

МЕХАТРОННА СИСТЕМА ІМПЛОЗІЙНОГО ВПЛИВУ НА ПРИВИБІЙНУ ЗОНУ ПЛАСТА НАФТОВОЇ СВЕРДЛОВИНИ

Представлено мехатронну систему імпульсного впливу на привибійну зону пласта. Використання розробленої системи через вплив на привибійну зону пласта дозволяє підвищити продуктивність нафтової свердловини.

Система містить занурену (силову) та наземну (керуючу) частини. Аналітично обґрунтовано раціональні параметри системи, запропоновано конструктивні рішення зануреної і наземної частини, створено алгоритм управління імпульсним генератором з використанням ПЛК.

Ключові слова: нафтова свердловина, імпульсія, привибійна зона пласта (ПЗП), проникність колектора, гідроудар, програмований логічний контролер (ПЛК).

Вступ. Ефективність розробки нафтових родовищ багато в чому визначається станом привибійної зони пласта (ПЗП) нагнітальних і видобувних свердловин. В процесі розробки знижується проникність ПЗП і відбувається погіршення фільтраційних характеристик продуктивних пластів, що веде до зниження швидкості руху рідин в привибійній зоні пласта, що в свою чергу приводить до виникнення шламових відкладень і піщаних пробок.

Існує велика низка різноманітних методів фізичного впливу на привибійну зону пласта свердловин, зокрема – імпульсні методи. Ці методи дозволяють досить ефективно здійснювати руйнування кольматантів, розширювати й подовжувати існуючі в гірській породі тріщини, викликати утворення нових тріщин. Імпульси високої енергії можна створювати різними способами, базуються на використанні енергії вибухових речовин, електричних розрядів, закачки газу або води в деякі ізольовані об'єми з високим тиском і т.і. Ефективність імпульсного впливу великої енергії (ударні хвилі) зростає, якщо попередньо очистити й промити вибій свердловини [1].

Одним із перспективних методів фізичного впливу на привибійну зону свердловини є метод імпульсії. Цей метод відносно новий у порівнянні з кислотною, термокислотною і пінокислотною обробками, гідравлічним розривом пласта або електропрогрівом і має хороші перспективи розвитку.

Імпульсія - вибух всередину, який досягається за рахунок різкого підвищення тиску в деякому об'ємі рідкого середовища при раптовому заповненні в цьому об'ємі певного, наперед заданого, простору, не заповненого рідиною. [2] Наприклад, імпульсійний ефект може бути досягнутий шляхом розриву опущених у свердловину, заповнених рідиною пустотілих балонів або металевих посудин, що перебувають під атмосферним тиском.

Ефективність дії на середовище методом імпульсії визначається амплітудою підвищення тиску і часом, протягом якого продовжується це підвищення [2]. Причому, імпульсія супроводжується не тільки різким підвищенням тиску, але й наступною пульсацією його на протязі деякого часу, значно більшого, ніж тривалість самого удару. Розміри утворених при цьому тріщин залежать від характеристик пласта, об'єму задоволеної рідини і величини відношення тиску, створеного в свердловині, до гірського тиску.

У момент, коли рідина стрімко прямує всередину пустотілого корпусу також здійснюється розрідження на вибої. За рахунок цієї депресії пластова рідина з великою швидкістю починає надходити у свердловину, що сприяє очистці частини пласта від забруднень (відкладень смол, парафіну і т.і.), а іноді приводить до руйнування породи привибійної зони пласта і створення там розгалуженої сітки тріщин. Приток нафти в свердловині після імпульсійної обробки може вирости в декілька разів. Іноді свердловини, що експлуатуються механізованим способом переходять в ряд фонтануючих [3].

Загалом, більшість пристроїв для проведення імпульсійної обробки привибійної зони пласта мають один істотний недолік - з їхньою допомогою за один спуск глибинного устаткування в свердловину можливо провести лише один процес імпульсії, що не гарантує високої якості обробки.

Метою роботи є обґрунтування структури та режиму роботи багаторазового імпульсійного генератора та розробка мехатронної системи управління генератором з урахуванням особливостей його функціонування.

Постановка задачі. Для досягнення мети необхідно визначити головні геометричні параметри генератора з урахуванням глибини занурення пристрою та діаметра його імпульсійної камери. Далі, взявши за основу режим роботи генератора, розробити принципову мехатронну систему управління генератором з поверхні.

Матеріали і результати досліджень.

Тиск гідравлічного удару по рівнянню Н.С. Жуковського становить:

$$p_{e.y.} = \rho w c, \quad (1.1)$$

де $p_{e.y.}$ - тиск гідравлічного удару, Па; ρ - щільність рідини, кг/м³; w - швидкість руху рідини, м/с; c - швидкість поширення ударної хвилі в трубах, м/с - рівна для прийнятих умов

$$w = \phi \sqrt{\frac{2p_0 D_k}{\rho \lambda l_k} (1 - \exp(-\frac{\lambda(l_k - l_0)}{D_k}))} = 0,706 \sqrt{\frac{2 \cdot 35 \cdot 10^6 \cdot 0,059}{1000 \cdot 0,02 \cdot 3} (1 - \exp(-\frac{0,02(3 - 0,03)}{0,059}))} = 54,8 \frac{м}{с} \quad (1.2)$$

$$c = \sqrt{\frac{k}{\rho(1 + \frac{dk}{\delta E})}} = \sqrt{\frac{1,324 \cdot 10^9}{950(1 + \frac{0,59 \cdot 1,324 \cdot 10^9}{0,007 \cdot 196 \cdot 10^9})}} = 942,4 м / с, \quad (1.3)$$

де $\delta = 0,007$ мм - задана товщина стінок корпусу генератора; k - модуль пружності робочої рідини, для води $2,03 \cdot 10^9$ Н/м² і для нафти $1,324 \cdot 10^9$ Н/м²; ρ - густина робочої рідини, кг/м³; d - внутрішній діаметр корпусу генератора, м; E - модуль пружності матеріалу корпусу генератора, для сталі - $196 \cdot 10^9$ Н/м².

Підставляючи в (1.1) відповідні числові значення вихідних даних знаходимо, що величина імпульсу тиску гідравлічного удару, що створюється, може сягати 52 МПа. Це у 1,5 рази більше гірського тиску. Таким чином, за допомогою цього способу може бути забезпечено створення гідравлічного удару, що сприяє створенню в привибійній зоні свердловини тріщин або для розширення вже існуючих там мікротріщин.

Щоб одержати залежність тиску гідравлічного удару від конструктивних параметрів пристрою та глибин пластів, необхідно провести цей розрахунок для різних значень. За результатами розрахунків побудовані залежності $p_{e.y.} = f(d_{кам})$, які зображені на рис. 1, а також залежність $p_{e.y.} = f(h)$, де h - глибина занурення пристрою в свердловину, при $d_{кам} = const = 0,059$ м (рис. 2).

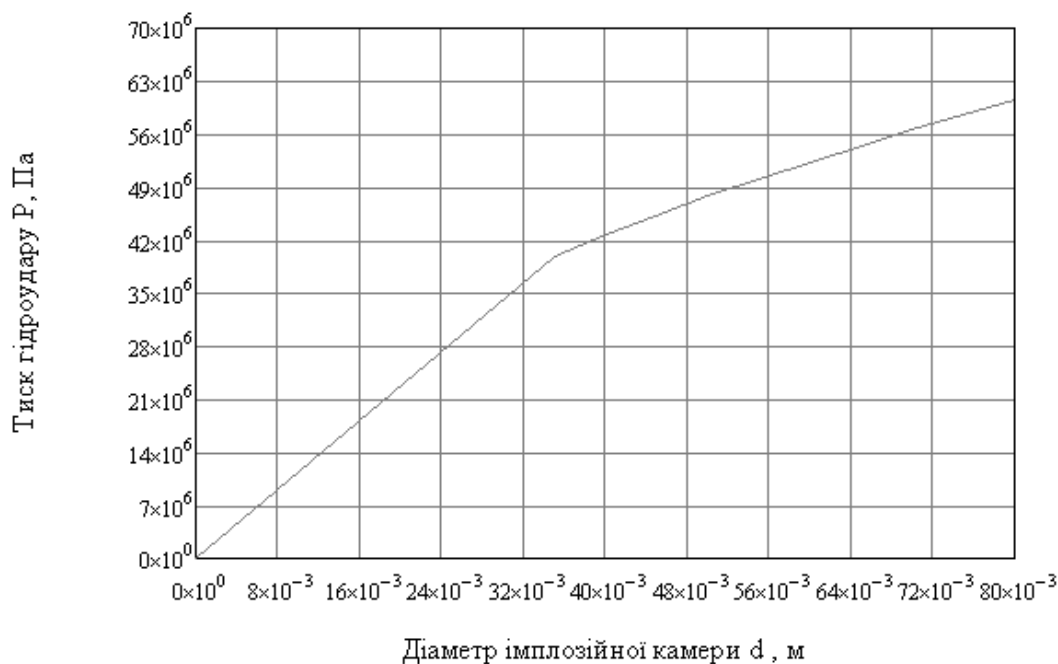


Рисунок 1 – Залежність тиску гідравлічного удару від діаметру імпульсійної камери при Н = 3600 м.

При розробці заглибного імпульсійного генератора було усунуто проблему відсутності багаторазового використання устаткування. Однак, у зв'язку з достатньо тривалим та одноманітним процесом роботи пристрою, систематичним повторенням однакових дій для проведення якісної обробки ПЗП, виникла

необхідність автоматизувати даний процес, створивши систему управління імпульсним генератором багатократної дії.

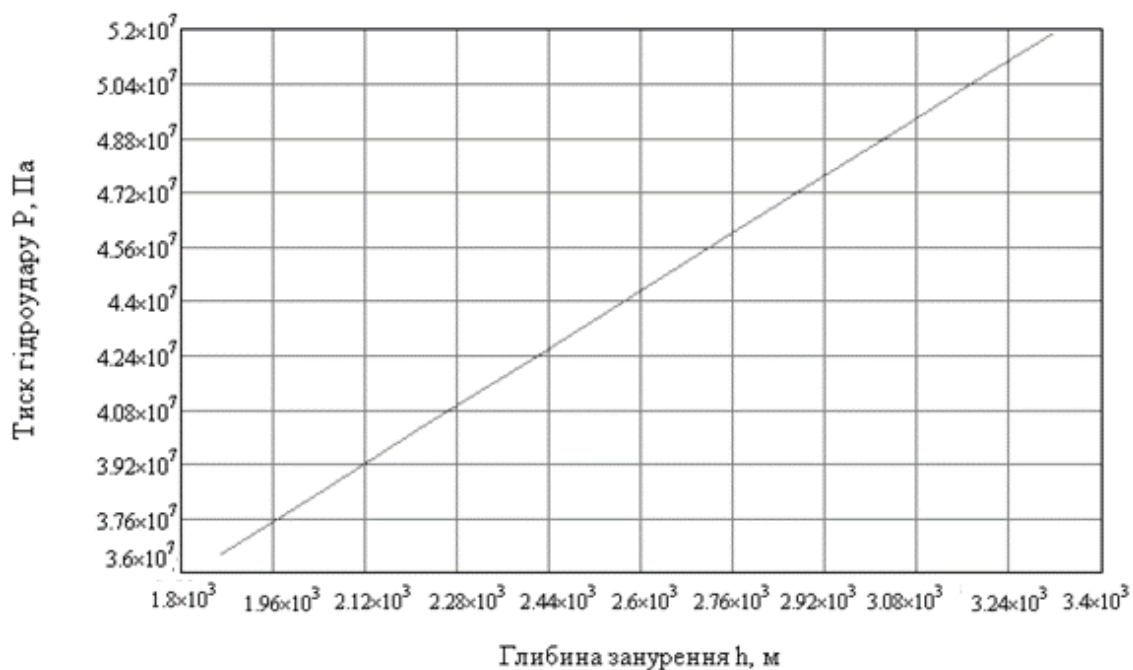


Рисунок 2 – Залежність тиску гідравлічного удару від глибини занурення пристрою, при умові $d_{кам} = const$.

Всю систему багатократної імпульсної обробки ПЗП умовно поділено на занурену частину (рис. 3) і наземну частину (рис. 4) [4].

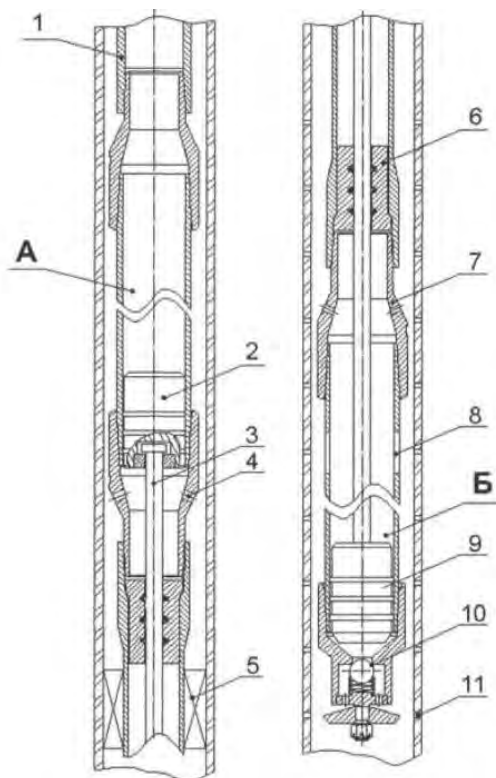


Рисунок 3 – Конструкція зануреного імпульсного генератора багаторазової дії

Занурена частина це занурений імпульсний генератор багатократної дії, який створює ефект багатократної імпульсії з метою впливу на привибійну зону свердловини. Занурена частина системи монтується на колону НКТ і спускається в район оброблюваної зони ПЗП. Після спуску обладнання в свердловину встановлюється пакер, який герметизує затрубний простір.

З поверхні рідина подається через затрубний простір в отвори 4 під поршень 2. З підвищенням тиску поршнева пара починає рухатися вгору. При цьому в камері Б під поршнем 9 створюється порожнина з пониженим тиском, в порівнянні з затрубним простором, і чим більше піднімається поршень, тим більше створюється рівень розрідження. Підйом здійснюється до того моменту, поки поршень 2 не підніметься до упору в верхній частині камери А. При цьому в камері Б поршень 9 проходить радіальні отвори 8 камери Б, і тим самим сполучає імпульсний камеру Б з розрідженням під поршнем із затрубним простором. Рідина з затрубного простору надходить в зону розрідження з великою швидкістю. Маючи велику кінетичну енергію, в результаті прискорення, рідина відкриває клапан 10 і впливає на перфораційні отвори 11 в обсадній колоні. Після витримки часу рідина подається в колону НКТ, тим самим діючи на верхню площину поршня 2, і поршнева пара опускається до упору вниз, стаючи у вихідне положення. Після цього процес повторюється.

Пристрій створення ефекту багатократної імпульсії для впливу на привибійну зону свердловини приводиться в дію гідравлічною системою керування, що розташована на поверхні, і яка сполучена з затрубним простором і НКТ через гирлове устаткування. На трубопроводах, що підводяться до гирлового устаткування, встановлені датчики контролю тиску, що подають сигнали на систему керування, на яких і базуються дія системи на керуючий гідравлічний розподільвач, що в свою чергу здійснює перемикання в силовому гідравлічному розподільвачі, який керує гідравлічним потоком силової маслостанції. Маслостанція забезпечує роботу гідравлічної розподільвача.

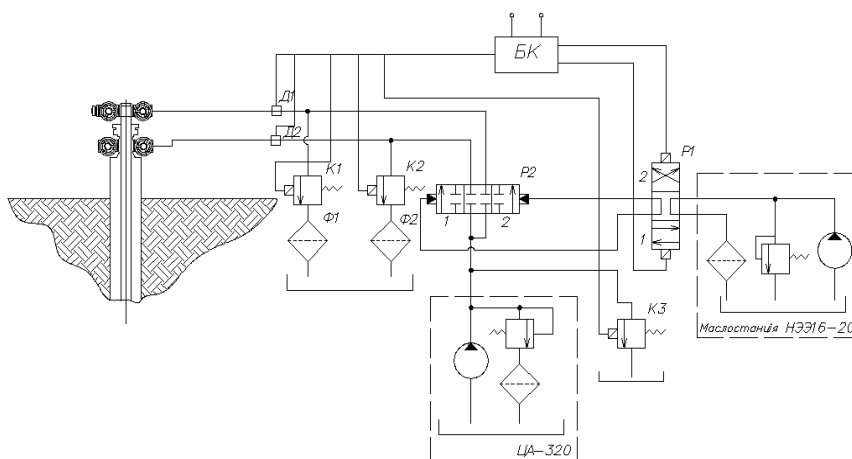


Рисунок 4 – Наземна частина - устаткування керування зануреним імпульсним генератором

Наземна частина – це система з'єднаних між собою пристроїв та засобів, які дозволяють проводити автоматизований процес управління зануреним обладнанням. До даної схеми входять такі ключові елементи: Д1, Д2 – датчики тиску; К1, К2, К3 – електричні зливні клапани; Р1 - електрогіддорозподільвач та Р2 – гіддорозподільвач; маслостанція типу НЭЭ16-20; БК – блок керування. Описана система з одного боку підключається до насосної установки ЦА-320, з іншого - до фонтанного устаткування свердловини з допомогою рукавів високого тиску та швидкокороз'ємних з'єднань.

Обладнання наземної частина монтується на рамі та встановлюється на автомобільний причіп. Змонтоване обладнання зображено на рис. 5. До складу даного обладнання входять: маслостанція 1 типу НЭЭ16-20 з вбудованим керуючим електрогіддорозподільвачем 2 та блоком керування 3 (БК), гідроциліндр 4 ГЦ 30x16-130, керований гіддорозподільвач 5, датчики тиску 6 та зливні електроклапани 7.

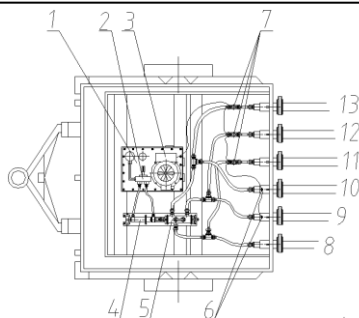


Рисунок 5 – Компонівка наземного обладнання

До виводу 8 приєднується рукав високого тиску, який подає рідину в систему від насосної установки ЦА-320. Вивід 9 приєднують до затрубного простору свердловини, а вивід 10 – до труби НКТ. Виходи 11, 12, 13 призначені для зливу рідини. Рукава високого тиску, приєднані до цих виводів, іншими кінцями спускаються у зливний бак установки ЦА-320. Виходячи з показників датчиків тиску 6, БК 3 посилає сигнал заданої величини на зливні електроклапани 7 і відкриває один або кілька з них, дозволяючи цим самим керувати подачею рідини відповідно у затрубний простір або в колону НКТ через виводи 9 та 10.

Після з'єднання живлення до маслостанції та блоку керування, запущена система починає працювати в режимі холостого ходу. Тобто, зливні клапани виводів 11, 12, 13 знаходяться у відкритому положенні і вся рідина, яка подається від установки ЦА-320, зливається у зливний бак.

Натиснувши кнопку ПУСК/ЗЛИВ на БК 3 система переходить в робочий режим - точка 1 циклограми (рис. 6): з БК подається сигнал на зливні клапани 7 і клапани виводів 12 та 13 закриваються, клапан виводу 11 лишається відкритим. Така конфігурація клапанів забезпечує нагнітання рідини у затрубний простір і, цим самим, призводить до початку зведення поршневої пари.

Подача рідини в затрубний простір буде відбуватись до тих пір, поки не відбудеться явище імплзії і тиск у затрубному просторі не досягне рівня тиску перемикання клапанів – точка 3 на циклограмі. Якщо датчики тиску фіксують вказаний рівень тиску, БК 3 відкриває всі зливні клапани 7 і тримає їх відкритими певний заданий час, для того, аби припинились гідравлічні коливальні процеси, які відбуваються в зоні обробки – ділянка 3-4 циклограми.

Після заданої затримки, БК 3 закриває зливні клапани виводів 11 та 13 і відкриває зливний клапан виводу 12, забезпечуючи, тим самим, нагнітання рідини в колону НКТ – точка 4 циклограми. Рідина, яка нагнітається, діє на верхню площину поршня 2, і поршнева пара опускається до упору вниз, стаючи у вихідне положення. При досягненні поршневою парою нижнього положення, тиск в колоні НКТ починає зростати і, досягнувши заданого значення яке фіксують датчики тиску 6, БК 3 подає сигнал, який відкриває всі зливні клапани, переводячи всю систему в початкове положення – точка 5 циклограми (рис. 7.9).

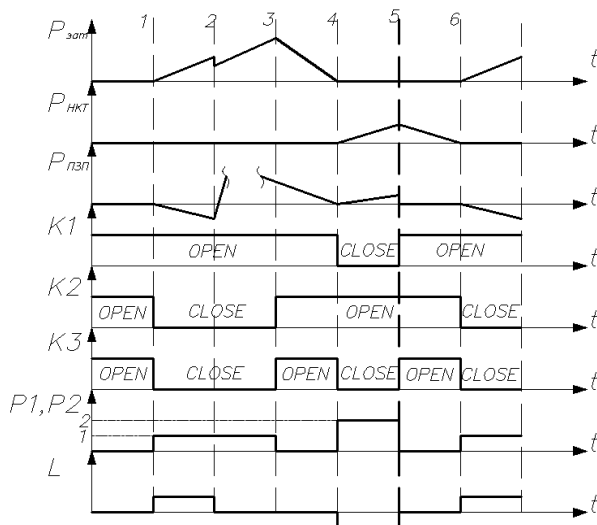


Рисунок 6 – Циклограма роботи системи

Висновки

Обґрунтовано необхідність використання автоматичної системи управління імпульсним генератором. Аналітично визначено залежності тиску в передній хвилі гідроудару від діаметру імпульсній камери генератора - гіперболічна залежність, та тиску в передній хвилі гідроудару від глибини занурення генератора - прямо пропорційна залежність.

Розроблений алгоритм управління дозволяє автоматизувати процес обробки нафтової свердловини та оптимізувати час обробки та її інтенсивність в залежності від гірничо-геологічних умов залягання продуктивного пласта.

Список використаної літератури

1. Попов А. А. Импульсия в процессах нефтедобычи./ Попов А. А. - М.: «Недра», 1996. – 186 с.
2. Аммян В. А. Повышение производительности скважин/ Аммян В. А. М.: Энергия, 1969. – 304 с.
3. Мирзаджанзаде А.Х. Технология и техника добычи нефти/ Мирзаджанзаде А.Х. М.: «Недра», 1986. – 385 с.
4. Пат. 104267 Україна, МПК (2006.01) F15B 21/12, E21B 43/00 Генератор імпульсів тиску/ Лісовол О.П., Лістовщик Л.К., Сліденко В.М.; заявник і власник патенту Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». - № у 201505257 заявл. 28.05.2015; опубл. 25.01.2016, Бюл. №2.

L. Listovshchik, V. Slidenko, O. Lisovol

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" MECHATRONIC SYSTEM OF IMPLOSION ACTION ON A BOTTOMHOLE ZONE OF THE OIL WELL

Was presented by the mechatronic system of implosion effects on the bottomhole formation zone. Using the developed system by influencing the bottomhole formation zone can improve productivity the oil well.

The system consists of deep (high power) and part of the ground (control) part. Analytically justified rational parameters of the system, offer constructive solutions depth and the ground parts, created a control algorithm of implosion generator with using PLC.

Keywords: oil well, implosion, bottomhole formation zone (PPP), the reservoir permeability, hydraulic impact, a programmable logic controller (PLC).

References

1. Popov A. A. Ymplozyya v protsessakh nefte dobychy./ Popov A. A. - М.: «Nedra», 1996. – 186 s.
2. Amyyan V. A. Povyshenye proyzvodytel'nosty skvazhyn/ Amyyan V. A. М.: Enerhyya, 1969. – 304 s.
3. Myrzadzhanzade A.Kh. Tekhnolohyya y tekhnika dobychy nefty/ Myrzadzhanzade A.Kh. М.: «Nedra», 1986. – 385 s.
4. Pat. 104267 Ukrayina, MPK (2006.01) F15V 21/12, E21V 43/00 Henerator impul'siv tysku / Lisovol O.P., Listovshchik L.K., Slidenko V.M.; zayavnyk i vlasnyk patentu Natsional'nyy tekhnichnyy universytet Ukrayiny «Kyuyiv's'kyu politekhnichnyy instytut». - # u 201505257 zayavl. 28.05.2015; opubl. 25.01.2016, Byul. #2.

УДК 622.276

Л.К. Листовщик, канд. техн. наук, доц., В. М. Сліденко, канд. техн. наук, доц.,
А.П. Лисовол, студент

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА ИМПЛОЗИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИЗАБОЙНУЮ ЗОНУ ПЛАСТА НЕФТЯНОЙ СКВАЖИНЫ

Представлено мехатронную систему имплозионного воздействия на призабойную зону пласта. Использование разработанной системы посредством влияния на призабойную зону пласта позволяет повысить производительность нефтяной скважины.

Система состоит из глубинной (силовой) части и наземной (управляющей) части. Аналитически обосновано рациональные параметры системы, предложено конструктивные решения глубинной и наземной части, создано алгоритм управления имплозионным генератором с использованием ПЛК.

Ключевые слова: нефтяная скважина, импульсия, призабойная зона пласта (ПЗП), проницаемость коллектора, гидроудар, программируемый логический контроллер (ПЛК)

Надійшла 26.10.2016

Received 26.10.2016