

ВИКОРИСТАННЯ ВНУТРІШНЬОЇ ЕНЕРГІЇ РІДИННОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ОЧИЩЕННІ ЙОГО ДІЄЮ ПОСТІЙНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ

О. М. Терентьев, канд. техн. наук, О. А. Можаровська, асп. (НТУУ «КПІ»)

Предложен способ очистки рабочей жидкости использованием комбинации кавитационного и электромагнитного энергетических источников.

Запропоновано спосіб очищення робочої рідини використанням комбінації кавітаційного та електромагнітного енергетичних джерел.

Method of cleaning the working liquid by using the combination of cavitation and electromagnetic power sources is suggested.

Вступ. Забруднення фільтруючих поверхонь нагнітаючих свердловин при видобуванні нафти методом підвищення пластового тиску може призвести до значного зниження їх приймальної здатності, а в окремих випадках і до повного припинення поглинання води. Згідно з інформацією по експлуатації водоводів Прилуцького родовища, яку надали спеціалісти НГВУ «Чернігівнафтогаз», у березні 1999 року внаслідок недостатнього очищення водного середовища було відмічено відкладення хлоркальцієвих солей в місці негерметичності насосно-компресорних труб. Тиск на викиді водяних насосів збільшився до максимального (4,0 МПа). Для визначення причин аварійного стану трубопроводу вирізали котушку з внутрішнім діаметром 114 мм. Виявилось, що внаслідок сольових відкладень прохідний отвір трубопроводу зменшився до 40 мм. Для ліквідації аварії довелося замінити 1300 м трубопроводу. Виміри на новозбудованій лінії подачі пластової води у квітні 1999 року показали відкладення солей на внутрішніх поверхнях технологічних трубопроводів товщиною 2 мм. У березні 2000 року товщина відкладень вже становила ~10...12 мм.

Для очищення води від домішок використовують механічні та хімічні методи. Вони вимагають складного обладнання та витрат на відповідні реагенти і забезпечують очищення тільки від завислих у воді речовин. Більш ефективними є фізичні методи, такі як електромагнітні, акустичні, гравітаційні тощо.

Магнітна обробка водного середовища має ряд переваг порівняно з іншими методами: забезпечує можливість керування рухом іонів в магнітному полі, а отже, безпосереднє видалення іонів домішок з потоку; діє на всі групи домішок; впливає як на хімічні, так і на фізичні процеси, що проходять у водному середовищі.

Очистка водного середовища магнітним полем відповідає таким стратегічним пріоритетним напрямкам інноваційної діяльності в Україні [1]: розроблення новітніх ресурсозберігаючих технологій, а саме: енергоефективного, ресурсозберігаючого, модульного, екологічно безпечного обладнання та устаткування для очищення води.

Науково–практичне значення роботи. Домішки у водному середовищі розділяють на чотири групи [2]:

- 1 група – завислі у воді речовини ($10^{-7} \dots 10^{-5}$ м);
- 2 група – гідрофільні та гідрофобні колоїдні системи ($10^{-8} \dots 10^{-7}$ м);
- 3 група – високомолекулярні речовини ($10^{-9} \dots 10^{-8}$ м);
- 4 група – електроліти, дисоційовані в воді на іони ($10^{-10} \dots 10^{-9}$ м).

Робота спрямована на створення системи тонкого очищення водного середовища від домішок 3 та 4 груп, які не можуть бути видалені при застосуванні традиційних методів очищення, а саме: механічних, хімічних, гравітаційних тощо. В роботі пропонується використовувати внутрішню енергію рідинного середовища для безпосереднього впливу керованих енергетичних потоків гравітаційних та електромагнітних джерел на внутрішні електромагнітні зв'язки між молекулами водного середовища і забруднюючими домішками.

Аналіз фізичних процесів очищення рідинних середовищ. Іони домішок, що забруднюють воду, знаходяться у стабілізованому стані і хімічно неактивні. Для підвищення хімічної активності іонів необхідно піддати їх зовнішньому енергетичному впливу. Активізація рідини може бути досягнута використанням зовнішніх енергетичних потоків та дифузорних поверхонь, які викликають гідродинамічну кавітацію. Під дією кавітації відбувається реструктуризація середовища за рахунок адіабатичного стиснення пустот та утворення режиму низькотемпературної плазми при схлопуванні кавітаційних бульбашок. Для цього використано генератор аксіально-симетричних коливань (ГАК) у поперечному магнітному полі. Під дією аксіально-симетричного магнітного поля генератора пропорційно індукції магнітного поля зменшується енергія електрона атома за рахунок додаткової енергії, яка надається магнітним полем (ефект Зеємана або Пашена-Бака). Коли енергія електрона в атомі стає рівною нулю, електрон може піти з атома (іонізація атому або молекули). Це приводить до підвищення хімічної активності молекул.

При роботі ГАК результуюча сила F (рис. 1) – сума сили Лоренца F_H , сили взаємодії іонів F_E та сили, обумовленої напірною характеристикою гідросистеми F_P на заряджену частинку в аксіально-симетричному поперечному магнітному полі, спрямована в напрямку, протилежному напрямку руху частинки v_0 . Поворотна сила, яку визначає сила Лоренца F_H , створює прискорення, що викликає рух частинок у напрямку, оберненому руху частинок в початковий момент. Ця швидкість досягає максимуму на деякій відстані C_0 від початку дії магнітного поля, при цьому поворотна сила дорівнює нулю. Наявність від'ємної швидкості приводить до появи та збільшення від'ємного зміщення. Поворотна сила стає додатною, направленою на подолання інерції, обумовленої від'ємною швидкістю. Далі процес повторюється, відбуваються коливання частинок на межі, яку визначає параметр C_0 [3]. Сила опору системи, що визначається силою взаємодії іонів F_E , приводить до затухання коливань.

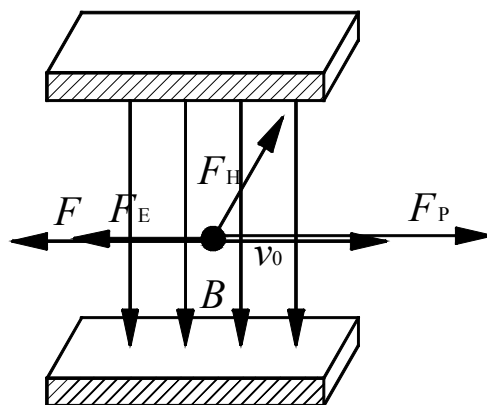


Рис. 1. Векторна схема дії сил на заряджену частинку в постійному аксіально-симетричному поперечному магнітному полі

Внаслідок впливу магнітного поля на домішки водного середовища виникає гідродинамічна кавітація [4]. У рідині інтенсивно утворюються кавітаційні бульбашки. Вони зменшуються під дією тиску. При зменшенні діаметра бульбашок зростає їх питомий поверхневий заряд. Внаслідок різниці концентрацій катіонів та аніонів виникають електричні поля, які викликають електричні розряди. Наявність таких розрядів є однією з головних причин підвищення хімічної активності частинок і виникнення ланцюгових хімічних реакцій. Ці реакції протікають за участю активних центрів – атомів, іонів або радикалів, тобто частинок молекул, які мають неспарені електрони. Неспареність електронів забезпечує підвищену реакційну активність. При актах взаємодії активних центрів з молекулами середовища утворюються продукти реакції і нові активні частинки. Кінець ланцюгової реакції може відбутися при співударянні активних частинок між собою або активних частинок зі стінкою. В результаті активні частинки об'єднуються у молекули, а виділена енергія віддається неактивній частинці. Утворені молекули реагують з шаром накипу на внутрішніх поверхнях труб. Завдяки гідродинамічній кавітації уздовж стінки труби поширюються хвилі стиснення і розтягування, які утворюють мікропорожнини у мікрокристалічних зв'язках відкладень. Зруйновані забруднюючі домішки, які є в потоці, не закріплюються на стінках і не утворюють осередків кристалоутворення на стінках трубопроводу. Тому робота ГАК приводить не до відшарування великих частинок старого накипу, а до їх розчинення.

Для омагнічування води зовнішнім знакозмінним полем було використано блок знакозмінного магнітного поля (БЗМ). БЗМ складається з немагнітної труби та магнітів кільцевої форми, що розташовані на ній. Вода, багаторазово проходячи крізь поле, хімічно активізується і утворює комплекси $(\text{H}_2\text{O}\dots\text{H})^+$, які відштовхують від себе катіони кальцію, магнію тощо. При проходженні води крізь знакозмінне магнітне поле підсилюється асиметрія електронної щільності молекул, зростає величина ванфлековського парамагнетизму, що забезпечує реструктуризацію водного середовища. Магнітна обробка викликає зменшення кристалічних утворень і перехід ромбоєдричної структури у веретеноподібну, про що свідчить перехід кальциту

CaCO_3 в арагоніт. Це пояснюється поляризацією іонів та зміною їх форми з кулі на еліпс. Іони орієнтують навколо себе молекули води (диполі), утворюючи гідратний шар або гідратний ансамбль. Молекули води притягуються до іона, що викликає локальне збільшення щільності води (локальна мікроскопічна неоднорідність), позитивну гідrataцію іонів. Самі “солі жорсткості” у воді залишаються, але кристали їх різко змінюють форму (кальцит на арагоніт) і у новому вигляді вже не утворюють накипу. Таке лужне середовище руйнує старий накип і його компоненти. Частина катіонів і аніонів у розчині води знаходиться у зв’язаному стані і не визначається фізико-хімічними методами контролю. При накладанні знакозмінного магнітного поля проходить розщеплення енергетичних рівнів електронів, і вони стають делокалізованими. При тепловій рівновазі існує надлишок магнітних моментів на найбільш низькому зі зміщених енергетичних рівнів, внаслідок чого збільшується внесок обмінних зусиль у взаємодію молекул води, і довжина водневого зв’язку зменшується, доки обмінні зусилля не будуть зрівноважені кулонівським відштовхуванням.

На ділянці шляху дії магнітного поля, що повільно змінюється, частинка рухається по гвинтовій траєкторії. Це обумовлено сумою двох рухів по колу і вздовж силової лінії магнітного поля. Коло, по якому рухається заряджена частинка, називається ларморовим [5]. В залежності від зміни величини напруженості магнітного поля вздовж траєкторії руху зарядженої частинки відбувається одночасно зміна радіусів витків гвинтової лінії. Таким чином, змінюється крутизна гвинтової лінії, тобто кут, який утворює траєкторія з напрямом силових ліній. Рух частинки на ділянці шляху можна розглядати як переміщення ларморового кола вздовж силової лінії (рис. 2). Коли силові лінії паралельні, то в кожній точці сила Лоренца спрямована по радіусу і не може змінити поздовжню компоненту швидкості. В полі, де силові лінії сходяться, з’являється складова сили Лоренцо, спрямована перпендикулярно до площини ларморового кола. Ця сила намагається виштовхнути частинку з області більшої напруженості поля. На цьому принципі й базується дія БЗМ.

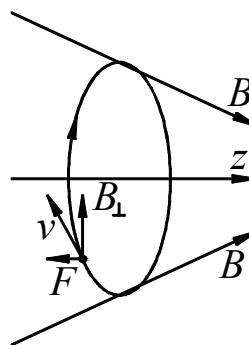


Рис. 2. Векторна схема дії сил на заряджену частинку в постійному аксіально-симетричному поздовжньому магнітному полі

БЗМ за рахунок відбиття частинок від зони з більшою напруженістю поля затримує заряджені частинки в зоні з меншою напруженістю поля, тобто є

магнітною пасткою. Керування напрямом руху частинки здійснюється шляхом зміни кута, який утворюють вектор швидкості та силові лінії магнітного поля. Кут змінюють, змінюючи напруженість магнітного поля вздовж осі труби. Це досягається по черговим установленням магнітів з більшою та меншою напруженістю магнітного поля в центрі труби.

Технологічна система очищення робочої рідини має два ступеня, в яких відбувається поетапне очищення потоку рідини від іонів домішок: генератор аксіально-симетричних коливань та блок знакозмінного магнітного поля.

Висновки

Магнітно-кавітаційна система очищення робочих рідин не потребує енергозатрат, пожежо- та вибухобезпечна. Використання різних видів енергетичного навантаження приводить до взаємодії мікро- та макропроцесів, забезпечує єдність механічних, електромагнітних та гравітаційних явищ на всіх етапах очищення рідини. Завдяки цьому підвищується ККД процесу розірвання зв'язків між молекулами води та домішок і збільшується ефективність очищення рідинного середовища.

1. Закон України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» на 2003–2013 роки від 16 січня 2003 року № 433-IV.

2. Кульский Л. А. Водочистка в электромагнитном поле. – К.: Знание, 1984. – 19 с.

3. Терентьев О. М., Можаровська О. А. Фізико-математична модель руху заряджених частинок водного середовища в постійному аксіально-симетричному поперечному магнітному полі пастки // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – № 3. – 2007. – С. 94–100.

4. Терентьев О. М., Можаровська О. А. Обработка водного средовища в аксіально-симетричному поперечному магнітному полі // 6-й Міжнародний конгрес і технічна виставка «ЕТЕВК-2007»: Зб. доповідей. – С. 74–77.

5. Арцимович А. А., Лукьянов С. Ю. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях. – 2-е изд. – М.: Наука, 1978. – 224 с.