

Технічні науки

УДК 622.692.4

Люта Наталія Вікторівна

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри газонафтопроводів та газонафтоосховищ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Люта Наталия Викторовна

кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры газонефтепроводов и газонефтехранилищ

Ивано-Франковский национальный технический университета нефти и газа

Liuta Nataliia

PhD, Associate Professor,

Associate Professor of the Department Oil and Gas Pipelines and Storage Facilities

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Бортняк Олена Михайлівна

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри газонафтопроводів та газонафтоосховищ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Бортняк Елена Михайловна

кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры газонефтепроводов и газонефтехранилищ

Ивано-Франковский национальный технический университета нефти и газа

Bortnyak Olena

PhD, Associate Professor,

Associate Professor of the Department Oil and Gas Pipelines and Storage Facilities

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Підставка Віталій Мирославович

студент

Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

Пидставка Виталий Мирославович

студент

Ивано-Франковского национального технического университета нефти и газа

Pidstavka Vitalii

Student of the

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ АОТ™
НА ПРОПУСКНУ ЗДАТНІСТЬ МАГІСТРАЛЬНОГО
НАФТОПРОВОДУ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ
АОТ™ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ МАГИСТРАЛЬНОГО
НЕФТЕПРОВОДА**

**INVESTIGATION OF INFLUENCE OF APPLICATION АОТ™ FOR
CAPACITY MAIN OIL PIPELINE**

***Анотація.** Досліджено на основі моделювання режимів спільної роботи нафтоперекачувальних станцій та лінійних ділянок протяжного нафтопроводу вплив застосування технології АОТ™ на його пропускну здатність.*

***Ключові слова:** магістральний нафтопровід, пропускну здатність, в'язкість нафти, електричне поле, магнітне поле.*

***Аннотация.** Исследовано на основе моделирования режимов совместной работы нефтеперекачивающих станций и линейных участков протяженного нефтепровода влияние применения технологии АОТ™ на его пропускную способность.*

Ключевые слова: *магистральный нефтепровод, пропускная способность, вязкость нефти, электрическое поле, магнитное поле.*

Summary. *The possibility of applying magnetic and electric fields to influence the rheological properties of oil is substantiated and the perspectives of the use of this phenomenon on the oil pipelines of Ukraine are considered.*

Key words: *main oil pipeline, oil viscosity throughput, electric field, magnetic field.*

Основним завданням вдосконалення технології транспортування нафти на великі відстані є забезпечення підвищення пропускної здатності магістральних нафтопроводів з одночасним зменшенням витрат енергетичних ресурсів [1; 2]. Експериментальні дослідження, проведені у The United States Department of Energy, Temple University, The U.S. National Institute of Standards and Technology, PetroChina (CNPC) та China Petroleum Pipeline Bureau (CPP) свідчать про те, що досягти цієї мети можна за допомогою впливу електричного та магнітного полів на сиру нафту [3, ст. 43; 4, ст. 32].

Результати польових випробувань установки АОТ™, призначеної для реалізації даного методу підвищення пропускної здатності нафтопроводу, що проводилися у Центрі нафтопромислових досліджень The Rocky Mountain Oilfield Testing Center (RMOTC) на трубопроводі довжиною 4,4 милі (7,08 км) і діаметром 6 дюймів (15,24 см), наведені у таблицях 1, 2.

Аналіз результатів польових досліджень демонструє високу ефективність застосування технології та установки АОТ™ для підвищення пропускної здатності трубопроводу, проте використаний в цих експериментах трубопровід суттєво відрізняється від нафтотранспортних магістралей.

З метою встановлення закономірностей впливу на гідродинамічні процеси, що мають місце за умов транспортування нафти магістральними

трубопроводами, та відповідно доцільності застосування технології АОТ™, було проведене моделювання її дії на пропускну здатність та енергоефективність експлуатації нафтотранспортної системи, до складу якої входять головна і три проміжні нафтоперекачувальні станції, чотири перегони лінійної магістралі внутрішнім діаметром 702 мм і загальною довжиною 394,2 км та кінцевий пункт.

Таблиця 1

Результати польових випробувань установки АОТ™ [5]

| Час дослідю | 22:30 02.05.2012 | | 00:00 03.05.2012 | | 4:00 03.05.2012 | |
|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| | До дії електрично го поля | Після дії електрични м полем | До дії електрично го поля | Після дії електрични м полем | До дії електрично го поля | Після дії електрично го поля |
| Температура нафти, °С | 11 | 11 | 10,9 | 10,9 | 10,9 | 10,9 |
| Густина нафти, г/см ³ | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 |
| В'язкість, сП | 105,6 | 47,8 | 108,1 | 51,8 | 118,06 | 51,8 |
| В'язкість, сСт | 124,2 | 56,2 | 127,2 | 60,9 | 138,9 | 60,9 |
| Число Рейнольдса | 959 | 2119 | 937 | 1955 | 858 | 1955 |
| Коефіцієнт гідравлічного опору | 0,066724 | 0,030229 | 0,068304 | 0,03273 | 0,074597 | 0,03273 |
| Швидкість, м/с | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 |
| Витрата, gal/min | 210 | 210 | 210 | 210 | 210 | 210 |
| Витрата, м ³ /год | 47,69 | 47,69 | 47,69 | 47,69 | 47,69 | 47,69 |
| Втрати тиску по довжині, psi/mile | 26,5 | 11,994 | 27,125 | 12,997 | 29,624 | 12,997 |
| Втрати тиску по довжині, Па/м | 293,98 | 133,1 | 300,9 | 144,2 | 328,6 | 144,2 |
| Спожито енергії, кВт | 34,5 | 15,6 | 32,6 | 15,8 | 36 | 15,8 |

За даними офіційного сайту STWA (розробника установки АОТ™) [5] застосування технології впливу електричного та магнітного

полів на сиру нафту дає змогу зменшити величину її в'язкості до 30 %, але результати досліджень, проведених у Китаї та США [3; 4], показали, що для деяких зразків нафти вона зменшувалася навіть на 89 %. Отже, розрахунок пропускної здатності та енергетичних параметрів роботи описаного вище магістрального нафтопроводу був проведений за зменшення в'язкості нафти відповідно на 20 %, 30 %, 40 % та 50 % з урахуванням сезонних змін умов транспортування в розрізі року. Результати розрахунків, отриманих на основі реалізації розробленого програмного забезпечення на інтерпретованій мові VBA, для найхолоднішого та найтеплішого місяців року, наведені в таблиці 3.

Таблиця 2

Результати польових випробувань установки АОТ™ [5]

| Час дослідю | 11:00 03.05.2012 | | 12:00 03.05.2012 | |
|--|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| | До дії електрич ного поля | Після дії електрич ним полем | До дії електрич ного поля | Після дії електрич ним полем |
| Температура нафти, °C | 13,6 | 13,6 | 14,5 | 14,5 |
| Густина нафти, г/см ³ | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 |
| В'язкість, сП | 62,21 | 59,8 | 53,12 | 53 |
| В'язкість, сСт | 73,2 | 70,4 | 62,5 | 62,4 |
| Число Рейнольдса | 1628 | 1694 | 1907 | 1911 |
| Коефіцієнт гідравлічного опору | 0,039308 | 0,037785 | 0,033564 | 0,033489 |
| Швидкість, м/с | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 |
| Пропускна здатність, gal/min | 210 | 210 | 210 | 210 |
| Пропускна здатність, м ³ /год | 47,69 | 47,69 | 47,69 | 47,69 |
| Втрати тиску по довжині, psi/mile | 15,61 | 15,0053 | 13,329 | 13,299 |
| Втрати тиску по довжині, Па/м | 173,2 | 166,5 | 147,9 | 147,5 |
| Спожито енергії, кВт | 17 | 16,3 | 15,8 | 15,4 |

Результати розрахунку пропускної здатності магістрального нафтопроводу за різного ступеня зменшення в'язкості нафти протягом року наведені на рисунках 1, 2.

Таблиця 3

Результати моделювання впливу установки АОТTM на режим перекачування нафти

| Параметр | Без застосування АОТ | Зменшення в'язкості на 20 % | | | | Зменшення в'язкості на 30 % | | | | Зменшення в'язкості на 40 % | | | | Зменшення в'язкості на 50 % | | | |
|---|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--|
| | Без застосування АОТ | Зменшення в'язкості на 20 % | Зменшення в'язкості на 30 % | Зменшення в'язкості на 40 % | Зменшення в'язкості на 50 % | Без застосування АОТ | Зменшення в'язкості на 20 % | Зменшення в'язкості на 30 % | Зменшення в'язкості на 40 % | Зменшення в'язкості на 50 % | Без застосування АОТ | Зменшення в'язкості на 20 % | Зменшення в'язкості на 30 % | Зменшення в'язкості на 40 % | Зменшення в'язкості на 50 % | | |
| Період перекачування | зимовий | | | | | літній | | | | | | | | | | | |
| Температура нафти, °С | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | | |
| Густина нафти, г/см ³ | 0,8769 | 0,8769 | 0,8769 | 0,8769 | 0,8769 | 0,8675 | 0,8675 | 0,8675 | 0,8675 | 0,8675 | 0,8675 | 0,8675 | 0,8675 | 0,8675 | 0,8675 | | |
| В'язкість, сСт | 42,88 | 34,30 | 30,02 | 25,73 | 21,44 | 21,61 | 17,29 | 15,13 | 12,97 | 10,81 | 21,61 | 17,29 | 15,13 | 12,97 | 10,81 | | |
| Число Рейнольдса | 25820 | 33244 | 38672 | 45951 | 56477 | 56213 | 72228 | 83856 | 99671 | 121597 | 56213 | 72228 | 83856 | 99671 | 121597 | | |
| Коефіцієнт гідравлічного опору | 0,0244 | 0,023 | 0,0222 | 0,0214 | 0,0204 | 0,0205 | 0,0194 | 0,0188 | 0,0181 | 0,0174 | 0,0205 | 0,0194 | 0,0188 | 0,0181 | 0,0174 | | |
| Швидкість, м/с | 1,56 | 1,62 | 1,65 | 1,68 | 1,72 | 1,73 | 1,78 | 1,81 | 1,84 | 1,87 | 1,73 | 1,78 | 1,81 | 1,84 | 1,87 | | |
| Пропускна здатність, м ³ /год | 2196 | 2262 | 2303 | 2345 | 2402 | 2410 | 2477 | 2517 | 2564 | 2607 | 2410 | 2477 | 2517 | 2564 | 2607 | | |
| Спожито енергії, кВт | 13512 | 13686 | 13791 | 13901 | 14044 | 13913 | 14078 | 14172 | 14284 | 14384 | 13913 | 14078 | 14172 | 14284 | 14384 | | |
| Дроселювання по трасі, м | 248,77 | 233,99 | 224,73 | 214,86 | 201,33 | 178,23 | 161,82 | 151,9 | 140,78 | 138,26 | 178,23 | 161,82 | 151,9 | 140,78 | 138,26 | | |
| Коефіцієнт ефективності енерговитрат на перекачування нафти | 0,887 | 0,892 | 0,896 | 0,899 | 0,904 | 0,914 | 0,921 | 0,925 | 0,93 | 0,93 | 0,914 | 0,921 | 0,925 | 0,93 | 0,93 | | |

Аналіз отриманих результатів свідчить, що застосування технології АОТTM дає можливість збільшити пропускну здатність магістрального нафтопроводу на 3 - 10 % (залежно від сезонних умов перекачування) та

збільшити коефіцієнт ефективності використання енергії приводу на 1 - 2 %.

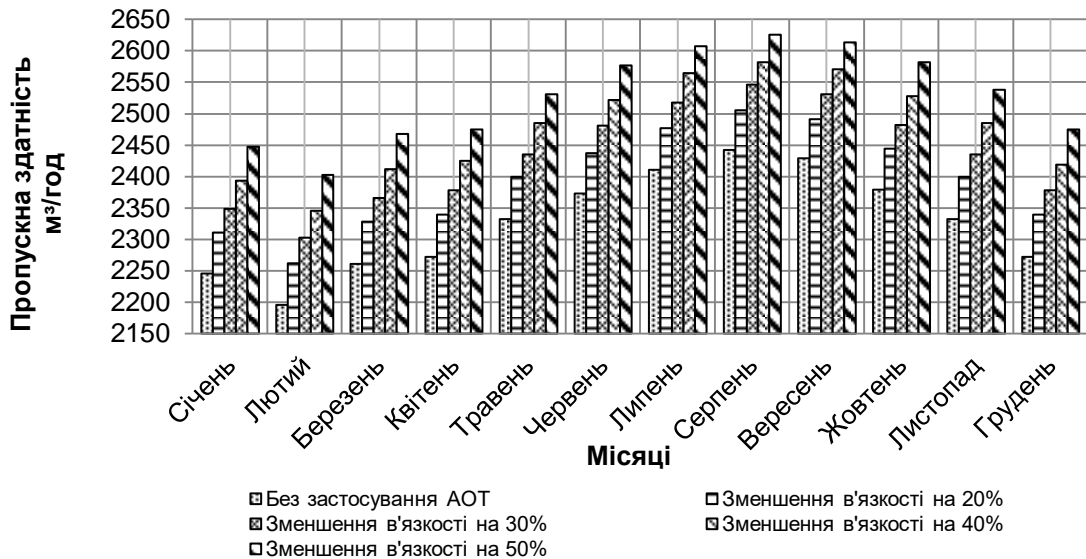


Рис. 1. Сезонна зміна пропускної здатності магістрального нафтопроводу до і після застосування установки АОТTM

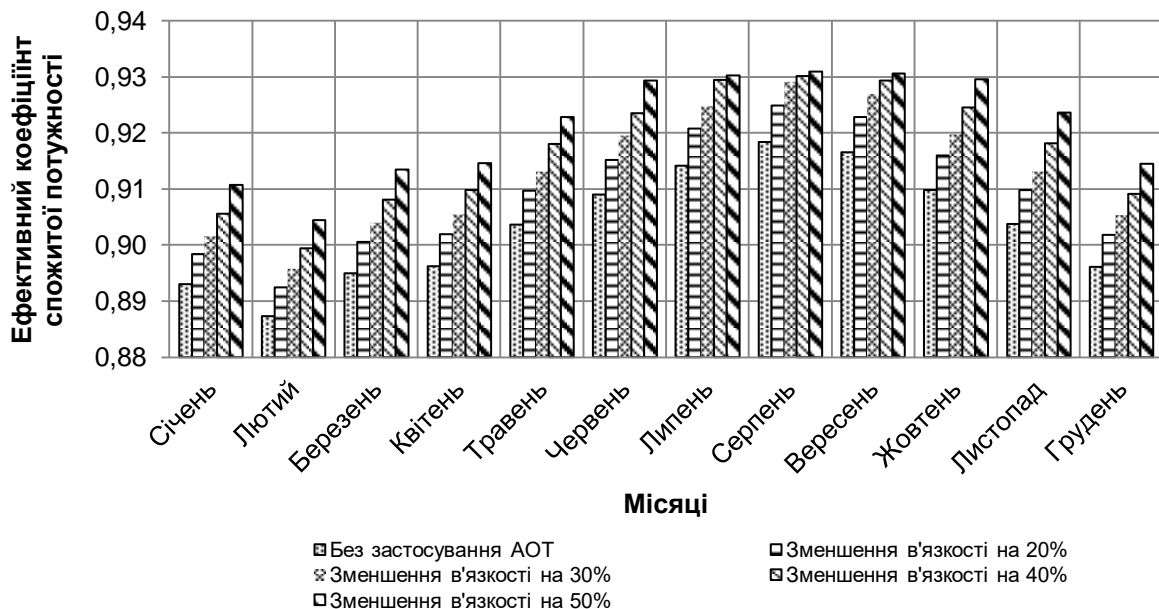


Рис. 2. Сезонна зміна коефіцієнта ефективності використання спожитої потужності до і після застосування установки АОТTM

Виконане моделювання впливу дії технології АОТTM на пропускну здатність та енергетичні параметри роботи магістрального нафтопроводу

не враховує можливість відновлення реологічних властивостей нафти через деякий проміжок часу після дії на неї електричного поля, що спонукає до проведення подальших досліджень та вдосконалення математичної моделі.

Література

1. Якимів Й.В. Технології поставки нафти із альтернативних джерел на нафтопереробні заводи України / Й. В. Якимів, О. М. Бортняк // Прикарпатський вісник НТШ. 2017. Число, №1(37). С. 226-235.
2. Якимів Й.В. Дослідження енергоефективних режимів експлуатації системи нафтопроводів Кременчук-Снігурівка-Одеса у реверсному напрямі транспортування нафти з альтернативних джерел постачання / Й. В. Якимів, О. М. Бортняк // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». 2017. №12(34). С. 32-34.
3. Люта Н.В. Вивчення та аналіз експериментальних досліджень впливу електричного поля на реологічні властивості сирих нафт / Н. В. Люта, В. П. Лісафін // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». 2020. №7 (87). С. 30-34.
4. Люта Н.В. Вивчення та аналіз експериментальних досліджень впливу магнітного поля на реологічні властивості сирих нафт / Н. В. Люта, В. П. Лісафін // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». 2020. №10 (90). С. 42-45.
5. Project test results STWA, Inc. Viscosity reduction technology Prepared for: Industry Publication Prepared by: George Hughes & Wes Riesland RMOTC Field Engineers. May 21, 2012.