

## 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 облямівки 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/м<sup>3</sup>), 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-

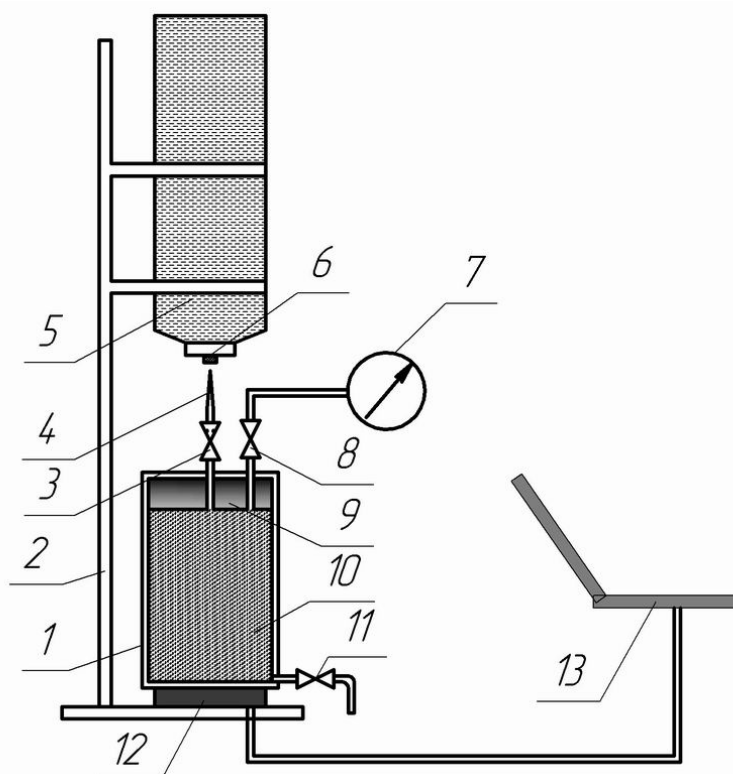


Рисунок 1 - Схема експериментального устаткування

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 усіх 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/м<sup>3</sup> за температури 20°С:

$$\gamma_t = 10^{-3} \cdot e^{-1,62080+0,00021592t} \times \frac{0,87096 \cdot 10^6}{\rho^2} + \frac{4,2092 \cdot 10^3}{\rho^2} = 0,6705 \text{ ГПа}^{-1};$$

швидкість розповсюдження звукових хвиль:

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

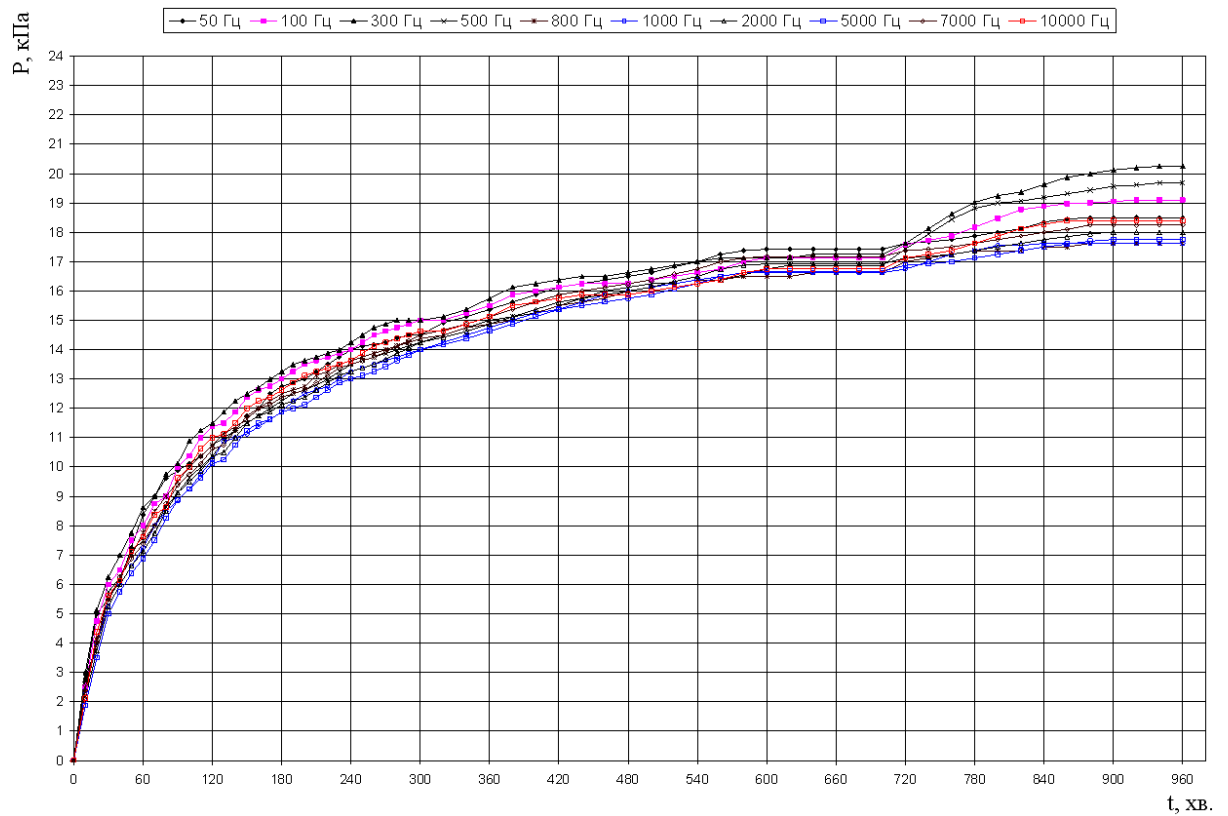


Рисунок 2 – Результати впливу пружних коливань на газонасичені проби нафти

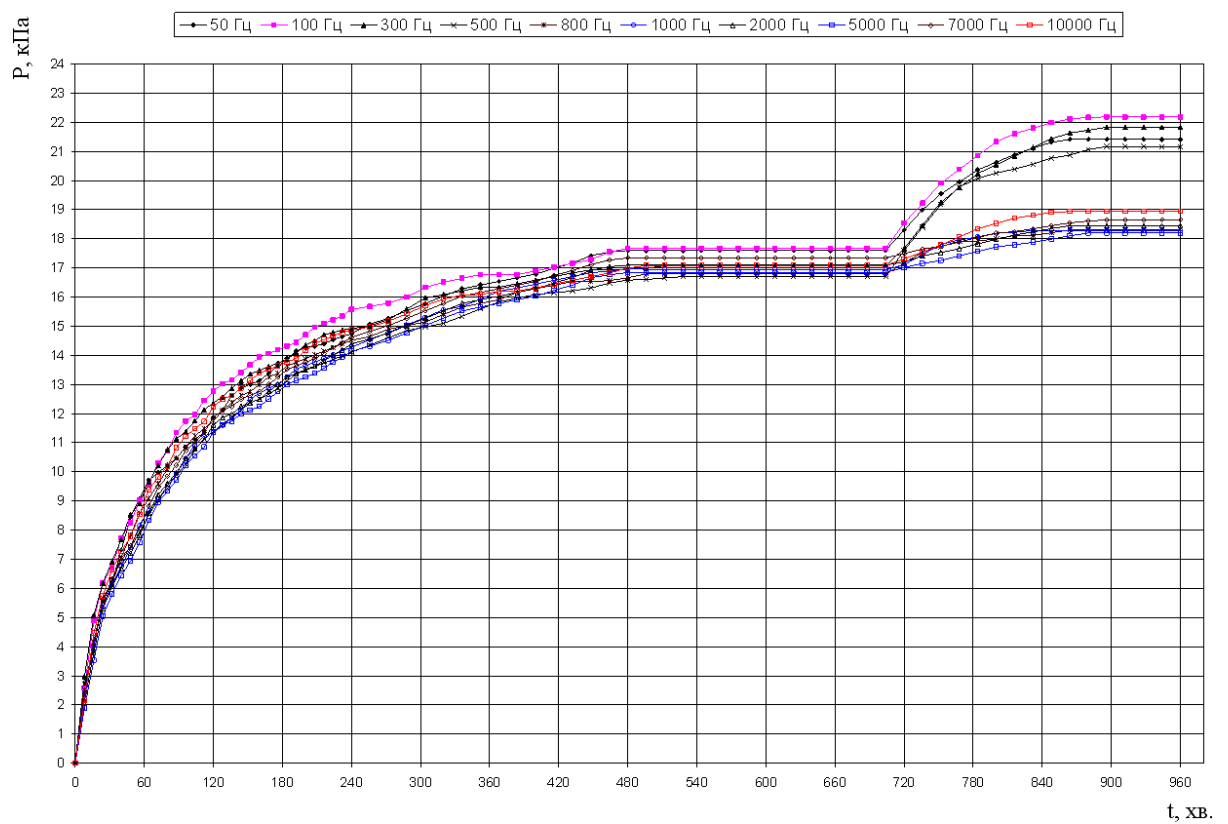


Рисунок 3 – Результати впливу пружних коливань на газонасичені проби нафти в насичній моделі пласта

Таблиця 1 – Енергетичні параметри акустичного впливу для двох серій експериментів

Домінуюча частота, Гц	Абсолютний акустичний рівень, дБ	Звуковий тиск, Па	Інтенсивність, Вт/м <sup>2</sup>
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 пробамі 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 процесі нафтовитискання 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**