

В. М. Сліденко¹
В. О. Бут¹
А. О. Новиков¹

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АДАПТИВНОЇ ІМПУЛЬСНОЇ СИСТЕМИ МЕТОДОМ СТОХАСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

¹ Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Розглянуто стохастичні характеристики, які визначають ефективний діапазон генерації імпульсів тиску адаптивною імпульсною системою для впливу на привибійну зону нафтової свердловини з поверхні з метою активізації видобутку вуглеводнів.

Для аналізу використані залежності, які описують процеси імплзії та генерації прямого гідроудару з урахуванням впливу ймовірнісних параметрів на основі нормальних розподілів об'ємного модуля пружності та густини робочої рідини, як випадкових величин.

Дослідженнями встановлено, що для забезпечення функціонування адаптивної імпульсної системи з урахуванням технологічних параметрів нафтової свердловини впливовими є геометричні та силові параметри генератора імпульсів, а забезпечення раціональної довжини імплзійної камери в межах 0,25...1,2 м дозволило встановити імплзійний генератор імпульсів безпосередньо на баку насосного агрегата.

Обґрунтовано спосіб очищення привибійної зони пластової системи в процесі проведення короткочасних поточних ремонтів з установкою всіх елементів адаптивної імпульсної системи на поверхні, що забезпечує її надійність та зручність в обслуговуванні. Досліджено стохастичні характеристики, які впливають на амплітудну характеристику імпульсу тиску та ймовірність його реалізації в раціональній зоні, з урахуванням нормальних розподілів числових характеристик для випадкових величин — об'ємного модуля пружності та густини робочої рідини — пластової води, яка включає хімреагенти для проведення обробок привибійної зони з метою її очищення від кольматантів, що також впливає на підвищення видобутку вуглеводнів.

Встановлено діапазон реалізації екстремальних силових характеристик функціонування адаптивної імпульсної системи в межах середньоквадратичного відхилення від математичного сподівання значень об'ємного модуля пружності та густини робочої рідини.

Подано методичку врахування впливу стохастичних характеристик робочого середовища на генерацію імпульсних процесів може бути корисною для досягнення максимальної ефективності інших імпульсних технологій, які також впливають на привибійну зону нафтової свердловини та пластову систему в зоні фільтрації. Отримані результати мають важливе значення для поліпшення технологічних рішень у галузі енергетичного обладнання та їхнього подальшого впровадження у промислове виробництво.

Ключові слова: математична модель, процес імплзії, імпульс, гідроудар, адаптивна система, імплзійна камера, нормальний розподіл, математичне сподівання, дисперсія.

Вступ

Однією з актуальних проблем підвищення продуктивності нафтогазових родовищ України є періодичне очищення фільтраційної зони свердловин від забруднень кольматантами [1]. Для цього застосовуються різноманітні технології, які сприяють очищенню фільтраційної зони свердловини, що в результаті збільшує продуктивність видобутку вуглеводнів. Такі роботи зазвичай здійснюються під час поточних або капітальних ремонтів, проте в міжремонтному циклі зони перфорації знову кольматуються, що зменшує продуктивність видобутку [2].

Одним з напрямків підвищення видобутку вуглеводнів є напрямок, за яким передбачається застосування імпульсно-хвильових технологій [3]. Однією з проблем в моделюванні пристроїв та систем в реалізації таких технологій є врахування стохастичної природи параметрів і характеристик [4]. Проблема стохастичного моделювання та прогнозування підвищення видобутку вуглеводнів приділяється значна увага [5]. В роботі розглядаються питання статистичного прогнозування видобутку вуглеводнів на базі дослідження 71 родовищ нафти на норвезькому континентальному шельфі за період з 1995 до 2020 років. Обґрунтовано ефективність використання комбінованих способів статистичного аналізу.

Важливою з погляду методики дослідження є робота, в якій оцінюється надійність інтервалу прогнозування для гаусових процесів методом перехресної перевірки [6]. В цій роботі проведено числове оцінювання інтервалів прогнозування, та проаналізовано проблему зі встановленням оптимальних гіперпараметрів імовірнісної моделі.

Метою роботи є дослідження функціонування адаптивної імпульсної системи з урахуванням технологічних параметрів та аналіз стохастичних характеристик, що дозволить дати оцінку ефективності функціонування системи.

Задачі дослідження: 1) обґрунтувати спосіб очищення привибійної зони пластової системи в процесі короточасних поточних ремонтів; 2) встановити характерні екстремальні та ймовірнісні параметри робочої рідини; 3) встановити ефективність адаптивної системи генерації імпульсів.

Аналіз літературних джерел

В останні роки погіршується якісний стан сировинної бази нафтовидобувної промисловості внаслідок значного виробітку високопродуктивних родовищ, що знаходяться на завершальній стадії розробки та мають високий ступінь виснаження нафтових пластів [7]. На практиці переважна більшість свердловин, буріння яких закінчене, вводиться в експлуатацію без інтенсифікації припливу флюїдів, внаслідок чого знижуються відбори нафти й газу. Більшість наявних досліджень та розробок, у напрямку очищення привибійної зони пластової системи, акцентують увагу на принципах функціонування системи та на загальному економічному ефекті, отриманому після застосування пропонованої методики. Власне в роботі [8] дослідники описують альтернативну техніку підвищення вилучення нафти за допомогою технології плазмових імпульсів, яка здійснюється за допомогою інструмента — генератора плазмових імпульсів, переданих по електричних дротах, який запускається в свердловині та розташовується поруч з перфораціями. Автори здійснили оцінку приросту видобутку нафти у відсотковому співвідношенні, без оцінки ефективності застосування цієї системи в свердловинах різної глибини залягання та складу нафти. В статті [9] автори обґрунтували, що мікроскопічний механізм витіснення залишкової нафти гідравлічною пульсуючою хвилею, а саме завдяки наявності тиску безперервного потоку низької інтенсивності та кінцевого тиску утримування — сприяє концентрації пульсуючої енергії та значно покращує видобуток залишкової нафти кластера. Дослідження [10] розглянуло спосіб зміни в'язкості сирої нафти, шляхом застосування технології ударної хвилі на основі імпульсної плазми інструментом, який використовує повторювані електрогідравлічні ударні хвилі. Автори детально описали зміну параметрів нафти та методи їхньої оцінки, без дослідження зміни продуктивності свердловини. У підсумку можна сказати, що для майбутніх потреб у ефективному видобутку вуглеводнів є потреба розробки економічно доцільної технології, яка сприятиме збільшенню видобутку малодебітних свердловин, де більшість методів відновлення є недоцільними. З огляду на це, впровадження адаптивної імпульсної системи є перевагою порівняно з традиційними методами не лише з погляду вартості застосування, а й через обґрунтовану ефективність впливу на привибійну зону пласта.

Результати дослідження

Основні модулі адаптивної імпульсної системи, яка включає імпульсний генератор імпульсів та пристрій керування, розташовуються на поверхні і трубопроводом з'єднані з нафтовою свердловиною та насосним агрегатом (рис. 1). На рис. 1: *ПГ* — імпульсний генератор імпульсів, *Б* — жолобна ємність, *КІ* — камера імпульсна, *ДТ* — датчик тиску, *ЕГР* — електрогідравлічний розподілювач, *П* — підсилювач, *ПЛК* — програмований логічний контролер, *С* — свердловина, *КЗ* — клапан зворотний, *АН* — агрегат насосний; 1 — гідравлічна камера керування, 2 — поршень, 3 — вхідна камера, *Lk* — довжина імпульсної камери.

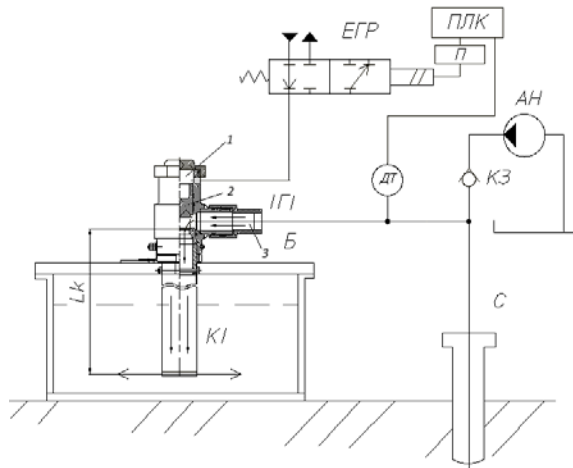


Рис. 1. Структурна схема адаптивної імпульсної системи

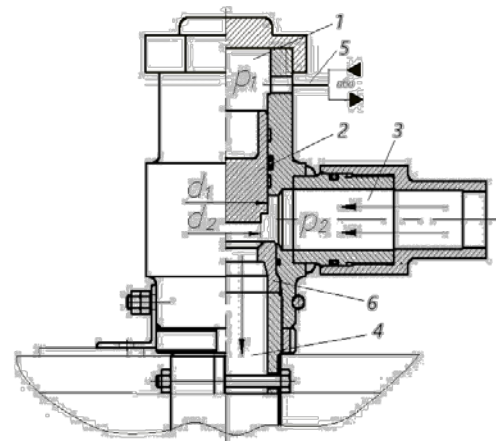


Рис. 2. Фрагмент силового модуля ІГІ:
1 — гідравлічна камера керування, 2 — поршень,
3 — вхідна камера, 4 — імпульзійна камера,
5 — гідравлічна лінія до ЕГР, 6 — втулка

Умови спрацювання ІГІ такі (рис. 2).

Як робоча рідина досліджувалась пластова вода з хімреагентами, та з можливістю їхніх сполук з пластовими флюїдами, що характерно для процесу проведення ремонтних робіт на нафтових свердловинах. Якщо рідина подається з лінії нагнітання через ЕГР в камеру 1, то під дією тиску p_1 на торцеву частину поршня 2 поршень переміщується до контакту з конічною частиною втулки 6 і перекриває потік рідини від насосного агрегата і свердловини через вхідну камеру до імпульзійної камери 4. Умова перекриття: $p_1 d_1^2 > p_2 (d_1^2 - d_2^2)$. Зі зміною напрямку потоку з нагнітання на злив від ЕГР через лінію 5, умова різкого відкриття потоку від насосного агрегата і свердловини запишеться так: $p_1 d_1^2 < p_2 (d_1^2 - d_2^2)$. В цьому випадку рідина через вхідну камеру 4 з швидкістю v імпульзійного потоку вливається в камеру 4 до дна імпульзійної камери на величину Lk (рис. 1), де його зупинка породжує прямий гідроудар з поверненням хвилі в зворотний бік і по трубопроводах в свердловину до півня перфораційних отворів в обсадній колоні свердловини. Тиск прямого гідроудару під час імпульзійного процесу в залежності від довжини $x = 0 \dots Lk$ імпульзійної камери (КІ) та тиску p_2 в затруб'ї, від дії насосного агрегата, визначається залежністю з урахуванням формули Жуковського [3]

$$v(x, p_2) = \phi \sqrt{\frac{2p_2 d}{\rho \lambda x} \left[1 - \exp\left(-\frac{\lambda(x-l_0)}{d}\right) \right]} \cdot 10^3, \text{ м/с}; \quad (1)$$

$$p(x, p_2) = \rho c v(x, p_2) \cdot 10^{-6}, \text{ МПа}, \quad (2)$$

де для розрахунку взяті такі параметри та їхні значення: ϕ — коефіцієнт швидкості, взятий для цієї конструкції $\phi = 0,71$; p_2 — тиск в свердловині, МПа; ρ — густина рідини, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$; d — внутрішній діаметр імпульзійної камери, $d = 0,059 \text{ м}$; λ — коефіцієнт гідравлічного опору тертя, $\lambda = 0,02$; x — довжина імпульзійної камери; l_0 — розмір, який характеризує втрати довжини імпульзійної камери через розташування механізму різкого перекриття, $l_0 = 0,07 \text{ м}$; c — швидкість звуку в рідині, для оцінки процесу імпульзії приймаємо в середньому $c = 1450 \text{ м/с}$.

Зміна імпульзійних тиску та швидкості за залежностями (1) та (2) за умови постійного значення $p_2 = 4,5 \text{ МПа}$, та зміні $x = 0, \dots, 1,3 \text{ м}$ показані на рис. 3.

Зміна імпульзійних тиску та швидкості за залежностями (1) та (2) за умови постійного значення $x = 1 \text{ м}$; $p_2 = 0, \dots, 4,5 \text{ МПа}$ показані на рис. 4.

Як впливає з формул (1) і (2), значний вплив на роботу адаптивної імпульсної системи має густина робочої рідини.

Розглянемо фізичні умови під час проведення видобутку та поточного ремонту нафтової свердловини, за яких густина рідини змінюється в широкому діапазоні.

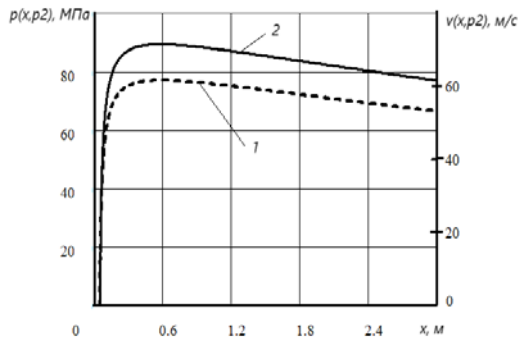


Рис. 3. Графіки залежності швидкості потоку (1) та тиску (2) в залежності від довжини імпульсійної камери за постійного тиску $p_2 = 4,5$ МПа від насосного агрегата

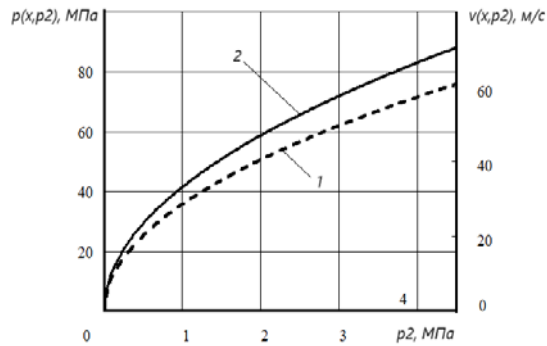


Рис. 4. Графіки залежності швидкості потоку (1) та тиску (2) в залежності від початкового тиску p_2 від насосного агрегата за постійної довжини імпульсійної камери $x = 1$ м

Основні фізичні умови:

а) під час проведення поточного ремонту без зупинки видобутку вуглеводнів кушовим методом можливі періодичні потрапляння нафти в робочу рідину, наприклад, пластову воду, що зменшує густину робочої рідини, зазвичай $750 \dots 1040 \text{ кг/м}^3$;

б) під час проведення капітального ремонту нафтової свердловини після її глушіння соляними розчинами, або застосування хімреагентів можливе досягнення максимального значення густини робочої рідини до 1200 кг/м^3 [11].

Можливі й інші технологічні фактори, які впливають на густину робочої рідини.

Врахування визначення швидкості звуку в рідині

$$c = (E/\rho)^{0,5}, \text{ м/с}, \quad (3)$$

де E — об'ємний модуль пружності робочої рідини, який, як і густина ρ , має широкий діапазон значень і може розглядатись як випадкова величина. Відповідно і швидкість звуку має широкий діапазон значень.

Об'ємний модуль пружності E та густина ρ робочої рідини залежать від багатьох факторів, а оскільки центральна гранична теорема теорії ймовірності стверджує, що нормальний розподіл виникає тоді, коли ця випадкова величина є сумою великого числа незалежних випадкових величин, кожна з яких відіграє незначну роль в утворенні всієї суми, то цілком обґрунтовуються розподіли E та ρ як випадкові величини через нормальний розподіл Гауса [8].

Визначимо можливі діапазони значень густини і модуля пружності методом максимуму-мінімуму, який полягає в визначенні їхніх крайніх значень, як двох випадкових величин, відповідно для двох математичних аналогів — формул (1) і (2) з урахуванням залежності (3).

Розглянемо варіант зміни об'ємного модуля пружності робочої рідини в допустимих межах від $E_{\min} = 1500$ МПа до $E_{\max} = 2100$ МПа, припускаючи, що в більшості випадків значення об'ємного модуля пружності стабілізується в середині інтервалу, а його крайні значення малоімовірні і відповідають правилу 3σ .

Основні параметри розподілу: центр розсіювання $m = (E_{\min} + E_{\max})/2 = 1800$ МПа; середнє квадратичне відхилення $\sigma = (m - E_{\max})/3 = 100$ МПа; дисперсія $D[x] = \sigma^2 = 10000$ МПа²; для третього порядку у зв'язку з симетричністю розподілу $\mu_3 = 0$ і коефіцієнт асиметрії $S_k = \mu_3/\sigma^3 = 0$; для четвертого порядку $\mu_4 = 3\sigma^4 = 3 \cdot 10^8$ МПа⁴; ексцес для нормального розподілу $\epsilon_x = \mu_4/\sigma_x^4 - 3 = 0$.

Крива нормального розподілу [12]

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}. \quad (4)$$

Ймовірність потрапляння в зону математичного сподівання, яка обмежена середнім квадратичним відхиленням $\alpha = m - \sigma = 1,7 \cdot 10^3$ МПа; $\beta = m + \sigma = 1,9 \cdot 10^3$ МПа визначиться так:

$$P\{\alpha < X < \beta\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{\alpha-m}{\sigma}}^{\frac{\beta-m}{\sigma}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = 0,683. \quad (5)$$

На рис. 5 показано графік щільності ймовірності за нормальним законом розподілу з виділенням зони для визначення ймовірності потрапляння в цю зону, яка знаходиться в межах реалізації середнього квадратичного відхилення $\alpha = 1700$ МПа, $\beta = 1900$ МПа.

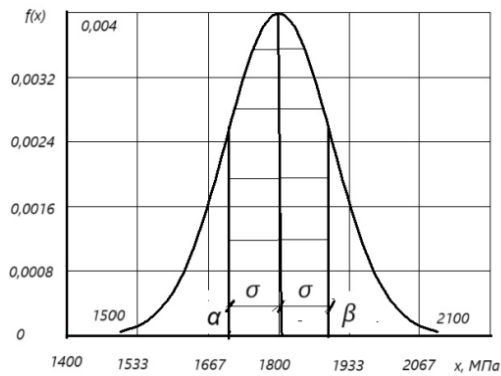


Рис. 5. Функція щільності ймовірності для нормального розподілу об'ємного модуля пружності робочої рідини та діапазон (α , β) для визначення ймовірності потрапляння в нього

За аналогією, для густини в допустимих межах $\rho_{\min} = 750$ кг/м³, $\rho_{\max} = 1200$ кг/м³ основні параметри розподілу: центр розсіювання $m = (\rho_{\min} + \rho_{\max})/2 = 975$ кг/м³; середнє квадратичне відхилення $\sigma = (m - \rho_{\max})/3 = 75$ кг/м³; $\mu_3 = 0$; дисперсія $D[x] = \sigma^2 = 5625$ (кг/м³)²; для третього порядку у зв'язку з симетричністю розподілу коефіцієнт асиметрії $S_k = \mu_3/\sigma^3 = 0$; для четвертого порядку $\mu_4 = 3\sigma^4 = 9,493 \cdot 10^7$ (кг/м³)⁴; ексцес для нормального розподілу $\epsilon_x = \mu_4/\sigma^4 - 3 = 0$. Крива нормального розподілу визначається за формулою (4). Ймовірність потрапляння в зону математичного сподівання, обмеженої середнім квадратичним відхиленням: $\alpha = m - \sigma = 900$ кг/м³ та $\alpha = m + \sigma = 1050$ кг/м³, визначається за формулою (5) і становить 0,683, що характерно для нормального розподілу.

За постійного значення $p_2 = 4,5$ МПа, в межах реалізації ймовірності 0,683 зі значеннями для об'ємного модуля пружності та густини за формулою (6) побудовано 3 графіки з підстановкою груп параметрів: 1) мінімальні значення $E_{\min} = 1700$ МПа; $\rho_{\min} = 900$ кг/м³; 2) середні значення $E_c = 1800$ МПа; $\rho_c = 975$ кг/м³; 3) максимальні значеннями $E_{\max} = 1900$ МПа, $\rho_{\max} = 1050$ кг/м³, які відповідають математичним сподіванням, екстремальні та середнє значення для швидкості потоку визначатимуться відповідно

$$p(x) = \rho \sqrt{\frac{E}{\rho}} \cdot \phi \sqrt{\frac{2p_2 d}{\rho \lambda x} \left[1 - \exp\left(-\frac{\lambda(x-l_0)}{d}\right) \right]} \cdot 10^{-3}, \text{ МПа}. \quad (6)$$

На рис. 6 показані графіки зміни тиску за формулами (6) в залежності від довжини Lk імпульзійної камери, що відповідають стохастичним характеристикам, і які необхідно враховувати під час налаштування адаптивної системи за показами датчика тиску ДТ (рис. 1). Як впливає з графіка рис. 3 раціональний діапазон довжини імпульзійної камери лежить в межах від $Lk_{\min} = 0,25$ м до $Lk_{\max} = 1,2$ м, що дозволило встановити дослідний зразок ПІ з $Lk = 0,6$ м безпосередньо над баком насосного агрегата ЦА-320 (рис. 7) і провести випробування за виробничих умов [13].

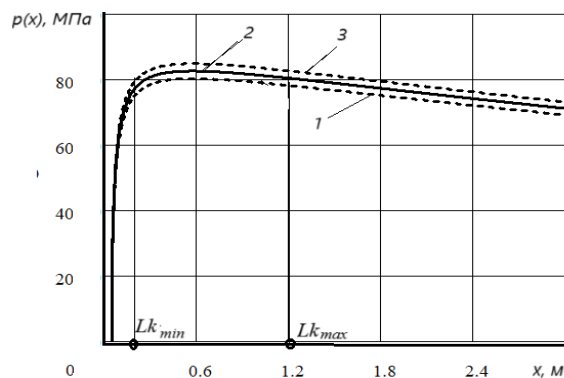


Рис. 6. Графіки зміни тиску в залежності від змінних значень густини: 1 — $p_{\min}(x)$; 2 — $p_c(x)$; 3 — $p_{\max}(x)$ з екстремальними значеннями в діапазоні (80...87) МПа, коли довжина $Lk = 0,6$ м



Рис. 7. Установа дослідного зразка ПІ над баком робочої рідини насосного агрегата ЦА-320: 1 — адаптивний генератор імпульсів; 2 — бак; 3 — насос

Дослідженнями встановлена ефективність промислової апробації функціонування адаптивної імпульсної системи, попередньої модифікації, в комплексі з насосним агрегатом, розташованим на поверхні, для очищення привибійної зони від кольматантів та знеміцнення колектора пластової системи. Це дозволяє, без зупинки процесу поточного видобутку нафти, підвищити продуктивність малодебітних свердловин на 20...30 %.

Висновки

1. Обґрунтовано спосіб очищення привибійної зони пластової системи під час проведення короткочасних поточних ремонтів з розміщенням усіх елементів адаптивної імпульсної системи на поверхні, що забезпечує її надійність та зручність обслуговування.

2. Встановлені характерні екстремальні та ймовірнісні параметри робочої рідини на основі пластової води з можливими добавками хімреагентів та пластових флюїдів, що з ймовірністю 0,683 для нормального розподілу в межах значень об'ємного модуля пружності (1700...1900) МПа та густини (900...1050) кг/м³, впливають на забезпечення генератором екстремальних амплітуд імпульсів тиску в діапазоні (80...87) МПа з довжиною імпульсної камери 0,6 м, яка дозволила здійснити установку імпульсного генератора імпульсів безпосередньо на баку насосного агрегата.

3. Проведеними промисловими дослідженнями адаптивної системи генерації імпульсів, після проведення обробок свердловин, встановлена ефективність в підвищенні продуктивності малодебітних свердловин на 20...30 % .

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] В. М. Світлицький, С. І. ЯгдовськийЮ, і Г. Р. Галусян, *Поточний та капітальний ремонт свердловин*. Київ, Україна: Логос, 2001, 344 с.
- [2] Р. С. Яремійчук, В. М. Світлицький, і Г. П. Сав'юк, *Підвищення продуктивності свердловин під час освоєння та експлуатації родовищ парафіністих нафт*. Київ, Україна: Нафтопроект, 1993, 226 с.
- [3] Л. К. Лістовщик, В. М. Сліденко, і О. П. Лісовол, «Мехатронна система імпульсного впливу на привибійну зону пласта нафтової свердловини,» *Енергетика, економіка, технології, екологія*, № 4 (46), с. 66-71, 2016.
- [4] В. М. Сліденко, Л. К. Лістовщик, і А. В. Сірик, «Статистичні характеристики інжекції рідини струминним насосом в процесі видобутку вуглеводнів,» *Збірник наукових праць НГУ*, № 73 (25), с. 208-217, 2023. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/73.208> .
- [5] E. Nesvold, and R. V. Bratvold, "Debiasing probabilistic oil production forecasts," *Energy*, vol. 258, p. 124744, November, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124744> .
- [6] N. Acharki, A. Bertonecello, and J. Garnier, "Robust prediction interval estimation for Gaussian processes by cross-validation method," *Computational Statistics & Data Analysis*, vol. 178, p. 107597, February, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2022.107597> .
- [7] А. Грищенко, О. Васенко, і А. Карлюк, «Основні положення національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2022 році,» на *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення, XIX Міжнародна науково-практична конференція*. м. Харків, Україна: УКРНДІЕП, 2023, с. 3-5.
- [8] K. Patel, M. Shah, and A. Sircar, "Plasma Pulse Technology: An uprising EOR technique," *Petroleum Research*, vol. 3, no. 2, pp. 180-188, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ptlrs.2018.05.001> .
- [9] F. Wu, et al., "Experimental characterization and mechanism of hydraulic pulsation waves driving microscopic residual oil," *Petroleum Exploration and Development*, vol. 49, no. 6, pp.1411-1422, 2022. [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(23\)60359-3](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(23)60359-3) .
- [10] R. Maddirala, et al., "Investigating the impact of pulsed plasma-based shockwave technology on the characteristics of Indian crude oil," *Geoenergy Science and Engineering*, vol. 233, p. 212531, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.geoen.2023.212531> .
- [11] Я. Я. Якимечко, О. М. Зайцев, І. І. Чудик, Я. М. Фем'як, і О. М. Федик, *Удосконалення технології видобування високов'язких нафт струминними насосами з використанням кавітаційних процесів*. Дрогобич, Україна: Посвіта, 2022, 140 с.
- [12] І. Д. Іванюта, В. І. Рибалка, і І. А. Рудоміно-Дусятська, *Елементи теорії ймовірностей та математичної статистики*. Київ, Україна: Слово, 2006, 272 с.
- [13] В. М. Сліденко, Л. К. Лістовщик, і В. О. Бут, «Адаптивна мехатронна система імпульсно-хвильової дії на гірський масив,» на *Електромеханічні та енергетичні системи. Методи моделювання та оптимізації, XVI Міжнарод. наук.-техн. конф. молодих учених і спеціалістів*. Кременчук, Україна, 2018, с. 27-28.

Рекомендована кафедрою комп'ютерних наук ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 11.12.2024

Сліденко Віктор Михайлович — д-р техн. наук, професор кафедри автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів, e-mail: viktorslidenko@gmail.com ;

Бут Вячеслав Олександрович — аспірант кафедри автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів;

Новиков Антон Олександрович — аспірант кафедри автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ

V. M. Slidenko¹
V. O. But¹
A. O. Novykov¹

Analysis of the Efficiency of Adaptive Pulse System Functioning by the Method of Stochastic Characteristics

¹National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

The article considers the stochastic characteristics that determine the effective range of pressure pulse generation by an adaptive pulse system to influence the bottomhole zone of an oil well from the surface in order to enhance hydrocarbon production.

For the analysis, we used dependencies that describe the processes of implosion and generation of direct water hammer, taking into account the influence of probabilistic parameters based on normal distributions of the volumetric modulus of elasticity and density of the working fluid as random variables.

The studies have established that the geometric and power parameters of the pulse generator are influential for ensuring the functioning of the adaptive pulse system, taking into account the technological parameters of the oil well, and ensuring the rational length of the implosion chamber within 0.25...1.2 m allowed the installation of an implosion pulse generator directly on the tank of the pumping unit.

The method of cleaning the bottomhole zone of a reservoir system in the process of short-term workovers with the installation of all elements of the adaptive pulse system on the surface, which ensures its reliability and ease of maintenance, is substantiated. The stochastic characteristics that affect the amplitude characteristic of the pressure pulse and the probability of its realization in the rational zone are investigated, taking into account the normal distributions of numerical characteristics for random variables — the volumetric modulus of elasticity and the density of the working fluid — reservoir water.

The range of realization of extreme power characteristics of the adaptive pulse system functioning within the standard deviation from the mathematical expectation of the values of the volumetric modulus of elasticity and the density of the working fluid is established

The presented methodology for taking into account the stochastic characteristics of the working medium for the generation of pulse processes can be useful for achieving maximum efficiency of other pulse technologies that affect the bottomhole zone of an oil well and the formation system in the filtration zone. The obtained results are important for improving technological solutions in the field of power equipment and their further implementation in industrial production.

Keywords: mathematical model, implosion process, impulse, water hammer, adaptive system, implosion chamber, Gaussian distribution, normal distribution, mathematical expectation, variance.

Slidenko Viktor M. — Dr. Sc. (Eng.), Professor of the Chair of Automation of Electrical and Mechatronic Complexes, e-mail: viktorslidenko@gmail.com ;

But Viacheslav O. — Post-Graduate Student of the Chair of Automation of Electrical and Mechatronic Complexes;

Novykov Anton O. — Post-Graduate Student of the Chair of Automation of Electrical and Mechatronic Complexes