

**Люта Наталія Вікторівна**

*кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри газонафтопроводів та газонафтосховищ  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

**Люта Наталия Викторовна**

*кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры газонефтепроводов и газонефтехранилищ  
Ивано-Франковський національний технічний університет нафти и газа*

**Liuta Nataliia**

*PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of  
Oil and Gas Pipelines and Storage Facilities  
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*

**Лісафін Володимир Петрович**

*кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри газонафтопроводів та газонафтосховищ  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

**Лисафин Владимир Петрович**

*кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры газонефтепроводов и газонефтехранилищ  
Ивано-Франковський національний технічний університет нафти и газа*

**Lisafin Volodymyr**

*PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of  
Oil and Gas Pipelines and Storage Facilities  
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*

**ВИВЧЕННЯ ТА АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ  
ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ  
НА РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СИРИХ НАФТ**

**ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ  
НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЫРЫХ НЕФТЕЙ**

**STUDY AND ANALYSIS OF EXPERIMENTAL RESEARCH  
OF THE INFLUENCE OF THE ELECTRIC FIELD  
ON RHEOLOGICAL PROPERTIES OF CRUDE OILS**

**Анотація.** Проведено аналіз експериментальних досліджень впливу електричного поля на реологічні властивості сирих нафт різного походження.

**Ключові слова:** сира нафта, в'язкість, електричне поле, реологічні властивості.

**Аннотация.** Проведен анализ экспериментальных исследований влияния электрического поля на реологические свойства сырых нефтей различного происхождения.

**Ключевые слова:** сырая нефть, вязкость, электрическое поле, реологические свойства.

**Summary.** The analysis of experimental researches of influence of an electric field on rheological properties of crude oils of a different origin is carried out.

**Key words:** crude oil, viscosity, electric field, rheological properties.

**П**ошук технологій покращення умов перекачування нафти триває більше 25 років у всьому світі. Зазвичай використовують термічну обробку та різноманітні протитурбулентні присадки в якості ключового рішення для усунення обмежень пропускної здатності, граничного тиску або для зниження рівня використання енергії в процесі щоденної експлуатації нафтопроводів [1, с. 37].

Ряд досліджень свідчать, що застосування імпульсу магнітного поля або імпульсу електричного поля може істотно знизити в'язкість нафти на декілька годин [2, с. 2051]. Цей метод зниження в'язкості не призводить до зміни температури сирої нафти; натомість, він тимчасово агрегує парафінові чи асфальтові частинки всередині сирої нафти, тим самим збільшуючи їх розмір. Така агрегація частинок змінює реологічні властивості сирої нафти, що призводить до зниження її в'язкості. Таке зниження в'язкості не є постійним. Дія методу триває декілька годин і його можна застосовувати повторно. Такий метод часто застосовують, наприклад, у випадку транспортування нафти глибоководними трубопроводами.

Зниження в'язкості нафти за допомогою магнітного чи електричного поля має тимчасовий ефект, який триває протягом 12–48 годин. Після чого нафта повертається до свого природного реологічного стану. Технологія змінює молекулярну структуру сирої нафти, щоб зменшити тертя між частинками рідини зсередини.

Експериментальні дослідження впливу електричного та магнітного полів на сиру нафту проводили незалежно один від одного 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).

Кожне з досліджень і випробувань незалежно один від одного підтвердили ефективність застосування цих полів для зниження в'язкості нафти і доступні на веб-сайті: [www.stwa.com](http://www.stwa.com) [3].

Установки для експериментальних досліджень впливу імпульсу електричного поля на в'язкість нафт представлені на рисунку 1.

Пристрій, зображений на рисунку 1а, використовувався для досліджень проби сирої нафти за кімнатної температури або за від'ємних температур [4, с. 3–10].

Пристрій, зображений на рисунку 1б, розроблений спеціально для експериментальних досліджень сирої нафти Дацин, яка перестає бути текучою рідиною та перетворюється на гель за температури 32 °C і нижче. Отже, температуру зразка нафти Дацин необхідно підтримувати вищою за 32 °C.

Зразок сирої нафти завантажують в циліндричний контейнер у верхній частині, яка служить резервуаром. Під резервуаром, є перемикач. Коли перемикач відкритий, сира нафта стікає вниз під дією сили тяжіння, проходить через три електрода в довгу капілярну трубку. Вниз через капілярну трубку сира нафта потрапляє на чашу мікроваг. Мікроваги підключені до комп'ютера, який, з програмним забезпеченням LabVIEW, автоматично записує масу нафти в чаші, як функцію часу. Отже, можна визначити витрату нафти. Маючи витрату нафти, дослідники визначали її в'язкість. У цій експериментальній установці, градієнт тиску внаслідок гравітації залишається постійним. Таким чином, збільшення витрати нафти досягається за рахунок зменшення в'язкості зменшується.

Електроди з'єднані з джерелом живлення високої напруги. Коли блок живлення включений, сильне



а)



б)

а — установка для досліджень нафти з родовища Чанцин та з Венесуели;

б — установка для досліджень нафти з родовища Дацин

Рис. 1. Експериментальні установки для дослідження впливу імпульсу електричного поля на в'язкість нафт [4]

електричне поле створюється в напрямку потоку, змушуючи частинки суспензії всередині сирової нафти об'єднуватися в обтічні короткі ланцюжки вздовж напрямку потоку. Таким чином, ефективна в'язкість нафти знижується без застосування нагрівання нафти або її розбавлення [4, с. 4–10].

Результати експериментів, проведених для зразка сирової нафти з родовища Дацин (Daqing) наведені в таблицях 1–4.

Такі ж експерименти проводилися на зразках сирової нафти з родовища Чанцин (Changqing), що як і сира нафта з родовища Дацин, має парафінову основу. Експерименти проводилися за температури 26.5 °С.

Коли немає дії електричного поля, витрата нафти становить 0,21998 г/с, що відповідає в'язкості 178,26 сП. Під дією електричного поля 4000 В/см, витрата збільшується до 0,4237 г/с, і в'язкість зменшується до 92,55 сП. Електричне поле величиною 7200 В/см збільшує витрату потоку до 0,6 г/с і знижує в'язкість до 65,35 сП. Коли застосували електричне поле 9600 В/см, витрата потоку збільшується до 1,0 г/с і в'язкість знижується до 38,9 сП. З електричним полем 9600 В/см, витрата потоку зростає на 354,6% і в'язкість знижується на 78,2%.

Під час експериментів з нафтами родовищ Дацин та Чанцин було помічено, що ця технологія зниження в'язкості потребує дуже мало енергії. Для обробки одного бареля сирової нафти Дацин та Чанцин, було витрачено приблизно 0,1 кВт·год електроенергії.

На відміну від нафт китайських родовищ Дацин та Чанцин, венесуельська сира нафта має асфальтенову основу. Масштабні експериментальні дослідження, виконані у Temple University (USA), довели, що застосування дії електричного поля може суттєво зменшити в'язкість і такої сирової нафти.

Експерименти проводилися за температури 26,1 °С. Без дії електричного поля витрата сирової нафти з родовищ Венесуели становила 0,00194 г/с, що відповідає в'язкості 1628,2 сП. Коли застосували помірне електричне поле 800 В/см, витрата зросла до 0,00324 г/с і в'язкість знизилась до 971,7 сП. Отже, витрата зросла на 67% і в'язкість знизилась на 40,32%. Це має велике значення, особливо для такого помірного електричного поля. Під час експериментальних досліджень також було відзначено, що венесуельська сира нафта містить більше води, ніж нафти Дацин і Чанцин. Таким чином, обробка вимагає більше енергії. Для обробки одного бареля нафти з Венесуели потрібно приблизно 0,3 кВт·год електроенергії.

Вивчення та аналіз експериментальних досліджень впливу електричного поля на реологічні властивості різносортих нафт дає можливість стверджувати, що дія електричного поля на кожен нафту дуже різною, тому для визначення ступеня впливу електричного поля на в'язкість нафти, кількості електричної енергії, необхідної для обробки, сили електричного поля, часу обробки нафти необхідно проводити експериментальні дослідження, описані вище, для кожного сорту нафти індивідуально.

Таблиця 1

**В'язкість зразка сирової нафти з родовища Дацин (Daqing) за температури 35,1 °С**

Частота, 1/с	10	20	30	40	50	100	150	180
В'язкість, (сП)	1500	911	663	527	441	283	219	190

Таблиця 2

**В'язкість зразка сирової нафти з родовища Дацин (Daqing) за температури 35,1 °С після дії на нього електричного струму силою 8000 В/см**

Частота, 1/с	10	20	30	40	50	100	180
В'язкість, (сП)	524	390	327	287	258	200	186

Таблиця 3

**В'язкість зразка сирової нафти з родовища Дацин (Daqing) за температури 35,1 °С через 13 годин після дії на нього електричного струму силою 8000 В/см**

Частота, 1/с	10	20	30	40	50	80	100	120	160	180
В'язкість, (сП)	710	480	385	324	290	220	210	190	135	165

Таблиця 4

**В'язкість зразка сирової нафти з родовища Дацин (Daqing) за температури 35,1 °С через 26 годин після дії на нього електричного струму силою 8000 В/см**

Частота, 1/с	10	20	30	40	50	80	100	120	150
В'язкість, (сП)	693	487	389	332	292	258	242	229	216

#### Література

1. Пилипів Л. Д. Дослідження впливу протитурбулентних присадок на реологічні властивості нафти і пропускну здатність магістрального нафтопроводу / Л. Д. Пилипів // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2006. № 1(18). С. 37–40.
2. Reducing the Viscosity of Crude Oil by Pulsed Electric or Magnetic Field. Tao R., X. Xu / Energy & Fuels, 2006 (20). PP. 2046–2051.
3. QS Energy: web-site. URL: [www.stwa.com](http://www.stwa.com)
4. Report AOT Viscosity Reduction Test in China Using Certain Chinese Crude Oil Sample. // Petrochina Pipeline R&D Centre, June 26, 2012. P. 17.