

*О. І. Наливайко, к.т.н., доц.,
А. М. Мангура, ст. викладач,
Л. Г. Наливайко, ст. викладач*

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

МАГНІТНА ОБРОБКА НАФТИ ЯК МЕТОД БОРотьБИ З ВІДКЛАДЕННЯМИ ПАРАФІНУ ПРИ ЇЇ ТРАНСПОРТУВАННІ ТРУБОПРОВОДАМИ

У цій статті аналізуються існуючі методи боротьби з відкладеннями АСПВ та пропонується розглянути застосування магнітної обробки нафти при її транспортуванні трубопроводами як окремий (самостійний) метод боротьби з відкладеннями парафіну.

***Ключові слова:** нафта, дослідження, парафін, свердловина, магніти, міжремонтний період.*

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Запобігання асфальтним, смоляним і парафіновим відкладенням (АСПВ) у нафтовидобуванні, зниження швидкості корозії обладнання й трубопроводів, а також інтенсивності відкладень солей є актуальною проблемою. Відомі різні шляхи її розв'язання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання цієї проблеми й на які спирається автор, виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Всі методи боротьби з відкладеннями АСПВ розподіляють на теплові, механічні, хімічні та використанням покриттів.

Перелічені методи використовують у свердловинах із різними способами видобування нафти (фонтанному, насосному і їх різновидами), а також при транспортуванні нафти трубопроводами.

Теплові методи полягають у прогріванні стовбура свердловини або трубопроводу з метою розплавлення та видалення АСПВ. Прогрівання може бути реалізоване кількома способами: шляхом нагнітання у свердловину і пласт теплоносіїв (гарячої нафти чи води, перегрітої водяної пари тощо); за допомогою електричних нагрівачів; за рахунок екзотермічної реакції реагентів, уведених у свердловину.

Механічні методи передбачають видалення відкладень на насосно-компресорних трубах (НКТ). Для цього розроблено цілу низку скребків різної конструкції. Важливим удосконаленням механічного засобу очищення стало створення розсувного скребка, який складається з двох фігурних ножів, закріплених на плоских металевих пластинах. До однієї з

них підвішується вантаж. У фонтанних свердловинах використовують розсувні та так звані “літаючі” скребки.

Механічний спосіб видалення АСПВ із поверхні НКТ та глибинонасосного обладнання містить застосування різних скребоків, які закріплюють на колоні насосних штанг, а також використання крокуючого скребка, який рухається автоматично по колоні насосних штанг.

Хімічні методи запобігання й видалення АСПВ ефективно застосовують як в Україні, так і за її межами. Реагенти та їх композиції, які використовують у цих процесах, можна розподілити на дві основні групи:

- розчинники (ті, що видаляють);
- інгібітори (ті, що затримують).

Призначення розчинників полягає у видаленні АСПВ у розчиненому або у дисперсному стані з поверхні труб і обладнання. В основі дії інгібіторів лежать адсорбційні процеси, які проходять на межі між рідкою фазою й твердою поверхнею.

Використання хімічних реагентів для боротьби з АСПВ у багатьох випадках суміщають із захистом нафтопромислового обладнання покриттями від корозії, сольових відкладень, процесом руйнування (запобіганням утворенню) стійких воднонафтових емульсій. Метод використання покриттів дав у цілому позитивний ефект. Перші дослідження із застосування лакофарбувальних покриттів для запобігання АСПВ було проведено ще у 50-і роки ХХ сторіччя. Але великі витрати на виробництво труб з емальованим і епоксидним покриттям призвели до звертання робіт з використання НКТ із покриттям. Сьогодні застосування цього методу значно обмежене.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Створити для боротьби з відкладеннями АСПВ у нафтопромисловому обладнанні при транспортуванні нафти трубопроводами як окремий (самостійний) магнітний метод боротьби з відкладеннями парафіну.

Довести, що застосування магнітного методу при використанні магнітного антипарафінового пристрою (МАП) спрямоване на збільшення міжремонтного періоду свердловин за рахунок дії магнітного поля. Механізм дії магнітного поля, розробленого магнітного пристрою (МАП), направлено на предмет зміни в'язкості рідини, що проходить через пристрій і приводить до збільшення міжремонтного періоду свердловин.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Перспективним напрямом розв'язання цієї проблеми є використання магнітних полів для обробки потоку нафти на різних етапах її руху.

Запропоновано та впроваджено у практику видобування і транспортування нафти велику кількість конструкцій магнітних пристроїв, накопичено певний досвід їх використання. Але інформація про результати цієї роботи суперечлива. У доступних літературних джерелах немає

статистичних даних про достовірність повторення результатів, відсутні переконливі критерії умов, у яких магнітні технології ефективні, а також обґрунтування технічних вимог до магнітних приладів.

Це можна пояснити тим, що, хоча загальна теорія електромагнітних явищ достатньо розвинута, глибокі експериментальні та теоретичні дослідження впливу електромагнітних полів стосовно проблем видобування нафти відсутні. Магнітні пристрої відносно дешеві, а технології їх використання на перший погляд прості й мало витратні. Все це дає можливість одержати “швидкий” результат безпосередньо на виробництві.

З аналізу патентної літератури бачимо, що пристрої, які пропонуються, суттєво розрізняються не тільки за параметрами магнітного поля, а і за розподілом силових ліній цих полів. Переважають конструкції, котрі створюють здебільшого поперечні до напрямку потоку магнітні поля, але є конструкції, які використовують поздовжні магнітні поля. Відомі пристрої, в котрих магнітне поле рівномірно розподілене за всім перерізом каналу з рідиною. Використовують також конструкції, що створюють суттєві напруження лише у частині поперечного перерізу каналу. Останнє характерно для пристроїв, які призначено для потоків великого перерізу тому, що складно створити необхідну напругу магнітного поля за всім перерізом великого потоку.

Однак, незалежно від відсутності загальної точки зору на механізм магнітного впливу і на вимоги до технічних параметрів магнітних пристроїв, магнітна обробка при видобуванні нафти все ширше використовується у практиці, а навіть та невелика інформація, яку ми маємо, свідчить про високу ефективність магнітного методу, особливо на родовищах зі складними умовами експлуатації й високим вмістом асфальтосмолопарафінів.

У нафтовидобуванні є два основних напрями використання магнітного методу:

- для обробки нафти, що видобувається, з метою запобігання (зменшення) АСПВ;

- для обробки води, яка нагнітається у свердловини.

Досвід фахівців Румунії показав, що використання протягом двох років пристроїв із постійними магнітами для запобігання АСПВ дало змогу значно підвищити ефективність не тільки свердловинного видобування, але і при експлуатації мережі нафтопроводів на нафтопереробних установках [1].

На родовищах у Пермській області (Росія) в 1996 році було встановлено перші магнітні пристрої у свердловинах. Це дозволило у 1,5...2 рази збільшити період між очищеннями від АСПВ і вдвічі збільшити видобування нафти. Було відмічено, що при підйомі обладнання у колоні НКТ довжиною у 1100 м АСПВ були відсутні. Але під насосом було

знайдено пробку АСПВ довжиною 10...50 м, що свідчить про необхідність удосконалення пристрою. Після вдосконалення пристроїв у 1997 році вони показали більш високу ефективність і стабільність. У всіх випадках збільшувався міжочисний період (з магнітними пристроями 1997 року – в 6 разів). Економічний ефект роботи свердловини в один міжочисний період у 10 разів перевищував витрати на магнітні пристрої [2].

Дослідження з магнітної обробки обводненої нафти, які проведено на родовищах у Азейбаржані й Татарстані, показали, що магнітна обробка тим ефективніша, чим більше обводнення нафти. Зафіксовано, що ефект магнітного впливу зберігається у свердловинах ще кілька місяців після видалення магнітного пристрою [3]. Цей же ефект зафіксовано і для нагнітальних свердловин при магнітній обробці води [4].

Першим документом у межах СНГ, у якому вказується необхідність магнітної обробки при видобуванні нафти, слід уважати “ИРД-39-014-7035-88. Технология восстановления продуктивности скважин на основе использования физических полей” [6]. Але параметри магнітного поля, які у ньому рекомендовано, слід вважати застарілими. Відповідно до цих рекомендацій, у центрі каналу кільцевого перерізу напруження магнітного поля повинне становити від 3,7 до 4,3 кА/м (48...54 Э). У сучасних пристроях напруження магнітного поля перевищує 80 кА/м (1000 Э).

Значною перевагою приладів на постійних магнітах є простота експлуатації й відсутність необхідності використання зовнішніх джерел енергії.

Слід відмітити, що методики, розроблені для боротьби з АСПВ, рекомендовано використовувати для намагнічування інших рідин, з іншими цілями обробки. Наприклад, намагнічування рідини застосовують для зниження корозійної активності рідин, запобігання відкладенню солі на стінках теплообмінників, підвищення класу бетону, обробки вуглеводневого палива для двигунів внутрішнього згорання тощо.

Автори понад 80 розглянутих патентів України та інших країн стверджують про велику ефективність магнітного методу боротьби з АСПВ і не бачать суттєвої різниці між пристроями для обробки нафти, палива двигунів внутрішнього згорання, природного газу й води.

Велика кількість дослідних робіт присвячена механізму магнітної обробки нафти, водно-нафтових і водних систем. Запропоновано теорію магнітного впливу на рідкі середовища, які містять домішки феромагнітних частинок. В основі теорії лежить експериментально встановлений факт руйнування (подрібнення) у магнітному полі агрегатів із феромагнітними частинками. Такі частинки завжди наявні, як природні домішки, у воді й нафті. Ці частинки є додатковими центрами кристалоутворення, які підвищують на порядки величин площі внутрішньої адсорбції. Слід підкреслити, що при магнітній обробці дистильованої води ніяких ефектів не виникає [7,8,9,10,11].

Роботи [12,13,14] присвячено використанню магнітної обробки нафти для запобігання утворенню АСПВ. У них також наголошується важливість створення в об'ємі нафти численних центрів міцелоутворення (кристалізації) парафінів. Запобігання утворенням АСПВ пояснюється як наслідок утворення агрегатів феромагнітних частинок із розмірами: довжина 0,...0,5 МКМ, діаметром у 7...9 разів меншим і масою порядку 10^{-14} г. У одній тонні нафти загальна площа поверхні феромагнітних частинок становить від 200 до 10000 м². Підкреслюється, що загальна площа феромагнітних частинок, які містяться у нафті, набагато перевищує площу поверхні обладнання, яке необхідно захищати.

Деякі автори стверджують, що більша частина домішок у нафті має не феромагнітний, а парамагнітний характер. Узагалі, можливо зробити висновок про неповну ясність до цього часу механізму впливу магнітного поля на нафту і водно-нафтові системи.

Для магнітної обробки рідин застосовують пристрої як з постійними магнітами, так і пристрої з утворенням магнітних полів за допомогою струмових обмоток. Як правило, використовуються неоднорідні поля, що створюються у каналі з проникаючою рідиною. Але мають місце й інші способи обробки, наприклад: обертання ємності з рідиною у площині, паралельній напрямку силових ліній магнітного поля, врахування зміни напрямлення магнітного поля, використання кількох ділянок із магнітними полями на шляху руху рідини. Нарешті, пропонується намагнічувати лише частину об'єму рідини і потім змішувати її з рештою ненамагніченого об'єму. Це, на думку авторів патенту, дозволяє збільшити економічність пристрою без втрати загального ефекту.

Більшість намагнічувальних пристроїв сконструйовано з використанням постійних магнітів. У простих пристроях такого виду в каналі створюються поперечні до потоку рідини магнітні поля за допомогою опозитно розміщених за трубопроводом постійних магнітів [15]. У схемі, наведеній на рисунку 1, застосовують лише два магніти. Але довжина магнітів мала, малий і час проходження рідини у магнітному полі, відповідно недостатня тривалість обробки рідини. Крім того, високоградієнтне поле створюється лише на межі ділянки з полем, тому можливості створення високоградієнтних напружень полів обмежена. Важливість створення високоградієнтних полів достатньої напруги і забезпечення тривалості обробки підкреслюють численні дослідники.

На рисунку 2 наведено схему пристрою, у якому на зовнішній поверхні трубопроводу вздовж кола труби розміщено чотири магніти у формі плит (дві пари) [16]. При цьому пари зміщені між собою вздовж труби. Магніти пар орієнтовані різними полюсами одне до одного. Утворюється складне магнітне поле, яке є суперпозицією двох взаємно перпендикулярних полів із переважно поперечними складовими. Оригінальним є використання простору над зовнішніми магнітами як

каналу для рідини за рахунок зовнішнього корпусу магнітів і отворів у трубопроводі на цій ділянці. За рахунок цього потік рідини розділяється на два, й кожен із них обробляється у поперечних полях різної конфігурації. Недоліками цього пристрою є мала довжина каналу з полем, відповідно малий термін обробки та обмежена можливість створення високих напружень і градієнтів, особливо біля осі труби.

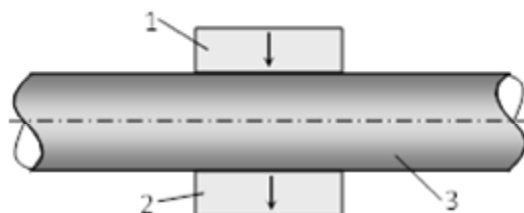


Рис. 1. Намагнічувальний прилад (стрілками показано напрямки намагнічування магнітів): 1, 2 – постійні магніти; 3 – трубопровід

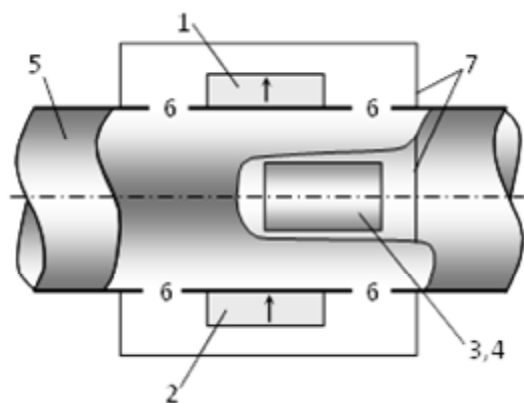


Рис. 2. Схема магнітного кола намагнічувального приладу:
1, 2, 3, 4 – постійні магніти; 5 – трубопровід; 6 – перфораційні отвори в трубопроводі; 7 – корпус

Для підвищення напруження і градієнта магнітного поля, а також терміну обробки використовують принцип послідовності опозитно розміщених постійних магнітів з оберненими до каналу полюсними поверхнями. Поряд розміщені магніти встановлюють таким чином, щоб їх напрямлення намагнічування були протилежними. В звичайному випадку така схема може бути реалізована встановленням вздовж труби послідовно пар магнітів, коли кожену пару магнітів повернути вздовж осі труби на 180° відносно попередньої. Отже вздовж труби можна одержати багатореверсне (знакозмінне) поле заданої довжини області взаємодії й високоградієнтним полем. Широкі можливості з'являються при цьому щодо збільшення градієнта напруження магнітного поля, тому що є багато конструктивних заходів зменшення області зміни знаку поля. Принципову схему такого пристрою показано на рисунку 3 [17,18]

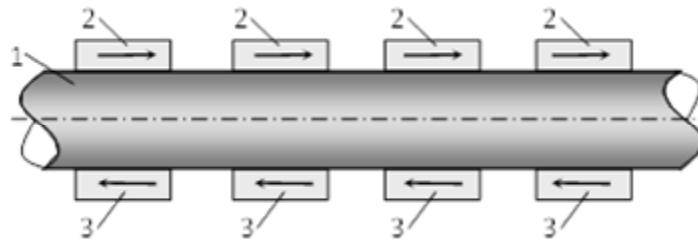


Рис. 3. Схема намагнічувального приладу:
1 – трубопровід; 2, 3 – постійні магніти

Прикладом удосконалення магнітного пристрою може служити схема магнітного кола, яку наведено на рисунку 4 [19]. Воно утворене послідовно встановленими вздовж труби парами плитних магнітів. Оpozитно розміщені магніти обернені полюсами до каналу з рідиною і різними полюсами одне до одного.

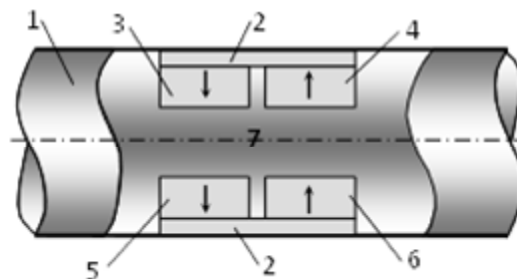


Рис. 4. Схема намагнічувального приладу:
1 – трубопровід; 2 – зовнішній магнітопровід; 3-6 – постійні магніти;
7 – канал для рідини, яка обробляється

Це дозволяє отримати у перерізі каналу неоднорідне реверсивне магнітне поле з переважно перпендикулярними до потоку рідини силовими лініями. Окремі пари магнітів теж розділено немагнітними проміжками. Для зменшення втрат енергії на розсіяння магнітного потоку всі зовнішні полюси магнітів об'єднані загальним магнітопроводом. Особливість полягає у тому, що пари магнітів і магнітопровід розміщено у внутрі трубопроводу та каналом для рідини є проміжок між полюсами опозитно встановлених магнітів. Для підвищення неоднорідності поля використовують також несиметричне розміщення опозитно розміщених магнітів відносно осі каналу. Все це підвищує можливості збільшення напруження й градієнта поля. При використанні сучасних магнітів з рідкоземельними металами (РЗМ) максимальне напруження поля може досягти кілька сотень кА/м (кілька тисяч Ерстед). До недоліків пристрою слід віднести низьке використання перерізу трубопроводу на ділянці розміщення пристрою, тому що значну частину перерізу зайнято магнітами і магнітопроводом. При використанні магнітів із РЗМ суттєво зростає вартість пристрою.

Різновидом цього пристрою є конструкція, коли магніти розташовано аналогічно до попереднього, але “сандвіч” складено не з пар, а з трійок, розділених проміжками магнітів. Потік рідини розділяється на два потоки, які протікають за проміжками між магнітами. Важливою перевагою пристрою є можливість одержання стабільних параметрів поля у великих трубопроводах. При цьому знижується коефіцієнт корисного використання перерізу трубопроводу.

Розміщення магнітів у внутрі трубопроводу дає змогу максимально наблизити їх полюси до потоку рідини. Загальною їх перевагою є широкі можливості одержання високих напружень і градієнтів магнітного поля. При цьому легше забезпечити однакові умови обробки рідини по площі перерізу каналу, а також більшу довжину ділянки каналу з магнітним полем.

На рисунку 5 наведено схему одержання багатореверсного магнітного поля. Внутрі, на осі труби, аксіально розміщено циліндричний магніт, намагнічений таким чином, що його торці є полюсами однієї полярності, а полюс протилежної полярності знаходиться у нейтральному перерізі магніту [20].

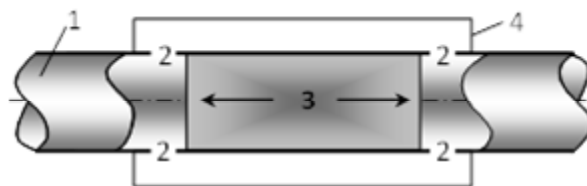


Рис. 5. Схема магнітного кола пристрою:
1 – трубопровід; 2 – перфораційні отвори в трубопроводі;
3 – магніт; 4 – кожух

Рідина протікає за кільцевим каналом між зовнішньою поверхнею магніту і трубчастим кожухом. У каналі утворюються три поздовжніх ділянки з перпендикулярними до потоку полями протилежних напрямлень. При використанні одного магніту сумарна довжина ділянок невелика, малий відповідно і термін магнітної обробки рідини. Але при послідовному розміщенні на осі таких постійних магнітів нескладно одержати багатореверсне магнітне поле значної довжини й цим значно збільшити термін обробки рідини.

На основі розгляду конструктивних схем пристроїв для намагнічування рідини у трубопроводах можна зробити висновок про те, що головна увага приділяється *створенню неоднорідного високо градієнтного магнітного поля достатньо високого напруження і довжини ділянки трубопроводу, де проходить взаємодія рідини з магнітним полем.* При цьому для збільшення градієнта поля використовують різні схеми розміщення магнітів: взаємне зміщення, поворот, суперпозицію полів сусідніх магнітів тощо. Для збільшення довжини ділянки взаємодії

враховують послідовне розміщення вздовж трубопроводу окремих магнітних чарунок.

Особливо перспективні багатореверсні пристрої, які створюють у трубі з рідиною багатореверсне знакозмінне поле значної довжини. На рисунку 6 показано пристрій, у якому на осі магнітом'якої труби розміщено магнітну систему послідовності постійних магнітів, розділених магнітом'якими полюсними наконечниками [6].

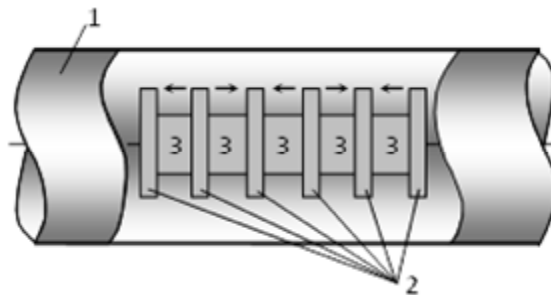


Рис. 6. Намагнічувальний прилад:

1 – трубопровід; 2 – магнітом'які полюсні наконечники; 3 – постійні магніти

Чергування напрямлення намагнічування показано на рисунку 6 стрілками. Рідина протікає у каналі кільцевого перерізу між магнітною системою і магнітом'якою трубою. За допомогою такого пристрою можливо досягти амплітуд напруження від 90 до 120 кА/м (1100...1500 Э).

У нафтохімічній промисловості та нафтовидобуванні використовується багатореверсне перпендикулярне до потоку нафти магнітне поле. Схему магнітного кола пристрою показано на рисунку 7 [21].

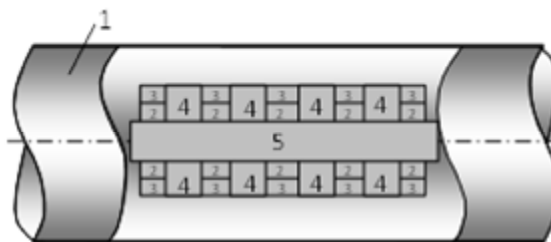


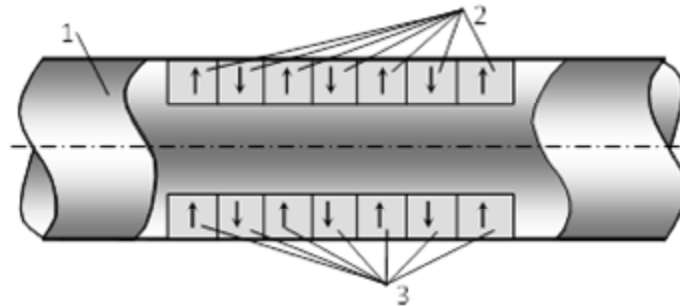
Рис. 7. Багатореверсний намагнічувальний прилад:

1 – трубопровід; 2 – радіально намагнічені постійні магніти; 3 – магнітом'які полюсні наконечники; 4 – немагнітні прокладки; 5 – магнітом'який шток

Зовнішню поверхню магнітів закрито магнітом'якими полюсними наконечниками, а між окремими магнітами і полюсними наконечниками розміщено немагнітні прокладки. Магнітну систему змонтовано на магнітом'якому штоку. Каналом для нафти слугує проміжок кільцевого перерізу між зовнішньою поверхнею магнітної системи й магнітом'якою трубою. Залежно від матеріалу магнітів та співвідношення розмірів у таких

магнітних пристроях можливо одержати амплітуди напруження поля у кілька сотень кА/м (кілька тисяч Е).

На рисунку 8 наведено схему магнітної системи, у якій, на відміну від попередньої, магніти розташовано безпосередньо на внутрішніх стінках труби. Каналом для нафти слугує проміжок між магнітами в осі труби [22]. Силкові лінії поля спрямовано поперек руху нафти. Для створення турбулентності потоку проміжок між магнітами зменшується до центру пристрою.



**Рис. 8. Багатореверсний намагнічувальний прилад:
1 – трубопровід; 2, 3 – постійні магніти**

У пристрої, схему якого наведено на рисунку 9, багатореверсне перпендикулярно направлено до потоку рідини магнітне поле створюється за допомогою послідовно розташованих поза трубою і розділених немагнітними проміжками кільцевих аксіально намагнічених магнітів [23].

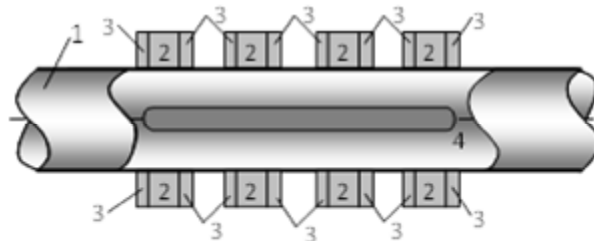


Рис. 9. Намагнічувальний прилад:

**1 – немагнітна труба; 2 – аксіально намагнічені кільцеві магніти;
3 – полюсні наконечники; 4 – магнітом'який шток**

Трубу виконано із немагнітного матеріалу, магніти обладнано магнітом'якими полюсними наконечниками. Для одержання переважно перпендикулярно до потоку рідини направлення поля і підвищення його амплітуди на осі труби закріплено магнітом'який шток. Потік рідини рухається в кільцевому проміжку між цим штоком та трубою. При використанні односпрямовано намагнічених кільцевих магнітів уздовж довжини потоку утворюється реверсивне знакозмінне магнітне поле. Використанням інших взаємних розміщень напрямлень намагнічування магнітів можуть бути реалізовані й інші варіанти розподілу магнітного

поля. Однак розміщення магнітів за межами труби приводить до збільшення робочого проміжку на її товщину і відповідно внаслідок цього до зниження можливостей підвищення напруження та градієнта напруження поля.

Схему магнітного кола ще одного пристрою показано на рисунку 10. Магнітне поле створюється розміщеними поза трубою парами радіально намагнічених складених кільцевих магнітів [24]. Трубу виконано із магнітом'якого матеріалу. Зовнішній магнітом'який кожух збільшує проникність поля у нутро труби і захищає магніти від зовнішнього середовища.

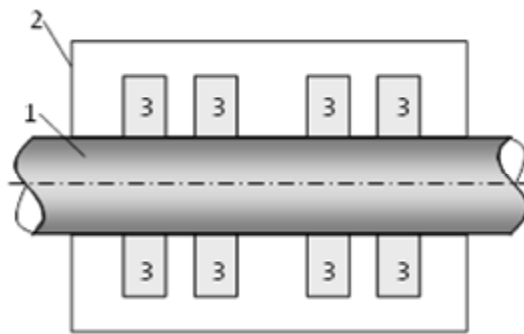


Рис. 10. Намагнічувальний прилад:

1 – магнітом'яка труба; 2 – зовнішній магнітом'який кожух; 3 – кільцеві радіально намагнічені магніти

Немагнітна труба сприяє створенню високих напружень поля у трубі. Магнітне поле високого напруження забезпечується лише у внутрішніх стінок труби. Воно має як поперечні, так і поздовжні складові до напрямлення потоку. Фактично різні частини об'єму рідини обробляються у різних умовах.

Слід відмітити, що нами розглянуто пристрої для магнітної обробки рідини не тільки ті, які використовуються для намагнічування нафти і води, а також для підвищення ступеня згорання й підвищення екологічних характеристик двигунів внутрішнього згорання; для обеззаражування та біологічного очищення води тощо.

Великий інтерес становлять методи контролю за ефективністю магнітного впливу на рідину. Але нам відомі лише ті роботи, які торкаються оцінювання впливу магнітного поля на воду і водне середовище. Для цього використовуються такі визначення:

- оцінка оптичної щільності водних систем, яку вимірюють за допомогою фотоелектричних приладів;

- порівняння мас води, яка випаровується, до і після магнітної обробки;

- порівняння концентрації солі у насиченому розчині до й після магнітної обробки;

- оцінка розмірів кристалів карбонату кальцію після випаровування насичених розчинів при заданій температурі;
- величини поверхневого натягнення рідини;
- в'язкість рідини.

Останні два визначення можна використовувати для оцінювання магнітного впливу на водно-нафтові системи.

Останні роки група науковців вивчає особливості нафтогазоносних колекторів і фізико-хімічних ознак нафти родовищ у Львівській, Полтавській та Сумській областях.

На цих родовищах широко випробовують й упроваджують нові методи підвищення нафтовіддавання пластів. Використовують різні технології його підвищення та інтенсифікації видобування нафти. Однак при позитивних у цілому результатах значний об'єм проведених заходів виявився неефективним.

Для родовищ Львівщини нафти за щільністю легкі $\rho = 810 \dots 860 \text{ кг/м}^3$ і середні $\rho = 869 \dots 890 \text{ кг/м}^3$. За хімічним складом вони належать до групи метано-нафтенно-ароматичних з'єднань. Тиск насичення нафти газом до 9,7 МПа. Нафта малосмолиста (вміст сірки до 0,7%, парафіністості й високопарафіністості (вміст парафіну більше ніж 6%). Великим вмістом парафіну пояснюються високі температури насичення нафти парафіном – $39 \dots 48^\circ\text{C}$. Нафта має високу температуру застигання.

Аналіз складу АСПВ із нафти у Західній Україні свідчить, що за відношенням вмісту парафінів до вмісту асфальтосмолистих речовин відклади належать до парафінового типу.

Усі відкладення високоплавкі – $63,6 \dots 85,0^\circ \text{C}$, вміст парафіну 27,2...54,2 маси %, температура плавлення парафінів $74,4 \dots 84,2^\circ \text{C}$, що свідчить про наявність у складі АСПВ високомолекулярних парафінів. Вміст смол коливається – від 2,8 до 5 %, асфальтенів – від 2,1 до 18,4 %. У частині проб спостерігається високий вміст механічних домішок – 24 %.

Зміна термобаричних умов і дегазації нафти супроводжуються інтенсивним утворенням АСПВ на обладнанні.

Ця робота присвячена розгляду принципової можливості збільшення міжремонтного періоду обладнання нафтових свердловин як результату дії постійного магнітного поля.

Вибір того чи іншого методу боротьби з АСПВ, як показала довгострокова практика нафтовиків в Україні й за її межами, базується на ретельному вивченні властивостей продукції, що видобувається, її поведінки у пластових умовах, свердловині й наземному обладнанні. При цьому необхідні точні дані про склад АСПВ та механізм їх формування. Нарешті, необхідні дані про дослідження вибраного хімічного реагенту (композиції реагентів) в умовах лабораторії на можливість його використання до конкретного складу відкладень.

Остаточне рішення залежить від об'єктивного техніко-економічного аналізу, який проводять після промислових випробовувань вибраного способу боротьби з АСПВ.

У наших дослідженнях ми пішли по шляху вдосконалення магнітних приладів обробки нафти і водно-нафтової суміші для запобігання АСПВ. Шлях удосконалення має два напрями:

- поліпшити параметри існуючих приладів;
- отримати досягнуті на інших пристроях рівні, але при використанні більш дешевих, хімічно стійких і більш довговічних у складних умовах постійних магнітів.

Для підвищення магнітних параметрів приладів, а саме – амплітуди і градієнта напруження магнітного поля, вживалися конструктивні заходи, характерні для магнітних систем електронної техніки із застосуванням комбінованого розподілу намагнічування магнітів. Отримана конструкція багатореверсного пристрою з магнітним полем, яке регулюється у широких межах.

Зараз авторським колективом розроблено нові конструкції поліпшених магнітних антипарафінових пристроїв (МАП). Запропоновано пристрій, який дозволяє отримувати на трубопроводах великого діаметра параметри, не гірші, ніж ті, що раніше отримували лише на трубопроводах невеликого діаметра. Як свідчить проведений вище аналіз, раніше на великих трубопроводах задовільні параметри магнітного поля отримували лише за рахунок того, що більша частина його перерізу заповнювалася магнітною системою. Це призводило до неповного використання перерізу трубопроводу, збільшення швидкості потоку нафтової емульсії й відповідно до зниження терміну магнітної обробки рідини. Крім того, такі пристрої мають велику масу магнітів і внаслідок великої вартості останніх дуже коштовні. В інших конструкціях ефективне магнітне поле створюється лише у невеликій частині перерізу трубопроводу і більша частина емульсії пропускається взагалі без магнітної обробки.

У запропонованому МАП немає цих недоліків. У ньому за рахунок використання складнопрофільованих магнітопроводів трубопроводу магнітна система займає лише невелику частину перерізу трубопроводу. Кількість магнітів невелика, забезпечується ефективна магнітна обробка всього об'єму рідини, яка пропускається крізь пристрій у однакових умовах високоградієнтного поля при достатній тривалості обробки.

На рисунку 11 показано принципову схему запропонованого МАП. Реверсивно намагнічений постійний магніт 1 розташовано по осі трубопроводу 2 так, що він перекриває весь його переріз. Навколо магніту влаштовано кільцевий канал, який з'єднано з трубопроводом отворами 3, розташованими до і після магніту вздовж руху рідини. Зовнішні стінки каналу захищені кожухом 4, який утворює з ними проміжок 5.

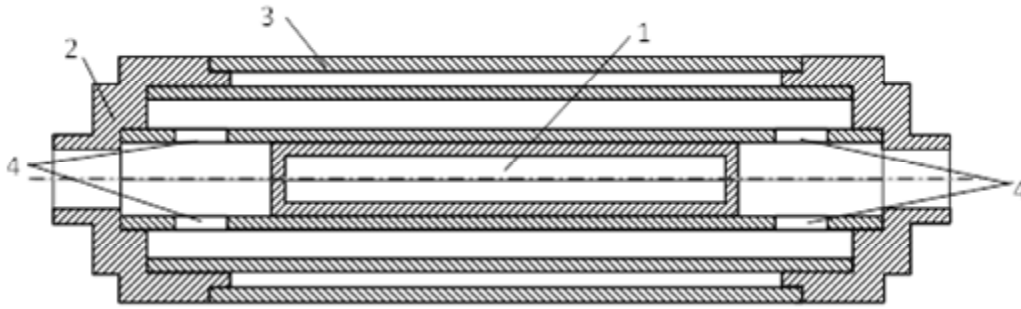


Рис. 11. Прилад МАП:

1 – реверсивно намагнічений постійний магніт; 2 – трубопровід; 3 – зовнішній корпус; 4 – отвори для введення і виведення рідини

Застосування МАП направлено на збільшення міжремонтного (міжремонтного) періоду свердловин за рахунок дії направленого магнітного поля. Механізм дії МАП спрямовано на предмет зміни в'язкості рідини, що проходить через пристрій.

Застосування МАП може бути ефективним як при фонтануванні свердловини, так і при експлуатації її глибинно-штанговими, відцентровими й діафрагмовими насосами, а також на нафтопроводах.

Міжремонтний період за рахунок застосування МАП збільшується в 1,8-2,6 рази.

МАП був упроваджений на родовищах ВАТ „Укрнафти” згідно з розпорядженням № 3н-8-112 від 15.04.2002 року і відповідно до „Програми проведення спільних досліджень випробувань магнітних антипарафінних пристроїв у НГВУ „Бориславнафтогаз”.

Пристрій проваджується з 2002 року на свердловинах № 948, 797, 1343 Бориславського НГВУ. Свердловини працюють і на сьогоднішній день.

Висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі. Проведені експериментальні та промислові дослідження дозволяють зробити такі загальні висновки. По-перше, різні технології боротьби з відкладеннями АСПВ у промисловому обладнанні з метою збільшення його міжремонтного періоду та підвищення інтенсифікації видобування нафти тільки частково розв'язують цю проблему. При позитивних у цілому результатах значний обсяг ужитих заходів виявився неефективним.

По-друге, застосування дії магнітної обробки нафти при її транспортуванні трубопроводами є окремим (самостійним) методом боротьби з відкладеннями парафіну.

Аналіз застосування існуючих магнітних пристроїв свідчить про високу ефективність магнітного методу. Але ці магнітні пристрої мають низку суттєвих недоліків до механізму магнітного впливу і до вимог до технічних параметрів магнітних пристроїв магніту.

У запропонованому МАП немає цих недоліків. У ньому за рахунок використання складнопрофільованих магнітопроводів трубопроводу магнітна система займає лише невелику частину перерізу трубопроводу. Кількість магнітів невелика, але забезпечує необхідну напругу магнітного поля для ефективної магнітної обробки всього об'єму рідини, яка пропускається крізь пристрій у однакових умовах високоградієнтного магнітного поля за всім перерізом потоку нафти.

Література

1. Михайеску Н., Александру С., Каппел В. и др. Системы с постоянными магнитами для магнитной обработки добываемой нефти, способствующие уменьшению твёрдых отложений // *Материалы XIII Международной конференции по постоянным магнитам, 25-29 сентября 2000 г, Суздаль.* – М.: Изд-во АДА-Мегатех, 2000. – С. 216-217.
2. Борсуий З.Р., Южанинов П.М., Михневич Т.Г. и др. Магнитная защита от парафиноотложений на месторождениях нефти в Пермской области // *Нефтяное хозяйство.* – 2000. – №12. – С.72-75.
3. Инюшин Н.В., Каштанова Л.Е., Лаптев А.Б. и др. Магнитная обработка промышленных жидкостей. – Уфа: Гос. изд.-во научно-технической литературы «Реактив». –2000. – 58 с.
4. Муслимов Р.Х., Хисамов Р.С., Сулейманов Э.И. и др. О повышении приемистости нагнетательных скважин с помощью магнитных устройств в НГДУ «Иркеннефть»// *Нефтяное хозяйство.* – 1998. – №7. – С. 24-25.
5. Прозорова И.В., Лоскутова Ю.В., Юдина Н.В. и др. Комплексное воздействие виброструйной магнитной активности и присадок различного типа для удаления асфальтопарафиновых отложений // *Нефтяное хозяйство.* – 2000. – № 11. –С. 102-104.
6. *Технология восстановления продуктивности скважин на основе использования физических полей.* Документ Министерства нефтяной промышленности СССР. ИРД-39-014-7035-88.
7. Классен В.И. *Омагничивание водных систем.* – М.: Химия, 1978.
8. Классен В.И. *Омагничивание водных систем.* – М.: Химия, 1982.
9. Лесин В.И., Дюнин А.Г., Хавкин А.Я. Изменение физико-химических свойств водных растворов под действием электромагнитного поля// *Журнал физической химии.* – 1993 №7. – С. 1113-1114.
10. Лесин В.И., Хавкин А.Я., Дюнин А.Г. и др. Особенности применения магнитной обработки закачиваемых агентов для повышения приемистости нефтяных пластов // *Нефтепромысловое дело.* – 1993. – №11,12. – С. 39-43
11. Голикова Е.В., Иогансон О.М., Дуда Л.В. и др. Агрегатная устойчивость водных дисперсий α -Fe₂O₃, α -FeOOH и α -Cr₂O₃ // *Коллоидный журнал.* – 1998. – Т.6, №2. – С.149-172.

12. Лесин В.И. Физико-химическая модель изменения нефтewытесняющих свойств воды после её магнитной обработки // Нефтепромысловое дело. – 2001. – № 5. – С.15-17.
13. Лесин В.И. Физико-химический механизм предотвращения парафиноотложений с помощью постоянных магнитных полей // Нефтепромысловое дело. – 2001. – №5. – С. 31-33.
14. Борьба с отложениями парафина// Сб. статей под редакцией Бабаляна. – М.: Недра, 1965.
15. Патент Англии 2257932, кл. CO2F 1/48, 27.01.93. Устройство для магнитной обработки воды.
16. Патент РФ 2010010, кл. CO2F 1/48, 30.03.94. Противонакипное устройство.
17. Патент Англии 2288553, кл. CO2F 1/48, 25.10.95. Магнит для обработки жидкостей.
18. А.С. СССР 1068395, кл. CO2F 1/48, 15.01.84. Устройство для омагничивания воды.
19. Патент РФ 2091323, кл. CO2F 1/48, 10.10.97. Магнитное устройство для обработки жидкости (варианты).
20. Патент Англии 2064504, кл. CO2F 1/48, 14.08.93. Устройство для магнитной обработки жидкости.
21. Патент РФ 2119459, кл. CO2F 1/48, 27.09.98. Устройство для омагничивания жидкости.
22. Патент РФ 2015112, кл. CO2F 1/48, 30.06.94. Аппарат для магнитной обработки жидкостей.
23. А.С. СССР 1736942, кл. CO2F 1/48, 30.05.92. Устройство для магнитной обработки жидкотекучих сред.
24. Патент РФ 2085507, кл. CO2F 1/48, 27.09.98. Устройство для магнитной обработки жидкостей.

Надійшла до редакції 20.11.2012

© О. І. Наливайко, А. М. Мангура, Л. Г. Наливайко

УДК 622.276.64

*А. И. Наливайко, к.т.н., доц.,
А. Н. Мангура, ст. преподаватель,
Л. Г. Наливайко, ст. преподаватель*

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

МАГНИТНАЯ ОБРАБОТКА НЕФТИ КАК МЕТОД БОРЬБЫ С ОТЛОЖЕНИЯМИ ПАРАФИНА ПРИ ЕЁ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ТРУБОПРОВОДАМИ

В данной статье анализируются существующие методы борьбы с отложениями АСПВ и предлагается рассмотреть применения магнитной обработки нефти при её транспортировке по трубопроводам как отдельный (самостоятельный) метод борьбы с отложениями парафина.

Ключевые слова: *нефть, исследования, парафин, скважина, магниты, межремонтный период.*

UDC 622.276.64

*O. I. Nalivaiko, PhD, Ph. D., Associate Professor,
A. M. Mangura, Senior Lecturer,
L. G. Nalivaiko, Senior Lecturer*

Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuka

MAGNETIC TREATMENT AS A METHOD OF PARAFFINE CONTROL IN THE PROCESS OF OIL TRANSPORTATION

Existing methods of asphalt-resin-paraffin deposits control and method of magnetic treatment in the process of pipeline oil transportation as a separate method of paraffins control are analysed in the article.

Keywords: *oil, study, paraffin, well, magnets, turnaround time.*