

ТЕХНОЛОГІЇ TECHNIQUE

УДК 622.276

С. В. ГАЛБА, аспірант
В. М. СЛІДЕНКО, к.т.н., доцент
Л. К. ЛІСТОВЩИК, к.т.н., доцент
«Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

КОМПЛЕКС ІМПЛОЗІЙНО-ХВИЛЬОВОЇ ДІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВИДОБУТКУ ВУГЛЕВОДНІВ

Представлено комплекс імплзійно-хвильової дії для підвищення продуктивності видобутку вуглеводнів, який синтезований на основі застосування процесу імплзії. Комплекс генерує спрямовані дископодібні хвилі з одночасною перекачкою флюїду із свердловини. Фактично мова йде саме про синергічну дію комплексу на породу колектор. Подібний вплив на пластову систему дозволяє збільшити проникність колектора, та реанімувати свердловину.

Метою роботи є обґрунтування параметрів елементів комплексу імплзійно-хвильової дії на колектор пластової системи нафтової свердловини для утворення в ній системи мікротріщин, збільшення гідропровідності, та очищення зони фільтрації колектора нафтової свердловини від кольматантів.

На основі представлених розрахункових схем комплексу виконано розрахунки та обґрунтовано його раціональні параметри.

В результаті отримано залежності коефіцієнту інжекції від зміни геометричних параметрів струминного апарату. Визначено значення підвищення тиску в привибійній зоні за рахунок імплзії.

Ключові слова: нафтова свердловина, імплзія, синергія, проникність колектора, коефіцієнт інжекції.

Вступ

Нафта та газ були, є і будуть стратегічною сировиною, і одними з найважливіших факторів економічної незалежності будь-якої держави. Зменшення фактичних дебетів свердловин пов'язане із зниженням проникливості породи колектора. Одним із дієвих методів впливу на гірський масив є застосування пристроїв імплзійної дії, принцип дії більшості з яких ґрунтується на ефекті раптового руйнування спеціальної мембрани від гідростатичного тиску з наступним імпульсним вливанням рідини в депресійну камеру і створення імплзійного гідродару [1]. При цьому можливий передчасний розрив мембрани або, для зниження тиску в депресійній камері, виникає необхідність в застосуванні складної канатно-поліспавної системи з довжиною канатів 2000...4000 м., в залежності від глибини свердловини.

Відносно низька ефективність застосування методу імплзії пояснюється складністю вибору об'єктів під імплзію, недосконалістю технології і пристроїв для впливу на привибійну зону.

Критерії якості комплексу імплзійно-хвильової дії на привибійну зону нафтової свердловини характеризуються відношенням показників продуктивності свердловини до і після проведення обробки свердловини та тривалістю ефекту покращених фільтраційних властивостей свердловини. Важливим для ефективності функціонування елементів комплексу є раціональні значення їх параметрів.

Мега роботи

Метою роботи є обґрунтування основних параметрів струминного насоса та імплзійного модулю, комплексу імплзійно-хвильової дії на колектор пластової системи нафтової свердловини для утворення в ній системи мікротріщин, збільшення гідропровідності та очищення зони фільтрації колектора нафтової свердловини від кольматантів.

Постановка задачі

Для досягнення мети роботи необхідно визначити коефіцієнт інжекції струминного апарату в залежності від геометричних параметрів сопла з рядом діаметрів 4, 6, 8 мм та дифузора з відповідними діаметрами камери змішування 6, 8, 10 мм, а також визначити параметри імплзійного удару: початкову швидкість робочої рідини, підвищення тиску в ударній хвилі, та підвищення тиску в свердловині від імплзійно-хвильової дії.

Матеріал і результати досліджень

В Центрі імпульсно-хвильових конструкцій, технологій та навчальних систем ІЕЕ НТУУ "КПІ" розроблений комплекс імпульсно-хвильової дії на привибійну зону нафтової свердловини, який включає насосну установку 1, насосно компресорні труби (НКТ) 2, струминний апарат 3, пакер 4, імпульсно-хвильовий модуль 6 та імпульсний зворотний клапан 8 (рис. 1). Конструкція струминного насосу реверсивного режиму подачі рідини та елементи конструкції імпульсно-хвильового модулю пройшли апробацію на підприємствах нафтогазового комплексу України та Росії у відповідності з господарськими договорами НВО "Азгарт" (Україна) та ЗАТ «Ренфорс» (Росія).

Насосною установкою 1 прокачується робоча рідина по затрубному простору (рис. 1). Струминним насосом 3 створюється падіння тиску в інжекційній камері 5. За допомогою розрахункової схеми (рис. 2) розраховано коефіцієнт інжекції за вхідними даними (таблиця 1). Падіння тиску в камері інжекції супроводжується ходом плунжера 4 (рис. 2), що створює в імпульсній камері 7 перепад тиску відносно пластового тиску в зоні 9 (рис. 1). Комплект клапанів 5 та 6 створюють гідравлічний зв'язок з камерою інжекції та імпульсною камерою відповідно.

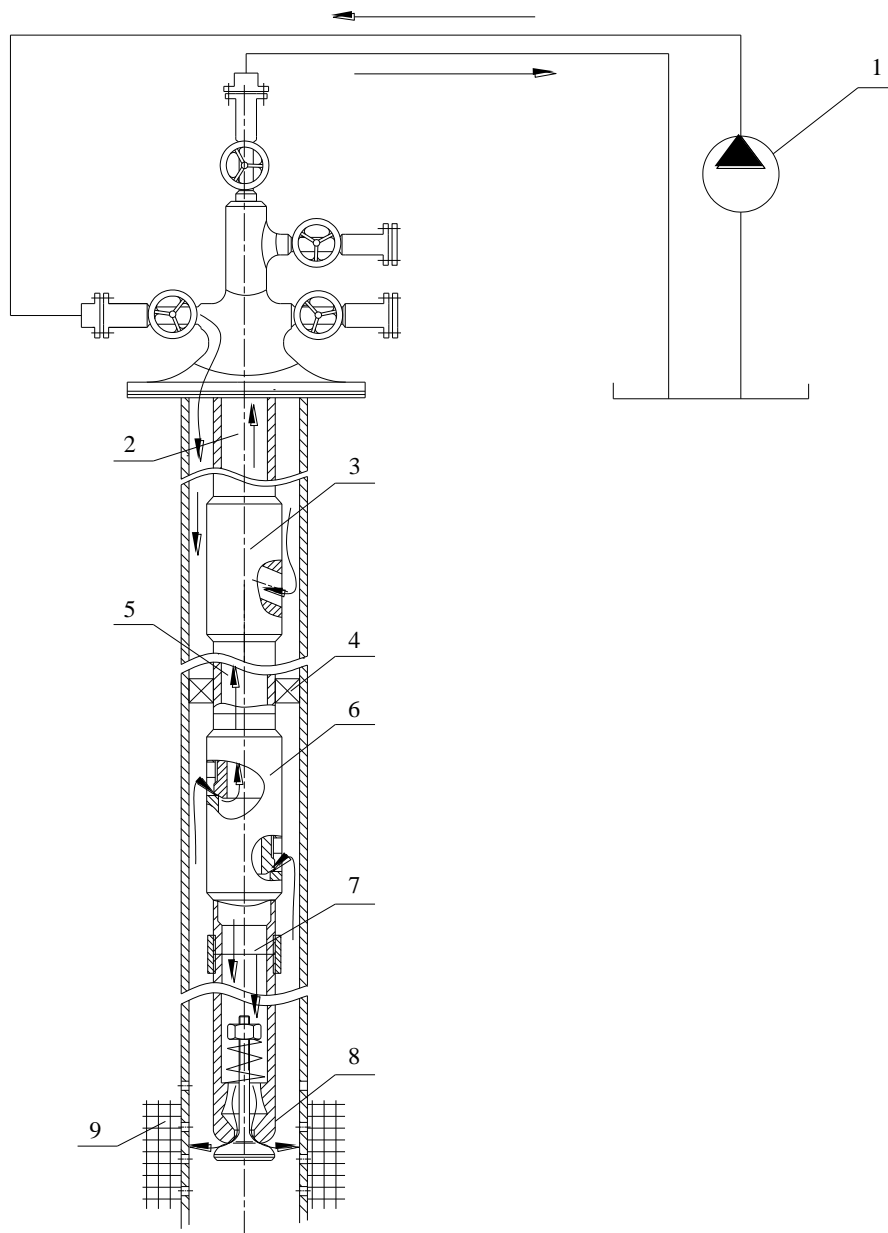


Рисунок 1 – Комплекс імпульсно-хвильової дії: 1 – насосна установка; 2 – НКТ ; 3 – струминний апарат; 4 – пакер; 5 – камера інжекції; 6 – модуль імпульсної дії; 7 – імпульсна камера; 8 – клапан; 9 – порода колектор.

Для проведення розрахунків розроблено розрахункову схему (рис.2), де у спрощеному вигляді представлено струминний та імпульзійний модулі. Вхідні данні представлені у вигляді таблиці 1.

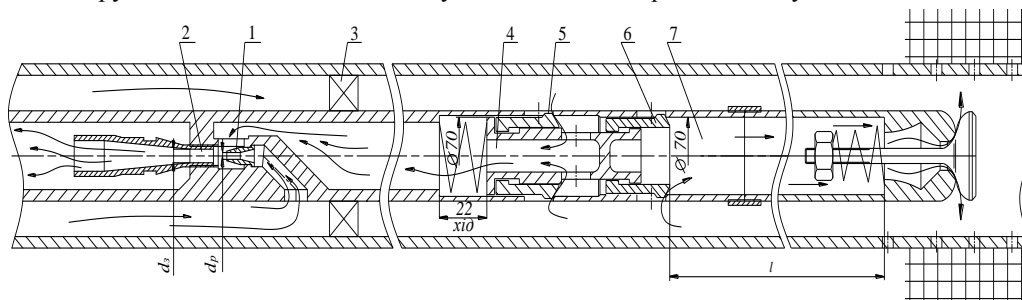


Рисунок 2 – Розрахункова схема струминного та імпульзійного модуля: 1– робоче сопло; 2 – камера змішування; 3 – пакер; 4 – плунжер; 5 – клапан; 6 – клапан; 7– імпульзійна камера;

Таблиця 1 – Вихідні параметри для розрахунків

Параметр	Символ	Значення	Одиниці виміру	
Пластовий тиск	p_1	30	МПа	
Діаметр робочого сопла	d_p	4 ... 8	мм	
Діаметр камери змішування	d_3	6 ... 10	мм	
Довжина імпульзійної камери	l	2...10	м	
Густина рідини	ρ	980	кг/ м ³	
Питомий об'єм рідини [2]	$v_n = v_3 = v_p = l/\rho$	$1,02 \cdot 10^{-3}$	м ³ /кг	
Модуль пружності рідини [3]	E_p	$1670 \cdot 10^6$	Н/м ²	
Рекомендовані на основі експериментів коефіцієнти швидкості [2]	сопла	φ_1	0,95	-
	камери змішування	φ_2	0,975	-
	вхідної ділянки камери змішування	φ_3	0,9	-
	дифузора	φ_4	0,925	-

В ході розрахунків отримано значення коефіцієнту інжекції, та представлено у вигляді таблиці 2, що дає можливість оцінити кількість рідини, яка відкачується із свердловини при відповідному співвідношенні сопла та камери змішування в струминному апараті.

Таким чином для подальших обчислень обираємо геометричні параметри струминного апарату де коефіцієнт інжекції приймає максимальне розрахункове значення. Математичні вирази, які використані для визначення раціональних параметрів комплексу зведені до таблиці 3.

Таблиця 2- Результати розрахунків коефіцієнту інжекції

Діаметр робочого сопла, мм	4	5	6	7	8
Діаметр камери змішування, мм	6	7	8	9	10
Коефіцієнт інжекції, в.о.	0,44	0,32	0,24	0,19	0,15

В роботі представлено визначення імпульзійного удару в свердловині. Значення перепаду тиску в імпульзійній камері визначено за попередніми розрахунками коефіцієнта інжекції (таблиця 2).

Тепер для застосування математичної моделі варто ввести декілька гіпотез:

1. Пластовий тиск p_1 відповідає гідростатичному для глибини свердловини 3000м, та дорівнює 30 МПа.
2. Так як циркуляція рідини через імпульзійну камеру відсутня, то початкова швидкість рідини на вході в камеру дорівнює нулю.

Результатом роботи є визначений за формулою Жуковського тиск гідравлічного удару в привибійній зоні свердловини. На рисунку 3 представлено підвищення тиску в свердловині за рахунок гідравлічного удару.

Варто зазначити, що в наслідок гідравлічного удару спрацює клапан. Генеровані дископодібні хвилі спрямовані в зону перфорації. Частина рідини, яка відбивається від породи колектора циркулює імпульзійною камерою.

Таблиця 3 – Математичні вирази

Функція	Математичний вираз	Пояснення	Одиниці виміру
Відносний перепад тиску	$\frac{\Delta p_p}{\Delta p_3} = \frac{f_3}{f_p} / (\varphi_1^2 \cdot \varphi_2)$	f_3 - площа поперечного перерізу камери змішування, м ² ; f_p - площа поперечного перерізу робочого сопла, м ² .	-
Коефіцієнт інжекції	$u = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$	$n = \frac{f_3 / f_{n2}}{f_3 / f_{n2}} - 1$ f_{n2} - площа поперечного перерізу камери змішування, м ² . $a = (2 - \varphi_3^2) \cdot \frac{v_3}{v_p} - (2\varphi_2 - \frac{1}{\varphi_4}) \cdot \frac{v_u}{v_p} \cdot n$ $b = 2(2 - \varphi_3^2) \cdot \frac{v_3}{v_p}$ $c = - \left[\varphi_1^2 \varphi_2^2 \frac{\Delta p_p}{\Delta p_3} - (2 - \varphi_3^2) \frac{v_3}{v_p} \right]$	-
Тому падіння тиску при переміщенні плунжера	$\Delta p = \frac{\Delta V}{\alpha_p \cdot V}$	ΔV - зміна об'єму імпульзійної камери, м ³ , α_p - коефіцієнт стискає мості, V - об'єм імпульзійної камери, м ³ .	МПа
Швидкість рідини за рівнянням Бернуллі за	$v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot p_1}{\rho} - \frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}}$	ρ - густина рідини г/м ³ ;	м/с
Підвищення тиску в свердловині за рахунок імпульзії [3]	$p = \rho \cdot c \cdot v_2$	$c = \sqrt{\frac{E_p}{\rho}}$ - швидкість поширення ударної хвилі в рідині при умові абсолютної жорсткості стінок імпульзійної камери.	МПа

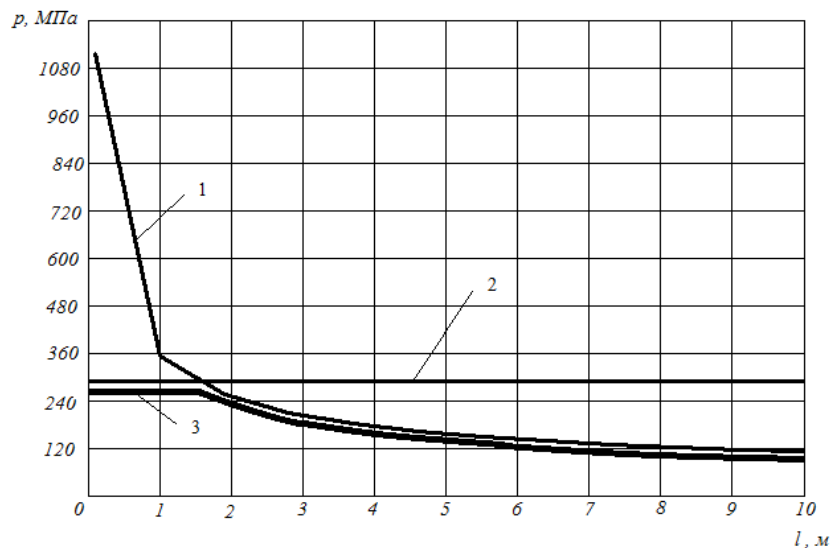


Рисунок 3 – Залежність збільшення тиску в свердловині при зміні імпульзійної камери:

1 – залежність зміни тиску від зміни довжини камери інжекції; 2 – Тиск налаштування клапана; 3 – Робоча область комплексу імпульсно-хвильової дії.

Висновки

1) Визначено робочі характеристики струминного апарату, геометричні параметри конфузора, робочого сопла, камери змішування, дифузора, та їх взаємного позиціонування. Розрахунками встановлено раціональний діаметр сопла 4 мм, діаметр камери змішування 6 мм. За таких параметрів коефіцієнт інжекції в середньому складає 0,44, що забезпечує ефективність струминного апарату.

2) Визначено, що збільшення тиску внаслідок гідравлічного удару в залежності від довжини імпульсної камери змінюється по гіперболічному закону. Доцільно для проектування взяти проміжок де довжина імпульсної камери лежить в межах від 2 до 10 м, з максимальним значення тиску згідно робочої області обладнання складає 260 МПа.

3) Застосування комплексу імпульсно-хвильової дії на привибійну зону нафтової свердловини в умовах нафтогазових виробництв України дасть можливість підвищити продуктивність видобутку вуглеводнів.

Література

1. Попов А. А. Импульзия в процессах нефтедобычи. М.: «Недра», 1996. – 186 с.: ил. ISBN 5-247-03495-3.

2. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1970. – 288 с.: ил.

3. Коваль П. В. [Текст]. Гидравлика и гидропривод горных машин: Учебник для вузов по специальности «горные машины и комплексы»/П. В. Коваль - М.: Машиностроение, 1979 – 319 с.

E. Halba, postgraduate student,

V. Slidenko, Ph.D, Ass.Prof.,

L. Listovschik, Ph.D, Ass.Prof.

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

IMPLOSION-WAVE ACTION COMPLEX TO INCREASE PRODUCTIVITY OF HYDROCARBON PRODUCTION

The complex implosion-wave action to improve performance of hydrocarbon production is submitted, which is synthesized on the basis of implosion process. The complex generates a directed disk-shaped wave with simultaneous pumping of fluid from the well. In fact, we are talking about the synergistic effect of the complex on the rock collector. A similar effect on seam system can increase the permeability of the reservoir, and to revive the well overall.

The aim is to study the parameters of elements of implosion-wave action on the collector reservoir of oil well for the formation of cracks in it, increasing hydraulic conductivity, filtration and purification zone reservoir oil well from kolmatage.

Based on the submitted design schemes implemented complex calculations and proved its rational parameters.

The result obtained dependence of injection on the change of geometrical parameters of the jet apparatus. Is set to increase in bottomhole pressure zone due to implosion.

Keywords: oil well, implosion, synergy, permeability reservoir, the rate of injection.

1. Popov AA Implosion in the processes of oil production. M.: "Nedra", 1996. - 186 p.: Il. ISBN 5-247-03495-3.

2. Sokolov EY, Singer NM Jet devices. - 2nd ed., Rev. and add. - Moscow: Energy, 1970. - 288.: Il.

3. Koval PV [Text]. Hydraulics and hydraulic mining machinery: textbook for high schools in "mining machines and systems" / P. Koval - M.: Engineering, 1979 - 319 p.

Е. В. ГАЛБА, аспірант
В. М. СЛИДЕНКО, к.т.н., доцент
Л. К. ЛИСТОВЩИК, к.т.н., доцент

**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
КОМПЛЕКС ИМПЛОЗИОННО-ВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ
ПРОДУКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ**

Представлен комплекс имплозионно-волнового воздействия для увеличения продуктивности добычи углеводородов, который синтезирован на основе применения процесса имплозии. Комплекс генерирует направленные дискообразные волны с одновременной откачкой флюида из скважины. Фактически речь идет об синергическом воздействии на породу коллектор. Подобное воздействие позволяет увеличить проницаемость коллектора, и реанимировать скважину в целом.

Целью работы является обоснование параметров элементов комплекса имплозионно-волнового воздействия на коллектор пластовой системы нефтяной скважины для образования в ней системы микротрещин, увеличение гидропроницаемости и очистки зоны фильтрации коллектора нефтяной скважины от кольматанта.

На основе представленных расчетных схем комплекса выполнены расчеты и обосновано его рациональные параметры.

В результате получены зависимости коэффициента инжекции от изменения геометрических параметров струйного аппарата. Определены значения повышения давления в призабойной зоне за счет имплозии.

Ключевые слова: нефтяная скважина, имплозия, синергия, проницаемость коллектора, коэффициент инжекции.

УДК 621.383

А.В. ГЕТЬМАН, аспірант,
Т.О. КОВАЛЕНКО, студент

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

**РАДІАЦІЙНА СТІЙКІСТЬ БАГАТОКОМПОНЕНТНОЇ
КОНТАКТНОЇ МЕТАЛІЗАЦІЇ ДАТЧИКА КООРДИНАТ СОНЦЯ**

У цій роботі представлені результати розробки і дослідження радіаційної стійкості металізації сенсора кутових координат Сонця, який розроблений на основі звичайних фотоелектричних перетворювачів – сонячних батарей. У наші дні багатошарові сонячні батареї на основі A_3B_5 активно розвиваються у сфері конструювання систем електроживлення космічних апаратів, але ще є доцільним використання кремнієвих сонячних батарей та сенсорів на основі кремнію в низькоорбітальних космічних апаратах та інших космічних застосунках. Дослідження на радіаційну стійкість проводили на сонячних елементах з n^+p-p^+ структурою. Сенсор кутових координат Сонця піддавали дії потоку електронів з енергією 7 МеВ. Щільність прискореного потоку електронів складала $3 \cdot 10^8 \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ в атмосфері. Значення поглиненої дози опромінення досягали 100 крад (Si).

Ключові слова: сонячні батареї (комірки, елементи), фотоелектричні перетворювачі, радіаційна стійкість, час життя носіїв заряду, кремнієва пластина.

Вступ

У зв'язку з активним розвитком космонавтики у всьому світі більшість технічних інститутів та науково-дослідних організацій, такі як Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Токійського університету, університету Шинсю (Японія), компанія NPO InterCos, Данський політехнічний інститут [1], почали інтенсивну роботу по розробці космічних наносупутників (НС), як для наукових дослідів так і для комерційного використання. Тому на сьогодні є актуальною проблема розробки надійних, радіаційно стійких і водночас простих систем орієнтації наносупутників. Достовірно визначення кутової орієнтації наносупутника є запорукою успішного його функціонування.

Однією з таких систем є щільний Датчик координат Сонця (ДКС), який призначений для визначення кутового положення Сонця і незважаючи на порівняну простоту є досить точними. ДКС призначений для орієнтації сонячних батарей і для управління роботою системи терморегулювання космічного апарату.

З метою зменшення собівартості і масово-габаритних показників наносупутників (НС)