

УДК 622.245.52

**STUDY OF PRESSURE FLUCTUATIONS CREATED BY A
HYDRODYNAMIC CAVITATOR****ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ ТИСКУ, ЯКІ СТВОРЮЮТЬСЯ ГІДРОДИНАМІЧНИМ
КАВІТАТОРОМ**

Yakymchko Y. Y. / Якимечко Я. Я.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-4406-0094

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
Karpatska, 15, Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76019Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
Карпатська, 15, Івано-Франківськ, Україна, 76019

Анотація. В роботі розглядаються експериментальні дослідження роботи гідродинамічного кавітатора та його вплив на параметри нафти Долинського родовища.

Дослідження проводилися на базі нафтогазовидобувного управління «Долинанафтогаз» за розробленою програмою і методикою з метою: визначення частоти і амплітуди пульсацій тиску на виході з гідродинамічного пристрою-кавітатора; визначення впливу створюваних пульсацій тиску на процес зниження в'язкості нафти; оцінки динаміки зміни в'язкості нафти при її обробленні гідродинамічним кавітатором.

У статті наведено схему дослідної установки, описано порядок проведення експерименту, проаналізовано отримані результати, які свідчать про зміну реологічних показників нафти, що піддавалась впливу кавітаційно-пульсаційних коливань.

Внаслідок проведення експериментальних досліджень були отримані такі результати: встановлено виникнення пульсацій тиску і кавітаційних процесів у потоці робочої рідини при її проходженні через гідродинамічний кавітатор; встановлено характер пульсації потоку, який полягає у зменшенні величин тиску на виході з пульсаційної камери з частотою 10-12 Гц. Амплітуда коливань при роботі з комбінованим соплом діаметром 8 мм складала на вході в установку 4,6-7,0 МПа, а на виході 0,21-0,24 МПа, а з комбінованим соплом діаметром 6 мм відповідно 2,1-8,3 МПа і 0,21-0,28 МПа. Виявлено, що зниження в'язкості високов'язкої нафти відбувається з перших секунд роботи гідродинамічного кавітатора, який, створюючи знакозмінні коливання тиску, руйнує механічну структуру високов'язкої нафти, що сприяє збільшенню швидкості її відкачування із свердловин.

Ключові слова: нафта, кавітатор, коливання, тиск, амплітуда, в'язкість.

Abstract. Experimental study of the hydrodynamic cavitator and its influence on the parameters of oil Dolinskogo field has been performed. The studies were conducted on the basis of Oil and Gas Management "Dolianaftogaz" on the developed program and methodology in order to: determine the frequency and amplitude of the pressure fluctuations at the output of the hydrodynamic device - cavitator, to determine the influence of pressure fluctuations that are created, the process of reducing the viscosity of crude oil; assess the dynamics of changes in the viscosity of the oil when it is processed by the hydrodynamic cavitator.

The article shows a diagram of the experimental setup described in the procedure of the experiment, an analysis of the results was made, showing the change of rheological parameters of oil exposed to the cavitation-pulsating vibrations.

As a result of experimental research achievements were as follows: set the emergence of pressure fluctuations and cavitation processes in the flow of the working fluid as it passes through the hydrodynamic cavitator; established the nature of flow pulsations, which is to reduce the pressure values at the outlet of the pulsation chamber with a frequency of 10-12 Hz, and the oscillation amplitude when working with a combined nozzle diameter of 8 mm was at the entrance to the installation of 4,6-7,0 MPa, and output 0,21-0,24 MPa, and the combined nozzle with a diameter of 6 mm, respectively 2,1-8,3 MPa and 0.21-0.28 MPa; it was found that the decrease in

the viscosity of highly viscous oil comes from the first seconds of the hydrodynamic cavitator that creates alternating pressure fluctuations and destroys the mechanical structure of the high-viscosity oil so helps to increase its rate of pumping from wells.

Key words: oil, cavitator, vibrations, pressure, amplitude, viscosity.

Вступ. Проблема пошуку ефективних технологій видобування високов'язкої нафти із свердловин сьогодні є актуальною у всіх нафтовидобувних країнах світу, у тому числі і в Україні. Для удосконалення цих технологій і технічних засобів використовують нові фізичні явища та ефекти. До таких фізичних явищ відноситься і кавітація. Використання кавітаційно-пульсаційної технології для зниження в'язкості важких нафт в свердловинних умовах на родовищах з високов'язкими вуглеводнями може забезпечити істотне збільшення дебіту свердловин та зниження витрат на їх експлуатацію [1]. Тому проблема більш ефективного експлуатації свердловин, що продукують високов'язкі нафти, за умов існування дефіциту енергоносіїв є актуальною і потребує подальшого вивчення.

Дослідження коливань тиску, які створюються гідродинамічним кавітатором. Гідродинамічний кавітатор встановлюється на вході у всмоктувальну лінію струминного насоса і, створюючи штучну кавітацію, руйнує механічну структуру високов'язкої нафти, яка всмоктується струминним насосом. Для реалізації цієї технології в Івано-Франківському національному університеті нафти і газу була удосконалена конструкція гідродинамічного кавітатора [1, 2] і проведено дослідження пульсаційно-кавітаційних процесів, що виникають під час роботи такого пристрою. Схема гідродинамічного кавітатора зображена на рисунку 1.

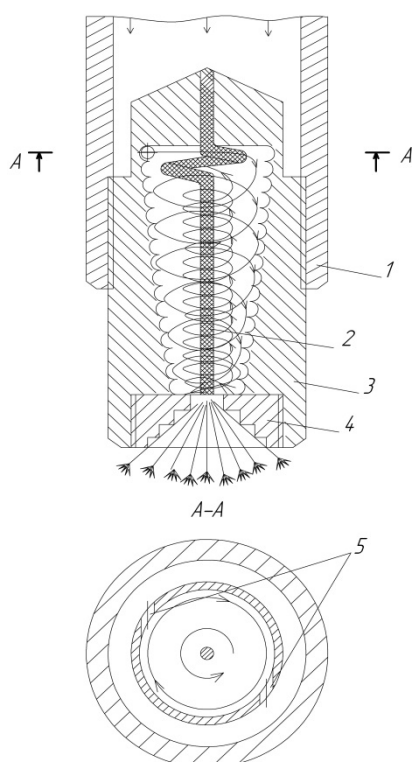


Рисунок 1- Схема гідродинамічного кавітатора

1 – патрубок; 2 – пружинний стрижень; 3 – циліндричний корпус;
4 – ступінчатий дифузор; 5 – тангенціальні входні канали

Дослідження роботи гідродинамічного кавітатора удосконаленої конструкції та його впливу на нафту було проведено на базі нафтогазовидобувного управління «Долина нафтогаз». Для цього за розробленою програмою і методикою було проведено експериментальні випробування [3, 4]

Висвітлення матеріалів дослідження. Виходячи з поставленої мети експериментальних досліджень щодо створення пульсацій тиску в робочій рідині за допомогою гідродинамічного кавітатора, було розроблено і виготовлено стендову експериментальну установку. Дослідження проводилися згідно з нижче наведеною схемою (рисунок 2).

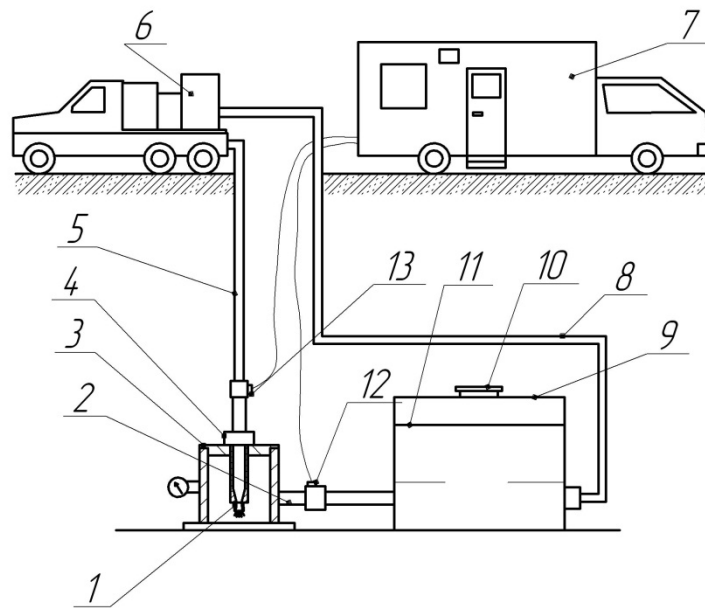


Рисунок 2 - Схема об'язки стендової експериментальної установки при проведенні досліджень роботи гідродинамічного кавітатора удосконаленої конструкції

1 – гідродинамічний кавітатор; 2 – шток; 3 - корпус експериментальної установки; 4 – конгрвайка; 5 – нагнітальна лінія; 6 – насосний агрегат; 7 – станція контролю і керування ЕС-22-АСD; 8 – викидна лінія; 9 – ємність для нафти; 10 – горловина ємності; 11 – нафта; 12 – контрольний датчик тиску на виході з установки; 13 - контрольний датчик тиску на вході в установку

Нафта 11 подається через шток 2 від насосного агрегату 6 типу 4АН-700, проходить через гідродинамічний пристрій-кавітатор 1 і спрямовується у ємність 9. Із ємності нафта прямує у викидну лінію 8 і знову повертається у насос. Тиск на вході і на виході в установку фіксується в автономному режимі через датчики тисків 13, 12 із записом їх показників на комп'ютері станції контролю і керування ЕС-22-АСD 7.

Послідовність проведення операцій була такою:

1. Напомпували в сталеву ємність 1 м³ підготовленої товарної нафти (ПТН).
2. Провели вимірювання вихідних показників товарної нафти:

температури, в'язкості, густини.

3. Обв'язали дослідну установку з насосним агрегатом, ємністю з нафтою і станцією контролю і керування ЕС-22-АСД.

4. Провели прокачування ПТН з тиском 7 МПа на насосному агрегаті упродовж 10 хвилин через дослідну установку і ємність без встановлення у шток установки гідродинамічного пристрою- кавітатора.

5. Зупинили роботу насоса. Провели вимірювання показників нафти: температури, густини і в'язкості.

6. Встановили у дослідній установці гідродинамічний кавітатор з діаметром комбінованого сопла спочатку 8 мм, а пізніше 6 мм та почали прокачування ПТН упродовж 10 хвилин і фіксували тиск на вході і на виході з установки.

7. Зупинили роботу насоса, відібрали із сталеві ємності пробу ПТН і провели вимірювання показників нафти: температуру, в'язкість, густину

Прокачування нафти через дослідну установку з гідродинамічним кавітатором тривало близько однієї години. Через кожні 10 хв. зупиняли роботу насоса, відбирали проби нафти і проводили вимірювання її показників: температури, густини і в'язкості.

Вихідні параметри нафти: температура - 14°C; густина $\rho = 849 \text{ кг/м}^3$; кінематична в'язкість $\nu = 18,52 \text{ мм}^2/\text{с}$, статична напруга зсуву через одну і десять хвилин становила $\text{СНЗ} = 2,0/2,5 \text{ дПа}$.

Необхідно відзначити, що під час прокачування нафти упродовж 10 хвилин без встановлення у шток дослідної установки гідродинамічного кавітатора температура нафти знизилась на 2 °С, а густина, кінематична в'язкість і СНЗ (1/10) відповідно збільшились і становили $\rho = 854 \text{ кг/м}^3$ і $\nu = 28,946 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ і $\text{СНЗ} = 2,5/3,5 \text{ дПа}$.

Частота коливань під час роботи гідродинамічного кавітатора становила 10-12 Гц. Амплітуда коливань при роботі з комбінованим соплом діаметром 8 мм складала на вході в установку 4,6-7,0 МПа, а на виході - 0,21-0,24 МПа, а з комбінованим соплом діаметром 6 мм відповідно 2,1-8,3 МПа і 0,21-0,28 МПа.

Висновки. Внаслідок проведення експериментальних досліджень були отримані такі результати:

- ✓ встановлено можливість виникнення пульсацій і кавітаційних процесів у потоці робочої рідини при її проходженні через гідродинамічний кавітатор;
- ✓ встановлено характер пульсації потоку, який полягає у зменшенні величин тиску на виході з пульсаційної камери з частотою 10-12 Гц. Амплітуда коливань при роботі з комбінованим соплом діаметром 8 мм складала на вході в установку 4,6-7,0 МПа, на виході - 0,21-0,24 МПа, а з комбінованим соплом діаметром 6 мм відповідно 2,1-8,3 МПа і 0,21-0,28 МПа;
- ✓ визначено раціональне використання підведеної енергії для збільшення внутрішньої енергії в'язкої нафти на основі зміни показника політропи пульсаційно-кавітаційного процесу (від 0,1 до 1,3);

- ✓ виявлено, що в'язкість нафти знижується з перших секунд роботи гідродинамічного кавітатора, який, створюючи знакозмінні коливання тиску, руйнує механічну структуру високов'язкої нафти, що сприяє збільшенню швидкості її відкачування із свердловин;
- ✓ впродовж 4-5 годин після закінчення обробки досліджуваної високов'язкої нафти гідродинамічним кавітатором її в'язкість знову повільно зростає і набуває початкових значень і навіть перевищує їх. Це явище підтверджується дослідженнями Сургучова М.Л., Кузнецова О.Л. та Сімкіна Е.М.

Проведені дослідження вказують на суттєвий вплив гідродинамічного кавітатора на параметри нафти і на доцільність застосування цього пристрою у технологічній схемі для видобування із свердловин високов'язких нафт. Роботи у цьому напрямку тривають.

Література:

1. Патент 36439А Україна, МПК В06В1/20. Гідродинамічний кавітатор / Р.С. Яремійчук, Т.Р. Шандровський, Я. Я. Якимечко; заявники і патентовласники: Р.С. Яремійчук, Т.Р. Шандровський, Я.Я. Якимечко. - № 99126895; заявл. 17.12.1999; опубл. 16.04.2001, Бюл. № 3.
2. Патент 57331 Україна, МПК F04F 5/00 E21В 37/00. Спосіб роботи насосно-ежекторної свердловинної струминної установки з гідродинамічним пульсатором для видобування високов'язких нафт/ Р.С. Яремійчук, Я.Я. Якимечко, Т.Р. Шандровський; заявники і патентовласники Р.С. Яремійчук, Я.Я. Якимечко, Т.Р. Шандровський. - № u2010 08424; заявл. 05.07.2010; опубл. 25.02.2011. Бюл. № 4.
3. Якимечко Я. Я. Стендові випробування гідродинамічного пристрою-пульсатора та його вплив на параметри товарної нафти [Текст] / Я. Я. Якимечко // Нафтова і газова промисловість. – 2009. – № 5-6. – С. 29–30.
4. Якимечко Я. Я. Вплив пульсацій тиску, створених гідродинамічним кавітатором, на параметри нафти / Я. Я. Якимечко, Я. М. Фем'як., С. О. Овецький, І. Я. Яремко // Тези допов. і повідомл. міжнар. наук.-техн. конф. «Нафтогазова енергетика – 2011», м. Івано-Франківськ, 10-14 жовтня 2011 р. – Івано-Франківськ.: вид-во ІФНТУНГ, 2011. – С. 48.