

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРУЖНИХ КОЛИВАНЬ НА ПРОБИ НАФТИ ТА НАФТОНАСИЧЕНІ НАСИПНІ МОДЕЛІ ПЛАСТА

О.І. Гутак, Я.М. Бажалук, О.М. Карнаш, Я.Д. Климишин

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15; тел. (03422) 42002;

e-mail: gutako@gmail.com

Розглядається дія пружних коливань на процеси розгазування нафти. Проведені експериментальні дослідження з впливу пружних коливань на проби нафти в камері і на нафтонасичені насипні моделі пласта у діапазоні частот 50-10000 Гц. Здійснено енергетичну оцінку акустичного впливу у описаних експериментах. Результати експериментальних досліджень проаналізовані і зроблені висновки щодо практичного використання отриманих результатів.

Ключові слова: пружні коливання, частота, інтенсивність.

Рассматривается воздействие упругих колебаний на процессы разгазирования нефти. Проведены экспериментальные исследования по влиянию упругих колебаний на пробы нефти в камере и на нефтенасыщенные насыпные модели пласта в диапазоне частот 50-10000 Гц. Проведена энергетическая оценка акустического воздействия в описанных экспериментах. Результаты экспериментальных исследований проанализированы и сделаны выводы, касающиеся практического использования полученных результатов.

Ключевые слова: упругие колебания, частота, интенсивность.

This article deals with the influence of mechanical oscillations on crude oil degassing. Experiments with influence of mechanical oscillations on the samples of crude oil and bulk oil-saturated models of layer with the frequency range of 50-10000 Hz have been carried out. The results of this experimental research are analyzed and summarized.

Keywords: mechanical oscillations, frequency, intensity.

За останні роки проведено низку теоретичних та експериментальних досліджень із впливу пружних коливань на зміну швидкості фільтрації флюїду в нафтогазонасичених породах [1,2,3,4]. У роботі [3] стверджується, що ультразвукові коливання в газонасиченій нафті призводять до підвищення тиску насичення, наслідком чого є інтенсифікація виділення газу з цієї нафти і концентрування газу у вигляді об'ємів мікробульбашок на межі між нафтою та водою, що підвищує ефективність процесу витіснення.

У роботі [4] вказано, що ініціюючим чинником у механізмі впливу пружних коливань на режим роботи видобувних свердловин є первинне вивільнення з нафти газової фази, наступна затримка (гістерезис) зворотнього розчинення виділеної газової фази з одночасним її ізобаричним розширенням та просуванням під впливом постійно діючого низхідного градієнта тиску в напрямку видобувних свердловин за принципом пластового ліфтування.

Вказані дослідження проводились із використанням ультразвукових частот (вище 20000 Гц). У зв'язку зі значним загасанням пружних коливань цих частот у поровому середовищі пласта, застосування їх для інтенсифікації процесів нафтовилучення є проблематичним. Нами проведено дослідження із впливу на процеси розгазування нафти пружних коливань у діапазоні частот 50-10000 Гц. Нижньою межею вказаного діапазону є пружні коливання сейсмічного діапазону частот, використання яких для інтенсифікації процесів нафтовилучення є можливим на значно більших відстанях від генератора пружних коливань, ніж ультразвукових частот.

Методологія:

Експериментальні дослідження із впливу пружних коливань на проби нафти і на нафтонасичені насипні моделі пласта проводились на створеному нами експериментальному устаткуванні, зображеному на рисунку 1. Устаткування складається з камери (розмір 150x50x60) 1, штатива 2, кранів 3, 8, 11, голки 4, ємності з нафтою 5 (густина 886 кг/м³), ущільнення 6, манометра 7, звукопоглинача 9, наповнювача камери 10, генератора 12, ноутбука з необхідним програмним забезпеченням 13.

Порядок проведення експериментів:

а) Експерименти із впливу пружних коливань на проби нафти в камері.

Попередньо камеру 1 наповнювали пластовою водою 10 (мінералізація 200 г/кг). Ємність із нафтою 5, тиск в якій становить 18 кПа, з'єднували з камерою 1, шляхом проколювання ущільнення 6 голкою 4. При відкритих кранах 3 і 11 проводили витіснення пластової води нафтою з ємності 5 до початку виходу нафти через кран 11. Крани 3 і 11 перекривали, а кран 8 відкривали і починали знімати покази манометра через рівні інтервали часу. Спостереження за збільшенням тиску в камері проводили до встановлення стабільного значення тиску, близького до попереднього значення в ємності з нафтою 5. Для достовірності результатів камеру залишали на 24 години, щоб упевнитись, що тиск у ній залишається на одному рівні.

Після стабілізації тиску в камері вмикали генератор акустичних коливань 12 з певною домінуючою частотою і фіксували додаткове збільшення тиску манометром 7 у камері 1 че-

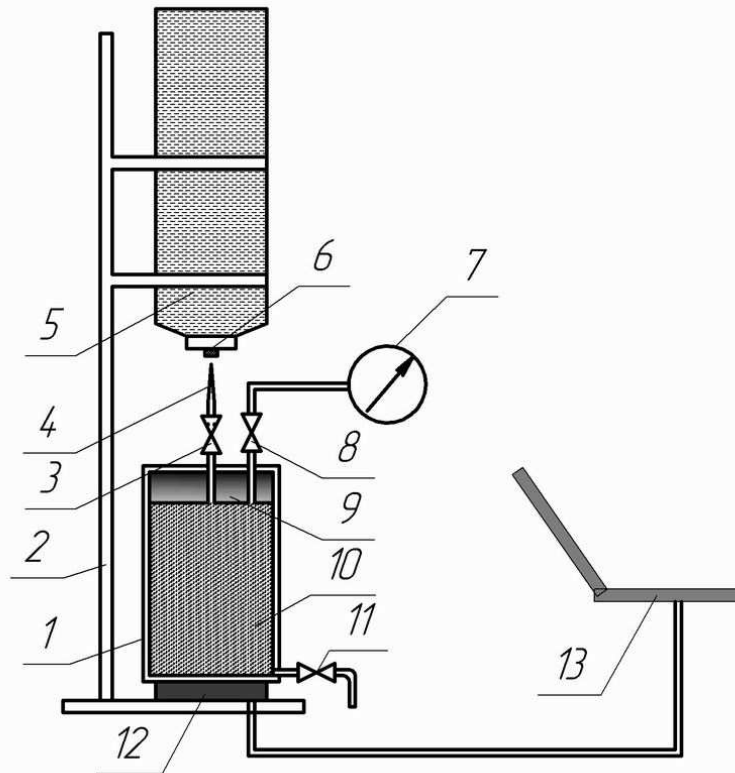


Рисунок 1 - Схема експериментального устаткування

рез рівні проміжки часу. Спостереження за збільшенням тиску в камері 1 проводили до встановлення стабільного значення тиску. Описана послідовність виконувалась для кожного з десяти експериментів. Вплив на проби нафти проводився на попередньо відібраних 10 домінуючих частотах. Газовміст для всіх проб нафти був однаковий. Температура під час усіх експериментів становила 20 °С.

Результати експериментів зображено на рисунку 2.

б) Експерименти із впливу пружних коливань на нафтонасичені насипні моделі пласта.

Для дослідів як модель пористого середовища 10 приймався пісок із фракціями 0,100-0,025 мм. Пісок попередньо просіювався, промивався розчином соляної кислоти, а потім дистильованою водою. Камеру 1 заповнювали підготовленим піском, утрамбовували впродовж 1 години і заливали пластовою водою (мінералізація 200 г/кг). Ємність із нафтою 5, тиск в якій становить 18 кПа, з'єднували з камерою 1 шляхом проколювання ущільнення 6 голкою 4. При відкритих кранах 3 і 11 проводили витіснення пластової води нафтою з ємності 5 до початку виходу нафти через кран 11. Крани 3 і 11 перекривали, а кран 8 відкривали і починали знімати покази манометра через рівні проміжки часу. Спостереження за збільшенням тиску в камері проводили до встановлення стабільного значення тиску, близького до попереднього значення в ємності з нафтою 5. Для достовірності результатів камеру залишали на 24 години, щоб упевнитись, що тиск у ній залишається на одному рівні.

Після стабілізації тиску в камері вмикали генератор акустичних коливань 12 з певною домінуючою частотою і фіксували додаткове збільшення тиску манометром 7 у камері 1 через рівні проміжки часу. Спостереження за збільшенням тиску в камері 1 проводили до встановлення стабільного значення тиску. Описана послідовність виконувалась для кожного з десяти експериментів. Вплив на проби нафти проводився на попередньо відібраних 10 домінуючих частотах. Газовміст для всіх проб нафти був однаковий. Температура під час всіх експериментів становила 20 °С.

Результати експериментів зображено на рисунку 3.

Для енергетичної оцінки акустичного впливу в описаних вище експериментальних дослідженнях був знятий абсолютний акустичний рівень і за кривими рівної гучності [5] підібраний відповідний рівню звуковий тиск $p_{ам}$. Далі обчислювали інтенсивність коливань для кожної домінуючої частоти.

Для цього знаходили коефіцієнт стисливості нафти густиною 886 кг/м³ за температури 20 °С:

$$\gamma_t = 10^{-3} \cdot e^{-1,62080+0,00021592 \cdot t} \times$$

$$\times e^{\frac{0,87096 \cdot 10^6}{\rho^2} + \frac{4,2092 \cdot t \cdot 10^3}{\rho^2}} = 0,6705 \text{ ГПа}^{-1};$$

швидкість розповсюдження звукових хвиль:

$$v = \sqrt{\frac{1}{\gamma_1 \cdot \rho}} = 1298 \text{ м/с};$$

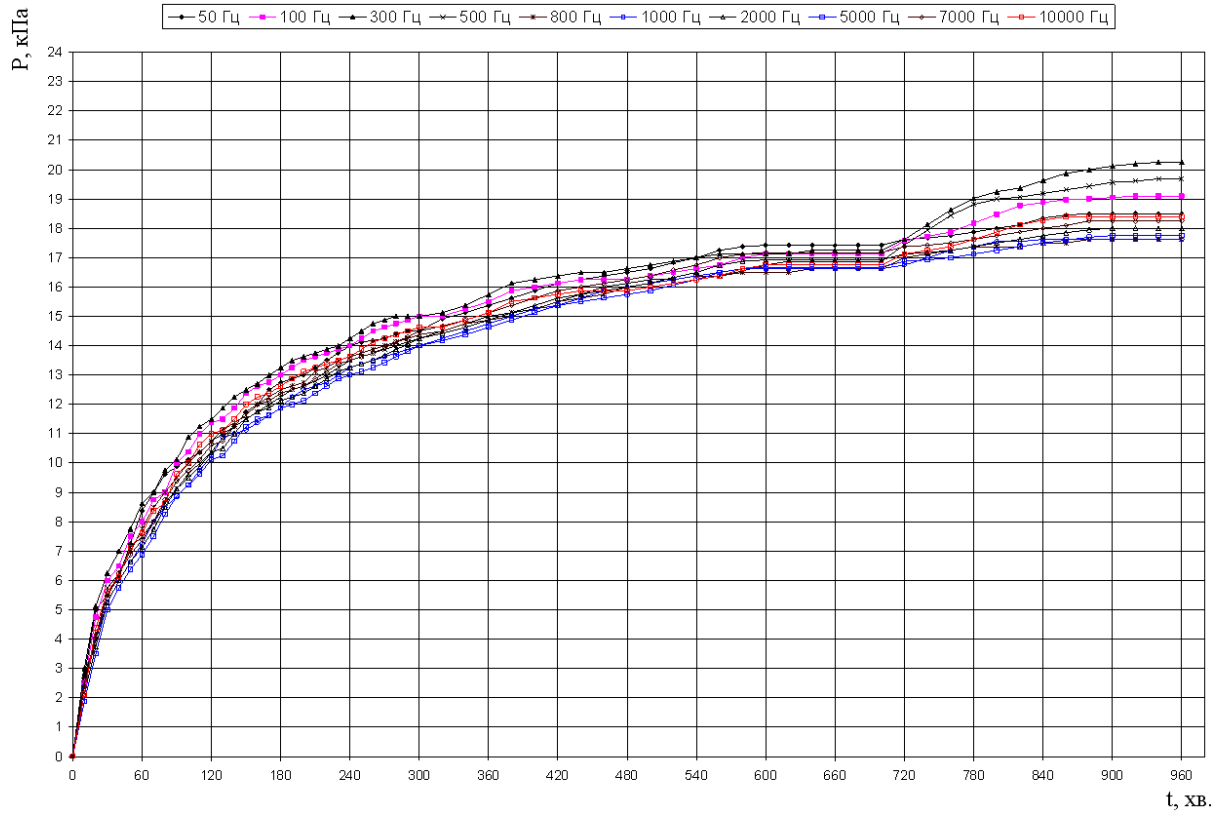


Рисунок 2 – Результати впливу пружних коливань на газонасичені проби нафти

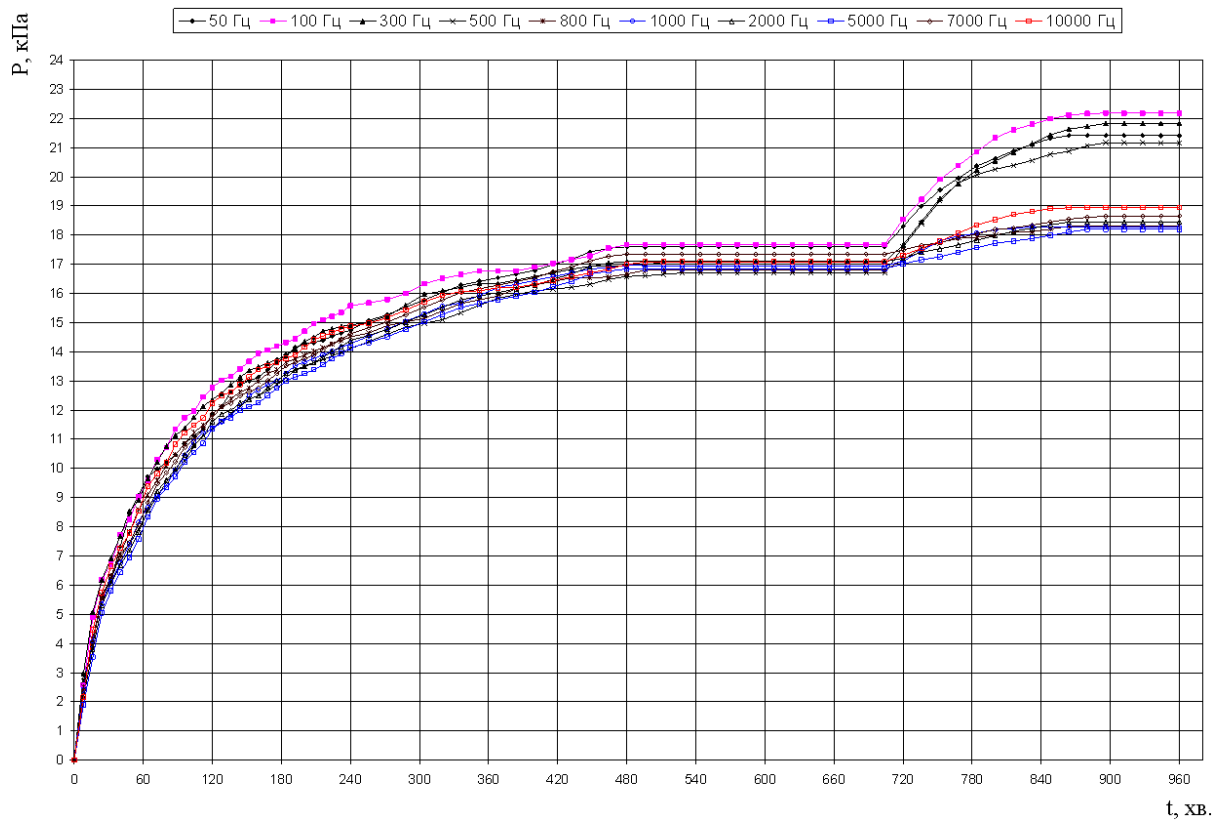


Рисунок 3 – Результати впливу пружних коливань на газонасичені проби нафти в насичній моделі пласта

Таблиця 1 – Енергетичні параметри акустичного впливу для двох серій експериментів

Домінуюча частота, Гц	Абсолютний акустичний рівень, дБ	Звуковий тиск, Па	Інтенсивність, Вт/м ²
50 Гц	50	$6,325 \cdot 10^{-3}$	$1,74 \cdot 10^{-11}$
100 Гц	51	$7,096 \cdot 10^{-3}$	$2,19 \cdot 10^{-11}$
300 Гц	54	$1 \cdot 10^{-2}$	$4,37 \cdot 10^{-11}$
500 Гц	72	$8 \cdot 10^{-2}$	$2,757 \cdot 10^{-9}$
800 Гц	67	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$8,72 \cdot 10^{-10}$
1000 Гц	71	$7,1 \cdot 10^{-2}$	$2,19 \cdot 10^{-9}$
2000 Гц	51	$7,096 \cdot 10^{-3}$	$2,19 \cdot 10^{-11}$
5000 Гц	33	$8,934 \cdot 10^{-4}$	$3,471 \cdot 10^{-13}$
7000 Гц	21	$2,244 \cdot 10^{-4}$	$2,19 \cdot 10^{-14}$
10000 Гц	19	$1,783 \cdot 10^{-4}$	$1,382 \cdot 10^{-14}$

інтенсивність коливань для кожної частоти:

$$J = \frac{P_{am}^2}{2 \cdot \rho \cdot v}$$

Результати обчислень наведено в таблиці 1.

На основі аналізу проведених експериментів та побудованих графіків (рис. 2, 3) можна зробити такі висновки:

- акустичний вплив на пробу нафти і нафтонасичену насипну модель пласта призводить до часткового розгазування нафти і, як наслідок, збільшення тиску в камері I;

- в експериментах із пробами нафти найбільш впливовим виявився діапазон частот 100-500 Гц;

- в експериментах із нафтонасиченою насипною моделлю пласта найбільш впливовим виявився діапазон частот 50-300 Гц;

- на практиці для інтенсифікації процесів нафтовилучення доцільніше використовувати діапазон частот 50-70 Гц у зв'язку із незначним загасанням пружних коливань даного діапазону частот у поровому середовищі пласта;

- отримані результати будуть використані для удосконалення технології інтенсифікації видобутку вуглеводнів.

Література

1 Бажалук Я.М. Оцінка ефективності імпульсно-хвильових дій на процеси нафтовитіснення у пласті / Бажалук Я.М., Карпаш О.М. та ін. // Нафтогазова енергетика. – 2008. – №2. – С. 5-10.

2 Дыбленко В.П. Повышение продуктивности и реанимация скважин с применением виброволнового воздействия / Дыбленко В.П., Камалов Р.Н. и др. – М.: Недра, 2000. – 413 с.

3 Николаевский В.Н. Ультразвук определяет отбор нефти при вибросейсмическом воздействии на пласт / Николаевский В.Н., Степанова Г.С. и др. // Нефтяное хозяйство. – 2006. – №1. – С. 48-50.

4 Лукьянов Ю.В. Влияние пластовых условий на эффективность вибросейсмического воздействия / Лукьянов Ю.В., Дыбленко В.П. и др. // Нефтяное хозяйство. – 2007. – № 4. – С. 58-61.

5 Соловьянова И.П. Теория волновых процессов: Акустические волны: учебное пособие / Соловьянова И.П., Шабунин С.Н. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. – С 103-115.

Стаття надійшла до редакційної колегії

31.03.11

Рекомендована до друку професором

Б. О. Черновим