

622, 646, 55

K 89

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Кузьмін Олександр Олексійович



УДК 622.276.054

**ВДОСКОНАЛЕННЯ СВЕРДЛОВИННОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ
ПОПЕРЕДЖЕННЯ ВІДКЛАДІВ ПІСКУ, ПАРАФІНУ ТА СМОЛ**

05.05.12 – Машини нафтової і газової промисловості

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового
ступеня кандидата технічних наук

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти, науки, молоді та спорту України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор

Копей Богдан Володимирович
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу, завідувач кафедри
морських нафтогазових технологій



Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор **Петрина Юрій Дмитрович**, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, завідувач технології нафтогазового машинобудування (м. Івано-Франківськ).

кандидат технічних наук **Явишевський Андрій Ярославович**, НДП, ПАТ «Укрнафта», інженер І-ї категорії (м. Івано-Франківськ)

Захист відбудеться 28 вересня 2012 р. о 10 год. 00 хв. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.04 в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу за адресою: 76019, Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитись в науково-технічній бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

Автореферат розісланий 27 серпня 2012 р.

Учений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 20.052.04,
кандидат технічних наук, доцент

Пилипів Л.Д.

Проведено експериментальні дослідження опору статичному і втомному руйнуванню поплавкових склопластикових насосних штанг з використанням сучасних методів і засобів для механічних випробувань та експериментальне дослідження характеристик струминних насосів. Основні висновки роботи узгоджуються з відомими даними теоретичних і експериментальних досліджень.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Вперше теоретично та експериментально обґрунтовано можливість використання склопластикових поплавкових насосних штанг в умовах відкладень парафіну та смол та запропоновано з'єднання тіла поплавкової склопластикової штанги з металевою головкою і досліджено характеристики їх міцності та витривалості.

2. Розроблено засади проектування елементів обладнання для боротьби з шкідливим впливом піску та відкладеннями парафіну та смол, а саме: газопіщаних сепараторів та піщаних фільтрів, скребка.

3. Вперше розроблені теоретичні основи робочого процесу свердловинної ежекційної системи змінної структури на основі моделювання вибіркового взаємозв'язку між її елементами, що дозволило підвищити точність прогнозування режимних параметрів струминного насоса.

4. Удосконалена методологія побудови гідравлічної моделі оптимального робочого процесу ежекційної системи із змінним гідравлічним опором на основі встановлення закономірностей впливу на ККД струминного насоса його конструкторських та режимних параметрів, що дозволило покращити енергетичні показники пристрою для промивання піщаних пробок.

Положення, що виносяться на захист:

1. Методологічний підхід до визначення оптимальних режимних та конструкторських параметрів струминних насосів, що призначені для видалення піщаної пробки із свердловини.

2. Методологічний підхід до визначення опору статичному і втомному руйнуванню, в залежності від величини амплітуди змінного напруження, поплавкових склопластикових насосних штанг.

Практичне значення отриманих результатів:

1. На основі проведених експериментальних досліджень та сучасних методів комп'ютерного моделювання запропоновані нові конструкції з'єднань тіла склопластикової штанги з металевою головкою [18,23], нові конструкції полімерного скребка [22], протипіщаного фільтру та газопіщаних сепараторів [19, 20, 21].

Розроблено методи розрахунку компоновки штангової колони із використання склопластикових поплавкових штанг та необхідної кількості та місця встановлення скребоків на колоні штанг.

2. На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень розроблено комплекс заходів, спрямованих на підвищення ефективності застосування струминних насосів для промивання піщаних пробок в свердловині:

— розроблена методика прогнозування режиму роботи свердловинної ежекційної системи із змінним гідравлічним опором;

— запропонована методика визначення оптимальних режимних та конструктивних параметрів струминного насоса, які забезпечують максимальний ККД при його експлуатації.

3. На обладнаних верстатами – качалками свердловинах, що обслуговуються ТЗОВ «ОРАНГА» ЛТД та НГВУ «Долина нафтогаз», здійснено впровадження газопіщаних сепараторів і поплавкових склопластикових насосних штанг.

Публікації та особистий внесок здобувача. Результати досліджень, які відображені у дисертації, опубліковані у 23-й працях. Серед них: 8 праць, які опубліковані у наукових фахових виданнях; 9 – у збірниках праць та тезах конференцій; 5 – патентів на корисну модель, 1 – патент України на винахід.

Основні положення та результати дисертаційної роботи одержані автором самостійно. У сумісних роботах здобувач брав участь у розробці основної ідеї, проведенні експериментів та підготовці матеріалів до опублікування. Постановка задач, аналіз і трактування результатів проведено спільно з науковим керівником.

Основні результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. В спільних публікаціях автору належать узагальнення та систематизація методів та засобів боротьби із шкідливим впливом піску та відкладенням АСПВ [1,2,3,4,5,8,12,14,15,17], конструювання та розробка математичної моделі свердловинних фільтрів каркасної конструкції [6,7], розробка математичної моделі, експериментальне дослідження роботи та розробка конструкції пристрою для експримання піщаних пробок [10,11,13], розробка та комп'ютерне моделювання з'єднань тіла трубочастой склопластикової штанги із металевою головкою, полімерного скребка-протектора [9,16].

Апробація результатів досліджень. Основні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на наукових семінарах кафедри „Нафтогазового обладнання” Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ) у 2007-2011рр. та VI Міжнародній конференції молодих науковців «Інформатика та механіка» (м. Кам'янець – Подільський, 2008 р.); Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених «Техніка і прогресивні технології в нафтогазовій інженерії» (м. Івано -Франківськ, 2008 р.); III Конференції молодих спеціалістів ВАТ «Укрнафта» (м. Івано -Франківськ, 2008 р.); Міжнародній конференції "Нафтогазова енергетика: проблеми і перспективи" , м. Івано -Франківськ, 2009 р.; Міжнародній конференції "Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании" 2009", м. Одесса; Міжнародній конференції. "Развиток научных исследований" 2009", м.Полтава; Міжнародній науково – практичній конференції "Наука в інформаційному просторі", м. Дніпропетровськ, 2009р; Міжнародній конференції "The 5-th international symposium on hydrocarbons and chemistry (ISHC5)", Sidi Fredj, Algiers, May the 23rd to 25th, 2010.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, вкладених на 137 сторінках тексту, 66 рисунків, 10 таблиць, списку використаних джерел, який містить 147 найменувань та 6 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* дано загальну характеристику дисертаційної роботи.

У *першому розділі* проаналізовано вплив різних експлуатаційних чинників на відмови підземного свердловинного обладнання, при відкладенні парафіну в каналі підйому продукції свердловини, робота котрої ускладнена виносом піску. Узагальнено світовий досвід застосування ежекційних технологій з метою оцінити фактори, що визначають ефективність використання свердловинних струминних насосів для виносу піску. Вивчено границі застосування насосних штанг із композиційних матеріалів, зокрема, склопластику, в свердловинах ускладнених відкладеннями АСПР.

Вивченню параметрів роботи колони насосних штанг в умовах інтенсивного виносу піску та відкладень АСПР приділена увага в працях вчених: Гіматгудінова Ш.К., Басаригіна А.І., Копєя Б.В., Бойка В.С., Мішенка І.Т., Муравйова І.М та інших.

За даним попередніх досліджень, маса колони штанг із відкладеним на ній парафіном збільшується в середньому на 600 кг, а кількість відмов в роботі насоса, пов'язаних із заклинюванням плунжера в циліндрі через парафін, досягає 72% від загальної кількості відмов у роботі насоса, накопичення парафінових відкладень в протічній частині нафтопромислового обладнання і на внутрішній поверхні труб призводить до зниження продуктивності системи, зменшення ефективності роботи насосних установок

Таким чином, боротьба з відкладами парафіну в свердловинах з ШСН потребує нових технологічних і технічних рішень.

Розглянуто основні техніко-технологічні рішення, спрямовані на видалення парафіну із каналу підйому свердловинної продукції.

Проаналізовано всі існуючі методи, що передбачають видалення АСПВ, що вже утворилися, на насосно-компресорних трубах, встановлено та перелічено недоліки існуючого обладнання - скребків та шляхи їх вдосконалення, через покращення гідродинамічних характеристик.

Під час експлуатації нафтових і газових пластів, складених сипкими пісками або слабозцементованими піщаниками, у свердловину разом з нафтою і газом може поступати велика кількість піску. У ході експлуатації об'єм винесених частинок породи із найпродуктивніших інтервалів пласта збільшується і, відповідно, зростає коефіцієнт пористості порід привибійної зони, та, як наслідок, об'єм каверн, що утворюються в привибійній зоні.

Виділено основні причини руйнування скелета породи привибійної зони та утворення піщаної пробки та поширені методи уникнення шкідливого впливу піску на роботу нафтової свердловини.

Вказано, що існуючі методи попередження потрапляння піску на прийом насоса є недосконалими та не можуть задовольнити промислове виробництво через техніко – економічні показники своєї роботи. Наведено необхідність створення математичної моделі проектування засобів захисту насосу свердловини від піску.

Проаналізовані конструкції склопластикової штанги дозволили припустити можливість використання полегшеної – поплавкової склопластикової штанги для зменшення навантаження на головку балансира та економії енергетичного ресурсу підприємства.

Досліджено різні варіанти з'єднання тіла склопластикової штанги з металевою головкою, встановлено основні недоліки та показано шляхи їх усунення.

Одним з нових і перспективних для нафтопромислової практики видів видобувного обладнання є установки струминних насосів (УСН).

Висока ефективність ежекційних технологій зумовлює широку географію їх застосування.

Один із суттєвих недоліків традиційного промивання піщаної пробки є створення значного тиску на пласт, закачування в продуктивний горизонт значної кількості води та витіснення нафти з привибійної зони. Застосування струминного насоса дозволяє здійснювати промивання піщаної пробки без створення додаткового тиску на пласт.

Відсутність математичної моделі робочого процесу струминного насоса, який входить до складу пристрою для промивання піщаної пробки, не дозволяє застосовувати розроблену конструкцію для сучасних глибин розміщення в свердловині. В умовах зростання глибини розміщення пристрою в свердловині застосування подвійної колони промивальних труб вимагає значних матеріальних ресурсів, внаслідок чого запропонована технологія є економічно недоцільною. Суттєвим недоліком запропонованої технології є відсутність методики контролю за станом привибійної зони в процесі промивання піщаної пробки, внаслідок чого ускладнюється визначення необхідних інтервалів між черговими «розвантаженнями» колони труб та знижується ефективність процесу.

В другому розділі наведено основні принципи автоматизованого проектування з допомогою параметричного тривимірного моделювання та методу кінцевих елементів. Проаналізовано методики та обладнання для проведення експериментальних досліджень.

Міцність кріплення головки до стержня визначають шляхом навантаження штанги зусиллям розтягу на спеціальному пристрої.

Для визначення робото здатності склопластикових трубчастих насосних штанг в умовах дії навантажень згину використана методика натурних випробувань на втому. В її основу покладено випробування спеціального зразка довжиною 395 мм (рис. 1).

Приведено обґрунтування способів моделювання гідравлічних зв'язків елементів струминного насоса.

На сьогоднішній день можна виділити методики, засновані на застосуванні таких законів та положень гідродинаміки:

- збереження імпульсу руху рідини в камері змішування струминного насоса;
- збереження енергії робочого, інжектваного та змішаного потоків ;
- співставлення повних напорів в характерних перерізах струминного насоса.

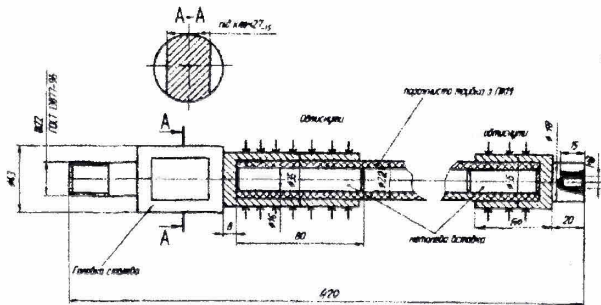


Рисунок 1 - Ескіз зразка для випробування на втомну міцність склопластикових насосних штанг

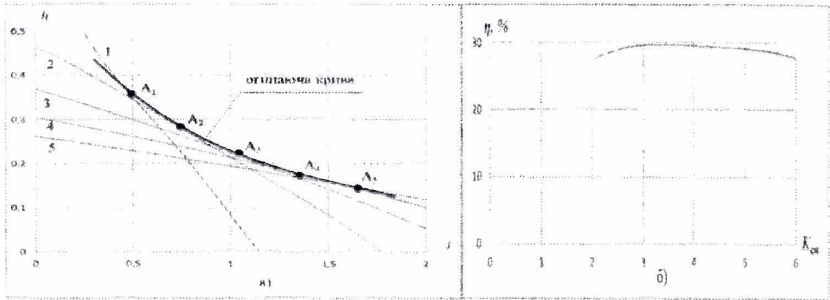
З метою вибору однієї з вищезгаданих методик для побудови математичної моделі ежекційної системи, яка може використовуватись для промивання піщаних пробок, необхідно провести порівняльний аналіз теоретичних напірних характеристик з експериментальними даними.

Визначимо похибку результатів вимірювання теоретичного напору із використанням рівняння напірної характеристики струминного насоса, отриманого з використанням закону збереження імпульсу руху рідини, при використанні закону збереження енергії, із застосуванням поняття повного напору в характерних перерізах ежекційної системи :

$$\delta = \frac{h_m - h_e}{h_{max}} \cdot 100\% \quad (1)$$

Приведений аналіз свідчить про те, що сучасні математичні моделі робочого процесу струминного насоса не забезпечують необхідної точності визначення напору ежекційної системи. Один із шляхів підвищення точності прогнозування зміни параметрів ежекційної системи – використання в процесі побудови її математичної моделі емпіричних напірних характеристик струминного насоса.

Проведення експериментальних досліджень, у свою чергу, вимагає попереднього вибору типорозміру моделі струминного насоса, яка буде застосована при проведенні лабораторних випробувань. У процесі планування експерименту за критерій вибору розмірів моделі струминного насоса приймемо ККД ежекційної системи (Рис. 2). Аналізуючи залежність ККД струминного насоса від його основного геометричного параметра $\eta = f(K_{сн})$ теоретичним шляхом визначаємо такі значення параметра $K_{сн}$, які забезпечують граничні енергетичні показники використання ежекційної системи.



а) напірна характеристика струминного насоса для основного геометричного параметра: 1 – $K_{сн}=2$; 2 – $K_{сн}=3$; 3 – $K_{сн}=4$; 4 – $K_{сн}=5$; 5 – $K_{сн}=6$;

б) максимальний ККД струминного насоса

Рисунок 2 - Визначення оптимального геометричного співвідношення струминного насоса

Аналіз залежності максимальних значень ККД струминного насоса від основного геометричного параметра (рис. 2 б) свідчить, що граничні значення ККД знаходяться в області значень параметра $K_{сн}=2-6$. Тоді, виходячи з конструктивних особливостей лабораторного стенда, для моделі струминного насоса, яка буде використовуватись при проведенні експериментальних досліджень прийємо $K_{сн}=4,94$.

Враховуючи різні геометричні розміри елементів струминного насоса розміщеного на лабораторній установці і в компоновці колони свердловинного обладнання необхідно визначити умови перенесення отриманих результатів на реальну конструкцію пристрою для промивання пісочних пробок у свердловині.

Методика обробки результатів експериментальних досліджень повинна передбачати різницю діаметрів гідравлічних ліній лабораторної установки та рівнів встановлення пристроїв для виміру тиску

У *третьому розділі* вказано, що для обґрунтування використання та вдосконалення існуючих, розробки нових свердловинних фільтрів, необхідним є математичне описання процесів, що відбуваються в свердловинному фільтрі.

Для аналітичного розрахунку фільтра використано метод середньозваженого потенціалу (СЗП).

Розв'язавши рівняння Лапласа, отримаємо залежності, в яких дебіт свердловини знайдемо за формулою:

$$Q = N 2 V_0 S H = 2 \pi \frac{kH}{\mu} \frac{P_n - P_c}{\ln \frac{R}{r_c} + \frac{1}{2} \lambda}, \quad (2)$$

де N – кількість щілин, S – площа щілини, H – висота фільтра.

$$\lambda = -\frac{4}{\beta^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\left(\frac{r_c}{R}\right)^{\lambda_m} - \left(\frac{R}{r_c}\right)^{\lambda_m} \sin^2\left(\lambda_m \left[\frac{\pi}{N} - \beta\right]\right)}{\left(\frac{r_c}{R}\right)^{\lambda_m} + \left(\frac{R}{r_c}\right)^{\lambda_m} \lambda_m^3}. \quad (3)$$

Використання вищенаведеного методу дає можливість значно спростити процес обґрунтування встановлення фільтрів на свердловинах, а також створює певну математичну базу для вдосконалення існуючих, моделювання та конструювання нових більш досконалих зразків свердловинних фільтрів.

Проведено експериментальне дослідження на статичний розтяг та циклічний згин зразків склопластикової поплавкової штанги, в результаті яких отримано наступні графічні залежності (рис. 3).

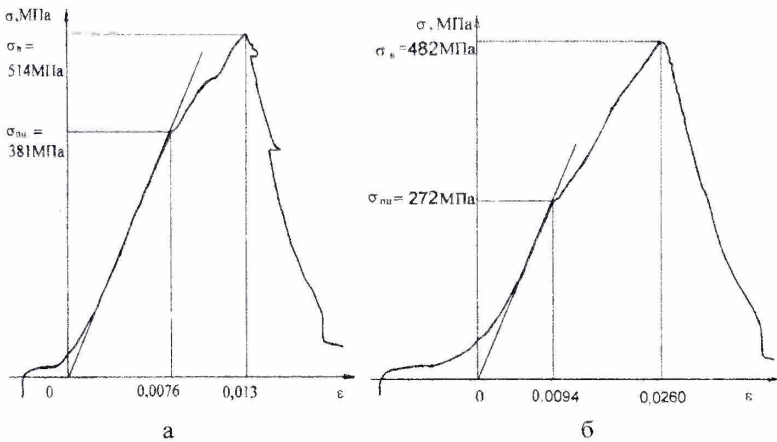


Рисунок 3 - Діаграма розтягу зразка нової (а) склопластикової насосної штанги та поплавкової склопластикової штанги (б) після навантаженням $10 \cdot 10^6$ циклів

При випробуванні нових поплавкових насосних штанг зі склопластику визначено границю пропорційності $\sigma_m = 381$ МПа і границю міцності $\sigma_e = 514$ МПа.

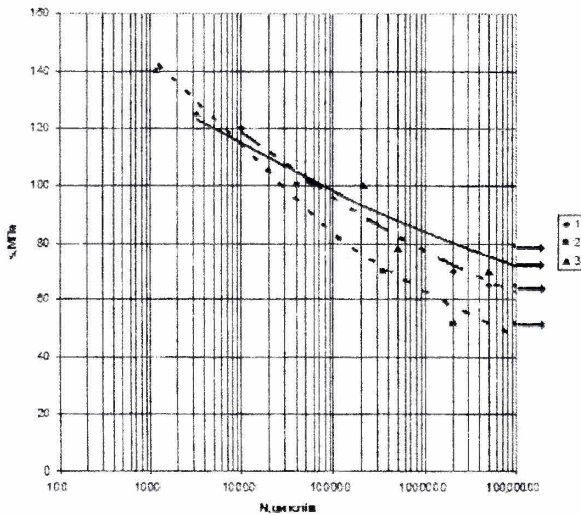
Результати випробувань на статичний розтяг зразків з поплавкової склопластикової штанги, котра пройшла $10 \cdot 10^6$ циклів випробування на втомну міцність, показують, що границя пропорційності складає $\sigma_m = 427$ МПа, а границя міцності - $\sigma_e = 482$ МПа. Характер руйнування зразків наступний: місця закріплення спостерігається зсув, а в середній частині - розщеплення волокон. Розриву по тілу не спостерігали. Порівняльна діаграма міцності насосних штанг (рис. 3) вказує на те, що міцнісні характеристики трубчастої та металевої штанги, в умовах розтягу, приблизно однакові.

Також згідно плану проведення експериментальних дослідження проводились випробування зразків зі склопластикових насосних штанг на опір втомному

руйнуванню при циклічному згині. Отримано криві втоми для трубчастих склопластикових штанг (рис.4).

Враховуючи отримані попередніми дослідниками результати, автором запропоновано конструкцію скребка для насосних штанг, яка забезпечує достатнє зчеплення з тілом штанги та може використовуватись для важких умов роботи в свердловині.

Досліджено також силу зчеплення скребків згідно ТУ У 11.200135390 – 117 – 2002 "Насосні штанги з скребками" до склопластикового стержня за допомогою підмотки ниткою із склотканини, кріплення болтами та на клею, експериментальна робота була проведена на виробничих стендах заводу "Компласт", м. Харків.



- 1 – для склопластикових насосних штанг звичайної конструкції в пластовій воді з нафтою, 2 – в мінералізованій пластовій воді, 3 – для склопластикових поплашкових штанг авторської конструкції в повітрі

Рисунок 4 - Діаграми втомної міцності склопластикових насосних штанг при циклічному згині

Для проведення досліджень було використано розривну машину, зміст яких полягав в наступному: на склопластиковій поплашковій штанзі використовуючи різні технології кріплення, встановлювали скребок, та обладнували його тензодавачом.

При цьому розглядалося встановлення скребка на тілі склопластикової поплашкової штанги як заводом виготовлювачем – формування скребка на насосній штанзі, з можливістю попереднього зачищення поверхні та підмоткою ниткою із склотканини, так і в промислових умовах – скребок виконували із двох частин – які мають встановлюватись на насосній штанзі та кріпитись з допомогою стягуючих болтів чи епоксидного клею.

Після чого прикладали певне навантаження до початку зсуву скребка відносно осі тіла насосної штанги, та фіксували його в журнал проведення досліджень.

Отримані результати представляють великий інтерес для практики, оскільки дозволять підвищити ефективність очищення штанг і НКТ від АСПР.

Розроблено метод визначення кількості та місця встановлення скребоків в компоновці штангової колони.

Так як в компоновці штангової колони насосних штанг включено штанги поплашкові склопластикові, приведено метод розрахунку компоновки штангової колони з врахуванням матеріалу виготовлення штанг.

Метою експериментальних досліджень є побудова емпіричної функції, яка адекватно відображає напірну характеристику струминного насоса. Адекватність прийнятої емпіричної функції необхідно перевірити шляхом застосування методів математичної статистики в процесі статистичного оцінювання експериментальних даних.

Результати експериментального дослідження струминного насоса, діаметри камери змішування та робочої насадки для якого становлять відповідно 40 мм та 18 мм, приведені на рис.5.

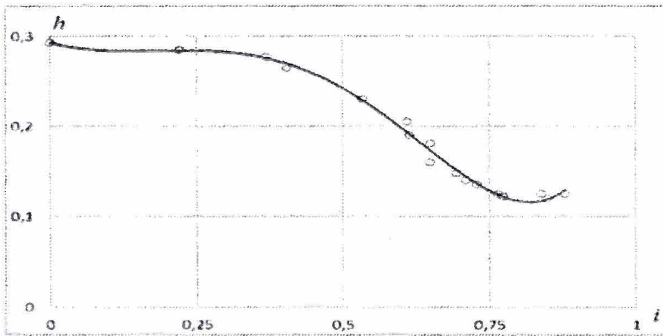


Рисунок 5 - Експериментальна напірна характеристика струминного насоса

Визначили особливі точки рівняння емпіричної функції

$$h = 0.3063 - 0.0736 \cdot i - 0.1825 \cdot i^2. \quad (4)$$

У випадку нульових значень коефіцієнта інжекції $i=0$ відносний напір струминного насоса приймає максимальне значення $h = h_{\max} = 0,3063$. Максимальна величина коефіцієнта інжекції відповідає нульовому значенню відносного напору. Після підстановки значень відносного напору $h=0$ та його розв'язку відносно величини коефіцієнта інжекції отримаємо $i = i_{\max} = 1,11$. Оптимальні режимні параметри струминного насоса $h_{\text{опт}}$, $i_{\text{опт}}$ відповідають максимальному ККД струминного насоса. Рівняння для визначення ККД струминного насоса з врахуванням прийнятої емпіричної функції приймає вигляд

$$\eta = \frac{h_i}{1-h} = \frac{a_0 \cdot i + a_1 \cdot i^2 + a_2 \cdot i^3}{1 - a_0 - a_1 \cdot i + a_2 \cdot i^2} \quad (5)$$

Графічна залежність $\eta = f(i)$ може бути побудована за формулою після підстановки значень коефіцієнтів a_0, a_1, a_2 .

1. Оптимальні режимні параметри струминного насоса $h_{\text{опт}}, i_{\text{опт}}$ відповідають максимальному ККД струминного насоса.

Після здійснення вищезгаданих операцій отримали оптимальне співвідношення режимних параметрів струминного насоса

$$i_{\text{опт}} = 0,575; \quad h_{\text{опт}} = 0,2036.$$

Отримане співвідношення режимних параметрів повинне враховуватись при визначенні оптимального діаметра струминного насоса пристрою для промивання пішаних пробок.

У *четвертому розділі* запропоновано способи з'єднання тіла склопластикової штанги із металевою головкою.

Для оцінки напруженого стану клиново-клеєвого з'єднання для штанги діаметром 22 мм було побудовано його кінцево-елементну модель.

З метою знаходження оптимального зусилля обтискання (за відомою геометрією з'єднання і матеріалами) запропоновано застосовувати метод кінцевих елементів, який порівняно легко реалізувати на ЕОМ.

Для вирішення поставлених задач по попередженню шкідливого впливу піску було розроблено математичну модель свердловинної ежекційної системи, яка в загальному випадку передбачає спільний аналіз рівняння власної характеристики струминного насоса та рівняння гідравлічної системи, в якій він працює

Проаналізовано характер розподілу потоків у гідравлічній системі пристрою та запропоновано пристрій, котрий може працювати в режимі промивання пішаної пробки та в режимі видалення піску.

Особливості розподілу тисків безпосередньо визначають величину тисків в характерних перерізах струминного насоса та структуру рівняння його гідравлічної характеристики.

В подальшому виведено рівняння гідравлічної характеристики струминного насоса, яка передбачає розрахунок тисків в характерних перерізах ежекційної системи.

Аналіз запропонованої математичної моделі приведений на рис. 6. На рис. 6,а в спільних координатах побудовані характеристики струминного насоса та його гідравлічної системи. Характеристика насоса побудована з використанням рівняння гідравлічної системи в якій він працює. Точки перетину характеристик насоса та його гідравлічної системи визначають режимні параметри струминного насоса для

кожного з розглянутих співвідношень діаметрів $\frac{d_{\text{св}}}{d_{\text{пр}}}$ (рис. 6,б) побудована з використанням графіка, приведеного на рис. 6,а.

Отримані значення коефіцієнта інжекції дозволяють визначити розподіл потоків в гідравлічній системі пристрою для промивання пішаних пробок.

Використовуючи попередні теоретичні та експериментальні дані, було розроблено конструкцію пристрою для промивання піщаних пробок (рис.12). Розробка конструкції передбачає синтез принципової схеми пристрою, встановлення оптимальних розмірів складових елементів та визначення послідовності проведення технологічних операцій, які забезпечують максимальну ефективність застосування ежекційної системи.

Оптимальний діаметр камери змішування визначаємо враховуючи очевидні співвідношення

$$\frac{f_k}{f_{pn}} = K_{CH_{opt}}; \left(\frac{d_k}{d_{pn}}\right)^2 = K_{CH_{opt}}; d_k = K^{0.5}_{CH_{opt}} \cdot d_{pn}. \quad (6)$$

Після підстановки визначеного попередньо значення оптимального геометричного параметра $K_{CH_{opt}} = 4,94$ отримаємо $d_k = 2.223 \cdot d_{pn}$.

Визначені оптимальні значення діаметрів d_k, d_{pn} дозволяють відповідно до відомої методики розрахувати довжину камери змішування та геометричні розміри дифузора струминного насоса.

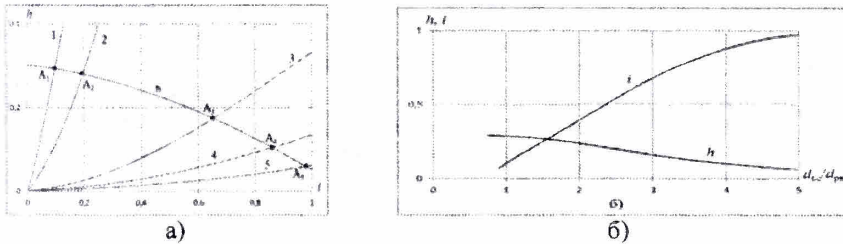


Рисунок 6 - Визначення режиму роботи ежекційної системи пристрою для промивання піщаних пробок

Промислові випробування поплавкових склопластикових штанг (з пресовим з'єднанням головки з тілом) проводилися в НГВУ "Долинанафтогаз". В компоновку колони насосних штанг було включено 5 склопластикових поплавкових насосних штанг. На прийом насоса встановлено газопіщаний сепаратор.

В результаті необхідно відмітити значну економію коштів через:

- зменшення споживної потужності і енерговитрат, пов'язаних зі зменшенням крутного моменту на валу кривошипа внаслідок зменшення ваги колони;
- зменшення витрат на підземні ремонти;
- збільшення довговічності роботи підземного обладнання, довговічність склопластикових штанг складає 10 років, а сталевих - 5 років при легких умовах експлуатації;
- збільшення кількості відібраної продукції, внаслідок збільшення довжини ходу плунжера, в середньому, складає 16% відповідно даним НГВУ "Долинанафтогаз".

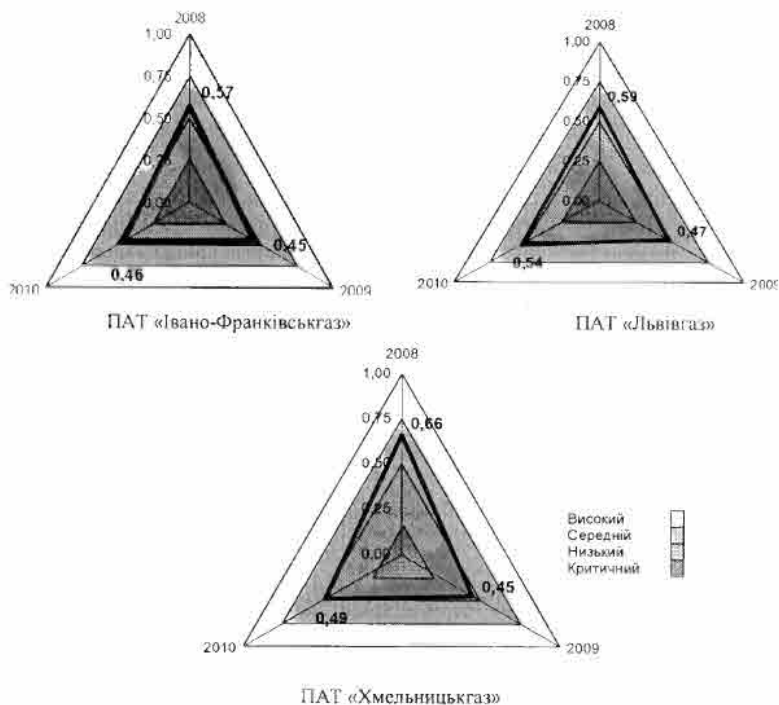


Рисунок 3 – Інтегрована оцінка економічної стійкості ГРП за 2008–2010 роки

Це дозволяє стверджувати про обґрунтованість отриманої інтегрованої оцінки, а отже, забезпечення виконання основних вимог, що до неї висуваються, тобто інформаційної повноти та адекватності представлення економічної стійкості виробничої системи.

У розділі III «Формування моделі забезпечення економічної стійкості газорозподільних підприємств» доведено, що системний підхід до оцінки економічної стійкості підприємства можна розглядати як логічно несуперечливий метод зведення більш складної проблеми до простого результату, який може бути використаний «особою, яка приймає рішення», для досягнення поставленої мети.

Моделювання економічної стійкості ГРП передбачає використання внутрішніх техніко-економічних та економічних чинників економічної стійкості (рис. 4). Економічні чинники забезпечення стійкості ГРП включають в себе диверсифікацію, зниження витрат, реорганізацію через інтеграцію і дезінтеграцію виробництва, конкурентоспроможність. До техніко-економічних чинників віднесено такі, як: надійність та модернізація, реконструкція ГРП. Крім того, до зовнішніх чинників, на які виробнича система не має безпосереднього впливу, віднесено обсяг споживання природного газу.

конструкції удосконалений пристрій не потребує концентричної подвійної колони промивальних труб і може застосовуватись в глибоких свердловинах

Проведено промислові випробування та впроваджено склопластикові поплавкові насосні штанги та газопіщані сепаратори для підвищення ресурсу підземного свердловинного обладнання в умовах шкідливого впливу піску та відкладень АСПР. На обладнаннях СІНУ нафтових свердловинах, що обслуговуються НГВУ «Долинанaftогаз» та ТЗОВ «ОРАНТА» ЛТД, здійснено впровадження газопіщаних сепараторів і насосних поплавкових склопластикових штанг.

Список опублікованих праць за темою дисертації

1. Копей Б.В. Механічні методи зняття відкладень парафіну та асфальто-смолистих речовин з поверхні свердловинного обладнання / Б.В. Копей, О.О. Кузьмін, В.Б. Копей // Нафтогазова енергетика. – 2008. – № 3(8). – С.10-14.
2. Копей Б.В. Визначення критичної висоти піщаної пробки у фільтровій зоні та її вплив на продуктивність свердловини/ Б.В. Копей, О.О. Кузьмін // Нафтогазова енергетика. – 2008. - № 2(7).- С.10-12.
3. Кузьмін О.О. Використання склопластикових штанг для виносу піску з свердловини та попередження відкладів АСПР / О.О. Кузьмін // Матеріали III конференції молодих спеціалістів ВАТ „Укрнафта” Червень 2008р. с. 25.
4. Копей Б.В. Використання порожнистих склопластикових штанг для виносу піску з свердловини / Б.В.Копей, О.О. Кузьмін, В.Б. Копей // Анотації Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених „Техніка і прогресивні технології в нафтогазовій інженерії”, Івано-Франківськ, 16-20 вересня 2008 р., с.14.
5. Копей Б.В. Винос піску із свердловини та його сепарація на вході в штанговий насос / Б.В. Копей, О.О. Кузьмін // Тези доповідей УІ міжнародної конференції молодих науковців „Інформатика та механіка”, 6-8 травня 2008 року, м. Кам'янець-Подільський, с.34-35.
6. Копей Б.В. Використання захисних пристроїв при винесенні піску в процесі штангово-насосної експлуатації нафтових свердловин/ Б.В. Копей, О.О. Кузьмін // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.-2008.-№ 4 (29).-С.10-12.
7. Копей Б.В. Математичне моделювання свердловинних фільтрів каркасно-стержневої конструкції/ Б.В. Копей, О.О. Кузьмін // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2008.-№ 1(17).- С.56-57.
8. Копей Б.В. Очищення вибою свердловин від піску використанням колони гнучких труб/ Б.В. Копей, О.О. Кузьмін, В.Б. Копей // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2009. - №4(33).- С.80-84.
9. Копей Б.В. Розроблення та дослідження міцності з'єднань порожнистих насосних штанг/ Б.В. Копей, О.О. Кузьмін, В.Б. Копей // Анотації Міжнародної

- науково-технічної конференції "Нафтогазова енергетика: проблеми і перспективи". Івано-Франківськ, 20-23 жовтня 2009 р.С.62
10. Копей Б.В. Дослідження пристрою для промивання пісочної пробки нафтової свердловини / Б.В. Копей, О.О. Кузьмін // Матеріали У Міжнар.наук.-практ. конф. "Наука в інформаційному просторі", 30-31 жовтня 2009 року.: В 6 т. – Т.1. – Дніпропетровськ: Біла К.О., 2009 - С. 37 – 42.
 11. Копей Б.В. Визначення оптимальних параметрів струминних насосів для промивання піщаних пробок в стовбурі свердловини/ Копей Б.В. Паневник О.В., Кузьмін О.О. та ін.// В сб.научных трудов по материалам международной конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании'2009». т.4.Технические науки – Одесса: Черноморье, 2009 – С.45 -52.
 12. Копей Б.В. Рациональне розміщення скребків на насосних штангах/ Копей Б.В., О.О. Кузьмін, О.В.Чернов та ін.// Матеріали міжнародної конференції «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании'2009».Т.4 Технические науки – Одесса: Черноморье, 2009 – С.40-45.
 13. Копей Б.В. Проектування пристрою для ежекторного промивання пісочної пробки свердловини/ О.О. Кузьмін, О.В.Чернов, М.Г. Яриновський // "Розвиток наукових досліджень 2009": Матеріали п'ятої міжнародної науково-практичної конференції, м.Полтава, 23-25 листопада 2009 р.: - Полтава: Вид-во «ІнтерГрафіка», 2009. – Т.8. – с. 42-46.
 14. Копей Б.В. Використання склопластикових порожнистих насосних штанг для вивозу піску з малодебітних свердловин/ Б.В. Копей, О.О. Кузьмін, В.Б. Копей // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2010. - №1(34).-С.5-9.
 15. Копей Б.В. Розроблення з'єднань склопластикових порожнистих насосних штанг та визначення навантажень на них/ Б.В. Копей, О.О. Кузьмін, В.Б. Копей // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2010.- № 1(23). – С 77-83.
 16. Kopey B.V., Kuzmin O.O. Use of fiberglass hollow sucker rods for oil recovery. Book of abstracts. The 5-th international symposium on hydrocarbons and chemistry (ISHC5), Sidi Fredj, Algiers, May the 23rd to 25th , 2010, p.125-126.
 17. Копей Б.В. Використання склопластико-вих насосно-компресорних труб в газових свердловинах/ Копей Б.В., О.Б.Шопен, О.О. Кузьмін та ін.// Нафтогазова енергетика. - 2010.- №2 (13). - С. 23-29.
 18. Патент України на корисну модель №.63346 Спосіб з'єднання сталевій головки з полімерно – композиційним тілом порожнистої насосної штанги/ Б.В. Копей, О.О. Кузьмін, В. Б. Копей, Д.О. Більченко По заявці № u 201102012.
 19. Патент України на корисну модель №.41009, Свердловинний фільтр / Б.В. Копей, О.О. Кузьмін, Б.М. Костур, По заявці № u200815245. 27.04.09. Бюл.№ 8, 2009
 20. Патент України на корисну модель №.41553, Газопісочний сепаратор/ Б.В. Копей, О.О. Кузьмін, Б.М. Костур. По заявці № u20081523 2.04.09. Бюл.№ 8, 2009

21. Патент України на винахід №.91092 Газопісочний сепаратор/ Б.В. Копей, О.О. Кузьмін, Б.М. Костур. По заявці № а 20008 07646.
22. Патент України на корисну модель №.50135 Скребок для насосних штанг/ Б.В. Копей, О.О. Кузьмін, В. Б. Копей. По заявці № у 200912700
23. Патент України на корисну модель №.50134 Спосіб з'єднання тіла склопластикової насосної штанги із сталеву головою/ Б.В. Копей, О.О. Кузьмін, В. Б. Копей, По заявці № у 200912698

АНОТАЦІЯ

Кузьмін О.О. – Вдосконалення свердловинного обладнання для попередження відкладів піску, парафіну та смол. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.12 - Машини нафтової і газової промисловості. - Івано-Франківськ, 2012.

Дисертацію присвячено удосконаленню свердловинного обладнання в умовах утворення відкладів піску, парафіну та смол для забезпечення його працездатності і підвищення ефективності видобутку пластового флюїду. В роботі показано вплив відкладів піску, парафіну та смол на ефективність роботи нафтової свердловини. Виконано експериментальні дослідження і детально проаналізовано можливість використання поплавкових склопластикових штанг в компоновці штангової колони. Визначена обмежена границя втоми таких штанг при циклічному згині та границя міцності при статичному розтязі. Отримано оптимальні зусилля обтискання та розроблено нові конструкції з'єднань трубчастого тіла склопластикової штанги з металевою головою, що забезпечує підвищення міцності штангової колони в цілому. Показана можливість застосування теоретично-експериментального підходу для побудови гідравлічної моделі свердловинної ежекційної системи. Обґрунтовано вибір основних геометричних розмірів елементів свердловинної ежекційної системи, що дозволило підвищити ККД струминного насоса. Проведено промислові випробування та впроваджено склопластикові поплашкові насосні штанги та газопісочні сепаратори для підвищення ресурсу підземного свердловинного обладнання в умовах шкідливого впливу піску та відкладень АСПР.

Ключові слова: свердловина, відклади піску, парафіну та смол, обмежена границя втоми, границя міцності, склопластикова поплашкова штанга, струминний насос, ежекційна система.



Кузьмин А.А. - Совершенствование скважинного оборудования для предотвращения отложений песка, парафина и смол. - Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.12 - Машины нефтяной и газовой промышленности. - Иванов-Франковск, 2012.

Диссертация посвящена усовершенствованию скважинного оборудования в условиях образования отложений песка, парафина и смол для обеспечения его работоспособности и повышение эффективности добычи пластового флюида. Учитывая то, что абсолютное большинство нефти, добываемой в мире, добывается с помощью штанговых скважинных насосных установок, вопрос снижения расходов на обслуживание и ремонт насосных установок является актуальным. Проведен анализ условий работы подземной части оборудования ШСНУ и показано проблемы эффективной добычи нефти при проявлениях песка и отложениях АСПВ, и влияние этих негативных факторов на ресурс подземного оборудования, а также приведен обзор существующих методов борьбы с вредным воздействием песка и АСПВ.

Описаны факторы, влияющие на износ подземного оборудования ШСНУ, и основные проблемы, устранив или уменьшив интенсивность проявления которых, можно достичь повышения ресурса наиболее слабого звена подземного оборудования - насосных штанг. Как результат - получена возможность снизить затраты на обслуживание насосной установки.

Предложено основы проектирования средств защиты от песка, устанавливаемые на приеме насоса, по использованию методов математического моделирования.

С целью обеспечения безаварийности добычи нефти насыщенной парафином данные обоснование возможности использования поплавковых стеклопластиковых штанг в компоновке штанговых колонны. Впервые определена, ограничена граница усталости таких штанг при циклическом изгибе и предел прочности при статическом растяжении. Получены оптимальные усилия обжатия и разработаны новые конструкции соединений трубчатого тела стеклопластиковой штанги с металлической головкой обеспечивает повышение прочности штанговых колонны в целом.

Показана возможность применения теоретически экспериментального подхода для построения гидравлической модели скважинной эжекционных системы. На основе определения давлений в характерных сечениях получено уравнение характеристики гидравлической системы, решение которого совместно с эмпирической характеристикой струйного насоса позволило разработать методику прогнозирования режима его работы и повысить эффективность промывания песчаных пробок.

Путем разграничения потоков в призабойной зоне разработана и усовершенствованная конструкция эжекционных системы для промывания песчаных пробок в скважине. Обоснован выбор основных геометрических размеров элементов скважинной эжекционных системы, что позволило повысить КПД

струйного насоса. Разработана дистанционная система контроля характеристик устройства для промывки песчаных пробок на основе мониторинга значений давления потока на входе в скважину.

Проведены промышленные испытания и внедрены стеклопластиковые поплавокосные насосные штанги и газопесочные сепараторы для повышения ресурса подземного скважинного оборудования в условиях вредного воздействия песка и отложений АСПО.

Ключевые слова: скважина, отложения песка, парафина и смол, ограниченный предел усталости, предел прочности, стеклопластиковая поплавокосная штанга, струйный насос, эжекционная система.

SUMMARY

Kuzmin A. - Improvement of downhole equipment to prevent deposits of sand, wax and resin. - Manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences in specialty 05.15.12 - Equipment for Oil and Gas Industry. - Ivano-Frankivsk, 2012.

The thesis is devoted to the improvement of downhole equipment in the formation of deposits of sand, wax and resin for its performance and efficiency of production of reservoir fluid. This paper shows the influence of sediments of sand, wax and resin on the performance of oil wells. Experimental study and detailed analysis of the use of float fiberglass rod in sucker rod column composit is performed. The limit of endurance strength of rods under cyclic bending and limit strength under static loading are obtained .

The best efforts of contact pressure and the new design of body joints tubular glass- reinforced plastic rod with a metal head, providing increased strength of sucker rod column are developed. The possibility of applying of theoretical and experimental approach to construct hydraulic models of oilwell ejecting system has been studied. The choice of basic geometry elements of oilwell ejecting system, thus improving efficiency of the jet pump was made. An industrial test and implementation of float fiberglass sucker rods and gas-sand separators to improve the resource of underground equipment in the harmful effects of sand and sediment of sand, wax and resin was performed.

Keywords: well, deposits of sand, wax and resin, limit of endurance strength, limit tensile strength, fiberglass, metallic rod, jet pump, ejecting system.