних розрахунків.

Висновки

Таким чином, приведені дослідження підтверджують можливість реалізації удосконаленої методики локалізації ділянок магістральних нафтопроводів на період їх ремонту із зупинкою транспортування продукту. При цьому за рахунок зменшення довжини ділянки, яка повинна бути заповнена ІГС, досягається скорочення витрат на проведення локалізації ремонтіваних ділянок. При цьому щільність ущільнювальних манжет пристрою може бути досягнута за рахунок оптимального підбору зусилля, яке прикладається від зовнішнього джерела і яке може бути визначене використовуючи аналітичний виклад та сучасні інженерні комплекси математичного моделювання.

Література

1. Регламент по вырезке и врезке “катушек” соединительных деталей, заглушек, запорной и регулирующей арматуры и подключению участков магистральных нефтепроводов: РД 153-39.4-130-2002. – [чинний від - 2002-09-05]. – М., Транснефть, 2002. – 156 с.
2. Martinoia T, Barreto C, daRocha JC, Lavoura J, Henriques FP. Simulation and Planning of Pipeline Emptying Operations. ASME. International Pipeline Conference, Volume 1: Upstream Pipelines; Project Management; Design and Construction; Environment; Facilities Integrity Management; Operations and Maintenance; Pipeline Automation and Measurement: 603-611. doi:10.1115/IPC2012-90432. Режим доступу: <http://proceedings.asmedigitalcollection.asme.org/proceeding.aspx?articleid=1721311>
3. Пат. 2079037 Российская Федерация. МПКF16L55/10. Способ опорожнения дефектного участка трубопровода / В.Н. Халтурин, В.Ю. Гурьянов, Г.Н. Бусыгин и др.; заявитель и патентообладатель Акционерное общество открытого типа “Приволжские магистральные нефтепроводы” 94038405/06; заявл. 11.10.1994; опубл. 20.05.1997
4. Пат. 2518748 Российская Федерация. МПК F16L55/10. Способ опорожнения участка нефтепровода / Гильмутдинов Наиль Рашитович (RU), Безымянников Тимур Игоревич (RU); заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество “Урало-Сибирские магистральные нефтепроводы им. Д.А. Черняева” (ОАО “Уралсибнефтепровод”) Публикация патента: 10.06.2014. Подача заявки: 19.12.2012.
5. Комлев И.М. Очистка трубопроводов гелевыми системами [Электронный ресурс] / И.М. Комлев, И.Е. Чаплин // Молодежь и наука: сборник материалов X Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию образования Красноярского края, № заказа 1644/отв. ред. О. А. Краев. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т., 2014.

6. Пат. 2009/0114302 США, МПК F16 L 55/124, F16 L 55/132, F16 K 24/02 Double block and bleed plug / Kenneth L Yeazel, Gregory L. Puckett, Richard L. Goswick, Assignee TDW Delaware, Inc. – № 12/256150; filed 22/10/2008; date of patent 07/05/2009.

Стаття надійшла до редакційної колегії 20.12.2017 р.

*Рекомендовано до друку д.т.н., професором Грудзом В.Я.,
д.т.н., професором Тимківим Д.Ф.*

**REASONING APPROPRIATION FOR THE USE
OF LOCALIZATION OF MAGISTRAL OIL TRANSPORT
TECHNOLOGIES USED BY INTERFERENCE DEVICES**

**T. Ya. Dodik, Yu. G. Melnychenko,
G. G. Melnichenko, A. M. Marchuk**

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas;
76019, Ivano-Frankivsk, Carpathian str., 15;
e-mail: ymelnychenko@nung.edu.ua*

The problem of releasing a section of main oil pipeline from the product during its repair was confirmed. The technology of isolation of oil pipeline was proposed. The specifications of new designed plugging device were confirmed and its sealing capacity was researched.

Key words: *oil displacement, nitrogen, pipeline repair, plugging device, sealing capacity*