

УДК 621.64.029+548.56

ВПЛИВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ НА КРИСТАЛІЗАЦІЮ ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПАРАФІНОВИХ ВУГЛЕВОДНІВ НАФТИ

О.Є.Федоров, Т.О.Кріцак, Н.М.Орчик

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 48090,
e-mail: fedorov250240@rambler.ru

З точки зору впливу електричного поля на кристалічну ґратку парафіну та орієнтацію його молекул вивчено дію такого поля на напруження зсуву парафінових вуглеводнів нафти. Описано лабораторну установку та методику експерименту. Встановлено, що змінне електричне поле суттєво впливає на механічні властивості парафіну, зменшуючи його напруження зсуву в два рази. Вказано практичні аспекти застосування отриманих результатів.

С точки зрения влияния электрического поля на изменение кристаллической решетки парафина и ориентации его молекул изучено воздействие такого поля на напряжение сдвига парафиновых углеводородов нефти. Описаны лабораторная установка и методика эксперимента. Установлено, что переменное электрическое поле оказывает существенное влияние на механические свойства парафина, уменьшая его предельное напряжение сдвига в два раза. Указаны практические аспекты применения полученных результатов.

From the point of view of electric field action on the paraffin crystal lattice and molecules orientation, influence of electric field on the mechanical properties of oil paraffin are studied. The laboratory setting and method of experiments are described. It was detected, that alternating electric field influence substantially on mechanical properties of the paraffin. The mechanical shear stress of paraffin decies in two times. The practical application of these results are indicated.

Питання впливу електричного поля на процес кристалізації та механічні властивості різних речовин мають значний науковий та практичний інтерес. Встановлено, що електричне поле зменшує час кристалізації і, разом з тим, спостерігається ряд явищ, які вимагають подальшого дослідження. Особливо це стосується структури утворених в полі кристалів [1]. Що стосується впливу електричного поля безпосередньо на кристалізацію парафінових вуглеводнів нафти, то в цьому напрямі певний інтерес викликає робота [2]. В цій роботі описано методику визначення температури кристалізації парафіну в нафті на основі визначення точки перегину кривої залежності діелектричної проникності нафти від температури. Було встановлено, що особливу роль при цьому відіграє наявність асфальтенів. З точки зору впливу електричного поля на утворення відкладень, автори роботи [3] пояснюють механізм цього впливу. Основним результатом проведених дослідів, які описано в [3], є підтвердження значної ролі електрофізичних механізмів в утворенні поверхневих відкладень з нафтопродуктів, що містять асфальтени. Отримані результати вказують, що причиною механізму впливу електричного поля може бути симетрія розташування функціональних груп, які визначають дипольний момент асфальтенів. Безпосереднє прикладне значення цих результатів полягає в тому, що вплив електричного поля на конкретне рідке середовище може приводити до зменшення відкладень, в залежності від поєднання таких робочих параметрів, як напруженість поля, температура рідини та концентрація смол і асфальтенів. Також з точки зору впливу фізичних полів на кри-

сталізацію парафінових вуглеводнів нафти розглядається вплив даних полів на відкладення парафіну під час добування і транспортування нафти [4]. Огляд літературних даних про вплив фізичних полів на процес кристалізації був би не повним, якщо б не згадати так звану магнітну обробку, яка ніби діє тільки в необхідному напрямі, зменшує відкладення парафіну, зменшує утворення накипів і т.п. В цьому відношенні досить цікавою є робота [5], в якій не без підстав ставиться під сумнів універсальну дію магнітного поля для досягнення необхідного результату. Тому в наших дослідженнях ми виходили з достовірно науково встановлених фактів. А саме, нафта та її парафінові вуглеводні є діамагнетиками. Звичайно, магнітне поле впливає на діамагнетики, але цей вплив настільки малий і припиняється після дії поля, що макроскопічні прояви такого впливу будуть настільки малі, що помітити їх в межах похибки експерименту практично неможливо. Інша справа - електричне поле і тому нафта, як діелектрик є електрично «чутливий» об'єкт, особливо в присутності полярних компонент смол і асфальтенів. І якщо дійсно електричне поле приводить до суттєвих мікрозмін в кристалізації парафіну, то ці зміни можна виявити по зміні макровеличин, що характеризують стан самого парафіну. Тому в своїх дослідженнях ми поставили питання про вплив електричного поля на механічні властивості парафіну, який кристалізувався в такому полі.

Раніше проведені рентгенографічні дослідження свідчать, що під дією електричного поля напруженістю порядку 10^3 В/см має місце утворення косокутної модифікації кристалів

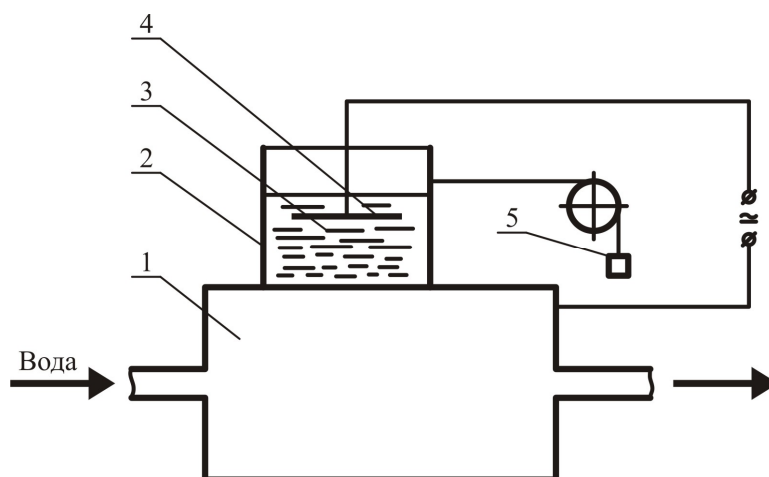


Рисунок 1 — Принципова схема лабораторної установки для вивчення впливу електричного поля на максимальне напруження зсуву парафіну

парафіну. Так, для парафіну $C_{27}H_{56}$ велика міжплощинна відстань внаслідок дії електричного поля зменшується з 3,642 нм до 34,60 нм. Ця міжплощинна відстань являє собою відстань між площинами, які проходять через кінці ланцюгових молекул парафіну. Тобто, в електричному полі відбувається своєрідний зсув кристалічної ґратки парафіну. Крім того, спостерігалось ще одне особливе явище – вісі ланцюгових молекул парафіну, який кристалізується в електричному полі займають горизонтальне положення у відношенні до поверхні, на якій відбувається кристалізація. Саме така «лежача» орієнтація молекул на твердій поверхні повинна призводити до зменшення енергії зв'язку молекул з твердою поверхнею, на якій вони знаходяться. Поки що експериментально таке явище вивчено недостатньо, відсутні кількісні характеристики такого впливу на зв'язок парафіну з твердою поверхнею. Такою кількісною характеристикою в наших дослідженнях було вибрано граничне напруження зсуву.

Визначення граничного напруження зсуву парафіну проводилось на лабораторній установці, основний елемент якої зображений на рис. 1.

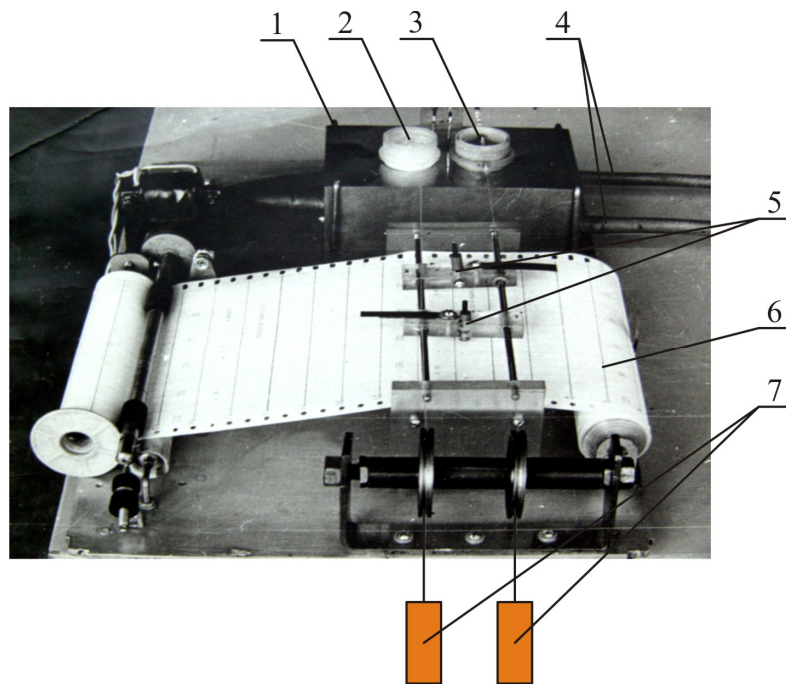
На металевій поверхні 1, яка одночасно служила електродом, встановлювалась камера 2 з органічного скла, в якій знаходився парафін 3. Між плоским електродом 4, розташованим паралельно до металевої поверхні 1 в парафіні створювалось електричне поле. Конфігурація електричного поля була близькою до поля плоского конденсатора. Лабораторна установка давала можливість потоком води від термостата змінювати і підтримувати температуру металевої поверхні в наперед заданому режимі. Зсув парафіну здійснювався за допомогою вантажу 5. На металевій поверхні знаходились дві однакові камери. Одна камера, в якій парафін кристалізувався в електричному полі, а в другій камері кристалізація відбувалась без дії поля. Така система двох взірців, один з яких є контрольним, дає змогу створити ідентичні умови кристалізації і достеменно виявити вплив електричного поля на кристалізацію парафіну.

На рис. 2 зображено загальний вигляд лабораторної установки, що деталізує вищевказану принципову схему.

Початок зсуву камер з парафіном фіксувався на діаграмній стрічці. Кожну камеру було зв'язано з пером, слід якого на рухомій діаграмній стрічці фіксував в часі динаміку руху камер, що давало змогу визначити початок зсуву парафіну при заданій температурі та відомій дотичній силі. Знаючи площу поперечного перерізу взірців парафіну і прикладену дотичну силу, яка створювалась вантажами, визначено дотичне напруження зсуву.

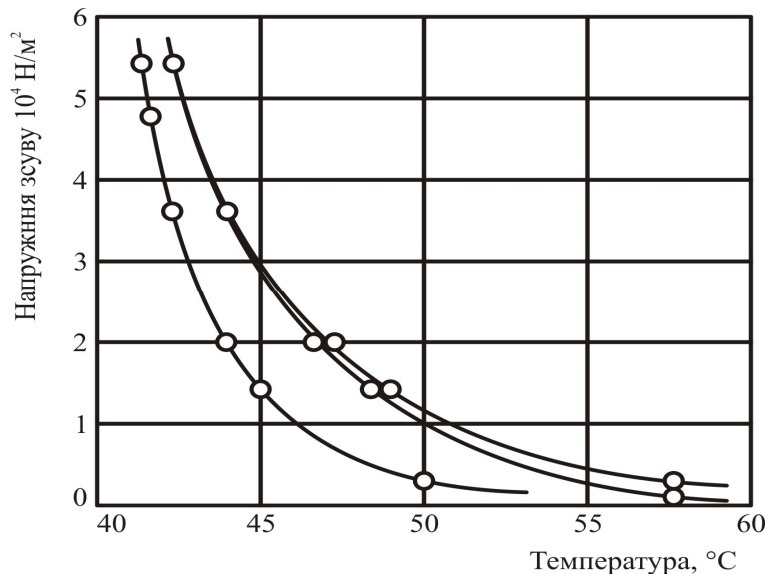
Дослід проводився за наступною методикою. Так, на попередньо нагріту до $80^{\circ}C$ металеву поверхню у встановлені на ній дві камери заливався парафін при тій же самій температурі. Після цього система автоматичного керування температурою переводилась в режим охолодження з швидкістю $0,5^{\circ}C/хв$ і в одній з камер створювалось електричне поле. Температура плавлення досліджуваного парафіну становила $60^{\circ}C$. Парафін в другій камері, де поле було відсутнім служив контрольним взірцем. Після закінчення кристалізації дія електричного поля припинялась і температура ще знижувалась до $20^{\circ}C$. Завершивши таку першу частину експерименту, до ниток, зв'язаних з камерами, підвішувались вантажі однакової маси, і система управління температурою переводилась в режим нагріву з швидкістю $0,5^{\circ}C/хв$. Визначалась температура поверхні, за якої починається зсув парафіну (попередня пряма лінія на діаграмній стрічці різко відхиляється). Проводячи досліди з різними дотичними напруженнями (підвішуючи вантажі різної маси), визначали температуру, за якої відбувається зсув парафіну залежно від умов його кристалізації:

- 1) без дії електричного поля;
- 2) кристалізація в постійному електричному полі напруженістю 6000 В/см;
- 3) в змінному електричному полі частотою 50 Гц і напруженістю 6000 В/см (поля більшої напруженості приводили до пробію шару парафіну).



1 – металева поверхня, на якій в електричному полі кристалізується парафін;
 2,3 – кристалізаційні камери, в одній кристалізація відбувається в електричному полі,
 в другій без поля (контрольний зрієць); 4 – шланги водяної термостатуючої системи,
 5 – каретки запису зміщень кристалізаційних камер; 6 – діаграмна стрічка запису зміщень камер;
 7 – вантажі, які здійснюють зміщення камер з парафіном

Рисунок 2 — Загальний вигляд лабораторної установки для вивчення дії електричного поля на кристалізацію парафіну і його механічні властивості



Умови кристалізації парафіну: 1 – без електричного поля; 2 – в постійному електричному полі напруженістю 6 кВ/см; 3 – в змінному електричному полі частотою 50 Гц і напруженістю 6 кВ/см

Рисунок 4 – Експериментальні залежності дотичного напруження зсуву парафіну C₂₇H₅₆ від температури за різних умов кристалізації

На рис.3 зображено отримані експериментальні залежності дотичного напруження зсуву парафіну C₂₇H₅₆ від температури.

Постійне електричне поле (крива 2), діючи на процес кристалізації парафіну призводить до незначної зміни його механічних властивостей. Наприклад, дотичні напруження зсуву двох зразків парафіну (без поля, в полі) за 45⁰С прак-

тично однакові. Значно більший ефект спостерігається внаслідок дії змінного електричного поля (крива 3). Тут напруження зсуву парафіну, який кристалізувався в змінному електричному полі, зменшується в 2 рази.

Фізичний зміст такого впливу досить простий. Електричне поле, діючи на кристалізацію парафіну, орієнтує осі цих молекул паралельно

поверхні, на якій відбувається кристалізація. Така «лежача» орієнтація відповідає мінімальній енергії зв'язку молекул з твердою поверхнею, що проявляється в зміні механічних властивостей парафіну, в зменшенні його напруження зсуву. Той факт, що змінне електричне поле приводить до більшого ефекту, ніж постійне, легко пояснити специфічним впливом змінного поля. А саме тим, що змінне електричне поле, як вібратор, упаковує осі молекул парафіну в горизонтальному напрямі, і тому більше молекул парафіну буде мати горизонтальну орієнтацію.

З практичної точки зору такий вплив змінного електричного поля на напруження зсуву парафіну може бути використано як метод попередження відкладень парафіну під час видобування і трубопровідного транспортування нафти.

Література

1 Беляев А.П. Влияние внешних условий на механизмы кристаллизации / А.П.Беляев, В.П.Рубец // Физика твердого тела. – 2005. – Т. 47. – Вып.2. – С.193-195.

2 Фатыхов М.А. Воздействие электромагнитного поля на процесс кристаллизации парафина / М.А.Фатыхов, Н.Я.Багаутдинов // Нефтегазовое дело. – 2007. – №11. – С.145-155.

3 Евдокимов И.Н. Влияние электрического поля на процессы образования отложений из жидких сред с повышенным содержанием смолисто-асфальтеновых веществ / И.Н.Евдокимов, Н.Ю.Елисеев // Наука и технология углеводородов. – 2000. – №2. – С.54-58.

4 Лесин В. И. Физико-химические основы нетеплового воздействия электромагнитных и акустических полей на нефть для предотвращения отложений парафинов / В.И.Лесин // Нефтяное хозяйство. – 2004. – № 1. – С. 37-39.

5 Очков.Ф.Н.Магнитная обработка воды: история и современное состояние / Ф.Н.Очков // Энергоснабжение и водоподготовка. – 2006. – №2. – С.48-53.

*Стаття поступила в редакційну колегію
13.05.09*

*Рекомендована до друку професором
Середюк М.Д.*