



УДК 622.276.53

**ALGORITHM OF CALCULATION THE TECHNOLOGICAL
PARAMETERS OF AN ADVANCED JET WELL INSTALLATION
АЛГОРИТ РОЗРАХУНКУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОЇ
СТРУМИННОЇ СВЕРДЛОВИННОЇ УСТАНОВКИ**

Yakymchko Y. Y./Якимечко Я. Я.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-4406-0094

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
Карпатська, 15, Івано-Франківськ, Україна, 76019
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
Karpatska, 15, Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76019*

Анотація: Запропоновано удосконалену методику розрахунку технологічних параметрів струминної свердловинної установки з розділеними робочими потоками, конструкція якої немає аналогів в Україні. Дана методика була апробована під час промислових випробувань дослідного зразка комплексу обладнання для видобування високов'язких нафт. Спосіб роботи насосно-ежекторної свердловинної струминної установки з гідродинамічним пульсатором для видобування високов'язких нафт захищений патентом України.

Ключові слова: високов'язка нафта; глибинні насоси; струминні апарати; обмежений відбір нафти; послідовність розрахунку; проектування процесу.

Вступ. В Україні видобування високов'язкої нафти здійснюється свердловинним методом з використанням глибинно-насосних установок, а в якості глибинних насосів використовують штангові, електрозанурювані, гідропоршневі і гвинтові. Враховуючи те, що в міру піднімання нафти з вибою свердловин її в'язкість суттєво зростає, застосування штангових насосів стає не лише нерентабельним, але й технічно важко зреалізованим. При ході штанг вниз вони в високов'язкому середовищі зависають, а при підніманні їх вгору штанги витримують великі розтягуючі напруження, що призводить часто до їх розриву.

У США струминні насоси були розроблені в 70-х роках минулого століття і почата експериментальна експлуатація нафтових свердловин фірмами Kobe, National і Guiberson. Застосування їх на деяких свердловинах виявилось досить ефективним.

Нами запропоновано удосконалену конструкцію струминної свердловинної установки з розділеними робочими потоками, у якій робоча рідина, рухаючись по міжтрубному просторі, досягнувши корпусу насоса, розділяється на два потоки. Частина робочої суміші – 40% (в залежності від перерізу сопла камери закручування) потрапляє в камеру закручування гідродинамічного кавітатора, в якій при проходженні робочої рідини з неї виділяються бульбашки газу, а на виході з камери при проходженні рідини через ступінчатий дифузор ці бульбашки під дією зовнішнього тиску лускають. Друга частина робочої суміші – 60% (в залежності від перерізу сопла струминного апарату) потрапляє на сопло насоса, звідки витікаючи з великою швидкістю, утворює зону зниженого тиску, внаслідок чого суміш і нафта із підпакерного пристрою поступає в камеру змішування дифузора пристрою. В колоні НКТ за рахунок аерації нафти і



використання енергії, виділеного з нафти газу, суттєво знижується тиск на пласт, що дозволяє збільшити приплив і відбір пластової рідини. Далі по насосно-компресорним трубам нафта піднімається на поверхню. Аналогів запропонованої конструкції струминного апарату в Україні немає.

Метою роботи є удосконалення алгоритму розрахунку технологічних параметрів струминної свердловинної установки з розділеними робочими потоками.

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень і публікацій. Струминні насоси в даний час широко застосовують в багатьох країнах світу, в тому числі і в Україні. Вперше в Україні запропонував використання струминних апаратів в технології освоєння свердловин та інтенсифікації припливу вуглеводнів професор Яремійчук Р.С. за участю Кіфора Б.І., Хомінця З.Д., Лотовського В.М., Шандровського Т.Р. та ін.

Застосування глибинних струминних насосів для експлуатації нафтових свердловин зумовлено такими їх особливостями:

- необхідний тиск робочої рідини біля входу у сопло струминного насосу створюється не тільки наземним силовим насосом, але і напором стовпа робочої рідини в колоні НКТ;
- тиск на виході струминного насоса, який необхідний для підйому рідини на поверхню, суттєво зменшується завдяки газліфтному ефекту, який виникає при виділенні вільного газу з нафти в колоні НКТ;
- менша чутливість до наявності вільного газу і піску в рідині у порівнянні з поршневыми насосами;
- простота конструкції і порівняно малі габарити насосів, надійність і корозійна стійкість при прийнятній ціні [5].

Поєднання струминного насоса із дією на високов'язку нафту імпульсно-кавітаційними технологіями може істотно вплинути на інтенсифікацію видобування важких вуглеводнів із свердловин. В якості генераторів імпульсно-кавітаційного впливу нами запропоновано використовувати ультразвукові гідродинамічні кавітатори. Такі пристрої мають мінімальні габарити і масу, просту конструкцію, що не містить жодної рухомої деталі, легко монтується у струминний апарат.

На сьогоднішній день відома низка свердловинних насосних установок і пристроїв для відкачування рідини із свердловини із використанням струминних насосів і застосуванням аерування робочої рідини [1-8]. Деякі з них мають на меті піднімання на поверхню рідин, які не володіють високов'язкими властивостями. Заслуговує на увагу пристрій для видобування високов'язкої і парафінистої нафти. Пристрій вміщує струминний насос 3, підвішений з пакером 2 на колоні труб 1 (рисунок 1).

Струминний насос вміщує реакційну камеру 6, яка заповнена хімічним реагентом 7. Причому порожнина реакційної камери 6 з'єднана з проточним каналом 8 струминного насоса через регулюючий клапан 5. Струминний насос 3 спускають в колону труб 1, реагент 7 при зіткненні з водою, яка подається під тиском з поверхні, виділяє велику кількість тепла. Воно нагріває стінки реакційної камери 6. Ефективність досягається за рахунок зниження в'язкості



нафти шляхом нагрівання її на вибої нафти. В якості джерела тепла використовується реакція хімічного реагента з водою.

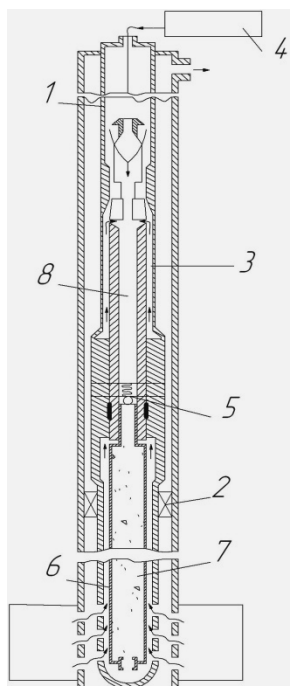


Рисунок 1 - Пристрій для видобування високов'язкої і парафінистої нафти
 1 - колона труб; 2 – пакер; 3 – струминний насос; 4 – поверхневий насос;
 5 – регулюючий клапан; 6 – реакційна камера; 7 – хімічний реагент;
 8 – проточний канал

Недоліком цього винаходу є те, що реагент, який використовується для ініціювання хімічної реакції з виділенням тепла є недешевим і через деякий час його необхідно буде поновлювати. А для цього необхідно буде зупинити видобування і зворотним промиванням або за допомогою канатної техніки піднімати реакційну камеру на поверхню. Все це незадовільно відобразиться на ефективності видобування високов'язкої нафти, погіршить економічні показники роботи свердловини.

Висвітлення невирішених раніше частин загальної проблеми. Для зменшення впливу цих недоліків нами пропонується удосконалити технологію видобування високов'язких нафт шляхом застосування струминних насосів з розділеними робочими потоками і використанням енергії пульсуючих потоків.

При проектуванні комплексу обладнання для видобування високов'язких нафт була взята за основу уже відома і випробувана конструкція струминного апарату типу ПЕОС. Нами запропоновано струминний апарат, схему якого зображено на рис. 2.

Корпус пристрою має осьовий канал з мінімальним діаметром 48 мм, який для заданого технологічного процесу перекривається відповідною вставкою (клапаном для опресування пакера, насосом ежекторним з клапаном гідродинамічних досліджень або гідродинамічним кавітатором). В корпусі пристрою є також радіальні канали для подачі робочої рідини і бокові канали вздовж осі для всмоктування пластової рідини з підпакерної зони. У верхній і



нижній частинах корпус пристрою має різьбу НКТ 73 ГОСТ 633-80 для з'єднання з насосно-компресорними трубами.

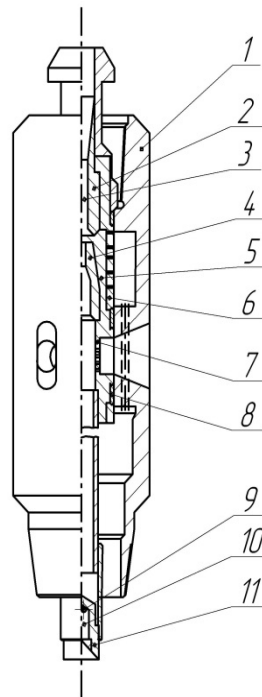


Рисунок 2 - Струминний апарат для видобування високов'язких нафт
 1 – корпус пристрою; 2 – дифузор; 3 – камера змішування; 4 – сопло;
 5 – сідло; 6 - струминний насос; 7 – фільтраційні отвори; 8 – ущільнюючі
 кільця; 9 - тангенціальні входні отвори; 10 – камера змішування;
 11 – гідродинамічний кавітатор

В струминних апаратах типу ПЕОС робоча рідина подається по трубах НКТ, а за технологією видобування високов'язких нафт робоча рідина подається по затрубному просторі, тому насос ежекторний нами конструктивно змінений. Він складається з корпусу, в якому вгвинчені сопло і змішувач. В корпусі насосу передбачені радіальні отвори діаметром не більше 2,5 мм для фільтрації як робочої суміші, так і для фільтрації пластової рідини. Цим забезпечується більш надійніша і довговічніша робота струминного апарату. Сопло і змішувач виконані двох типорозмірів, що дає можливість підбирати різні режими роботи. У верхній частині ежекторного насосу знаходиться хвостовик з проточкою, за яку при допомозі цангового вловлювача на канатній техніці можна підняти на поверхню. В нижній частині ежекторного насосу є різьбова частина, до якої можна приєднувати клапан гідродинамічних досліджень або гідродинамічний кавітатор.

Клапан для гідродинамічних досліджень складається з корпусу, в якому знаходиться сідло, з'єднане з обмежуючою втулкою, кулька діаметром 25 мм притиснена пружиною до сідла і обмежуючий гвинт. Сідло в нижній частині з'єднане з наконечником, який підтримує ущільнюючі манжети. В наконечнику передбачена різьба для приєднання глибокого манометра або термометра.

Експлуатація свердловин з високим газовим фактором і відносно низькими вибійними тисками (при підніманні високов'язких нафт для забезпечення



притоку нафти з пласта необхідно створити великі депресії на пласт, а значить створювати низькі вибірні тиски) представляє значні інженерні труднощі. Фонтанний спосіб не реалізується через недостачу природної енергії пласта, механізовані - економічно малоефективні і газліфтний - через високі питомі витрати газу, насосні - через низький коефіцієнт корисної дії та інші фактори.

Висвітлення основного матеріалу дослідження. Для визначення технологічних параметрів ми опиралися на роботи таких вчених: Баскієва К.С., Гіматутдінова Ш.К., Бойка В.С., Савенкова І.Г., Міщенко І.Т., Соколова Е.О., Зінгера М.М., Шурова В.І., Аметова І.М., Яремійчука Р.С., Качмара Ю.Д., Світлицького В.М. та ін. [9-23].

Приймемо такі позначення:

H - глибина свердловини до середніх отворів фільтра, м;

D_e - внутрішній діаметр експлуатаційної колони, м;

d_e - внутрішній діаметр НКТ, м;

d_z - зовнішній діаметр НКТ, м;

b - товщина продуктивного пласта, м;

P_{nl} - пластовий тиск, Па;

k_o - коефіцієнт продуктивності свердловини або постійний коефіцієнт в рівнянні притоку, $\text{м}^3/\text{Па}\cdot\text{с}$;

$h = l$ - показник ступеню в рівнянні притоку;

Q_n - дебіт свердловини, $\text{м}^3/\text{с}\cdot\text{Па}$;

$p_{нас}$ - тиск насичення нафти газом, Па;

p_e - тиск на вибої свердловини, Па;

p_2 - тиск на викиді свердловини (буферний), Па;

p_0 - атмосферний тиск, Па;

G_o - газовий фактор, приведений до нормальних умов, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

α - коефіцієнт розчинності газу в нафті, $\text{м}^3/\text{м}^3\cdot\text{Па}$;

ρ_n - густина нафти, $\text{кг}/\text{м}^3$;

ρ_{zo} - густина газу, приведена до нормальних умов, $\text{кг}/\text{м}^3$;

ρ_p - густина робочої рідини, $\text{кг}/\text{м}^3$;

ρ_z - густина змішаної рідини, $\text{кг}/\text{м}^3$;

μ - коефіцієнт витрати насадки струминного апарату;

μ_n - в'язкість нафти, $\text{Па}\cdot\text{с}$;

μ_p - в'язкість робочої рідини, $\text{Па}\cdot\text{с}$;

i - коефіцієнт інжекції струминного апарату;

ϕ - кут нахилу свердловини.

Відбір рідини з свердловини, виходячи з конкретних умов, є обмеженим. Таким чином, відомо Q_n і аналітичний вираз індикаторної лінії:

$$Q_n = f(P_e) \quad (1)$$

Знаючи Q_n , витрату надземної силової установки або витрату робочої рідини визначаємо з співвідношення:



$$Q_p = \frac{Q_n}{i} B, \quad (2)$$

де

$$B = \frac{\rho_n + G_0 \rho_{z0}}{\rho_p} \quad (3)$$

Коефіцієнтом інжекції i задаються, виходячи з умов забезпечення найбільш ефективної роботи установки. Сумарна подача струминного апарату буде дорівнювати

$$Q_c = Q_n + Q_p \quad (4)$$

Знаючи дебіт свердловини Q_n , вибійний тиск визначається із рівняння припливу

$$p_v = p_{nl} - \left(\frac{Q_n}{k_0} \right)^{\frac{1}{H}} \quad (5)$$

За вибійним тиском P_v , тиском насичення нафти газом $P_{нас}$ і умов експлуатації свердловини, тиск на прийомі струминного апарату P_n визначається, виходячи з таких міркувань, якщо

$$P_v > P_{нас}, \text{ то } P_n = P_{нас} \quad (6)$$

У випадку, коли $P_v < P_{нас}$, то тиск на прийомі насоса приймають рівним вибійному:

$$P_n = P_v \quad (7)$$

Знаючи глибину свердловини, вибійний тиск і тиск біля струминного апарату, визначається глибина його спуску в свердловину за залежністю:

$$L = H - \frac{P_v - P_n}{\rho_n g} \quad (8)$$

В нашій схемі можуть мати місце варіанти конструкцій струминного апарату: робоча рідина подається до струминного апарату через кільцевий міжтрубний простір.

Для розрахунку подачі і необхідної витрати газу необхідно знайти відповідні приведені еквівалентні діаметри. Значення цих діаметрів визначаються за експериментальними залежностями відповідно для визначення витрат рідини і витрат газу:

$$d_Q = \frac{d_g}{2} + 0,013 \quad (9)$$

$$d_z = \frac{d_g}{2} \quad (10)$$

Газ, який повертається з поверхні у вигляді газорідинної суміші переходить у розчин, а пізніше виділяється з розчину у вихідному потоці. Осереднений тиск насичення цього потоку газом визначається з такого співвідношення:

$$P'_{нас} = \frac{G_0 i}{\alpha' (i + B)} \quad (11)$$



Коефіцієнт α' аналогічний коефіцієнту розчинності газу в рідині і приблизно враховує особливості розчинення та виділення газу у висхідному потоці підйомника. Його значення визначається з виразу:

$$\alpha' \approx \frac{2\alpha i}{2i + B} \quad (12)$$

Ефективний газовий фактор (питома витрата газу), який забезпечує процес фонтанування потоку рідини в підйомнику у верхній його частині, починаючи з деякої площини розгазування, буде дорівнювати:

$$G_{\text{эф}} = \frac{1}{2} \left[\frac{iG_0}{i + B} - \alpha' (p_2 - p_0) \right] \quad (13)$$

Для забезпечення раціонального використання фонтанного ефекту у струминному апараті, режим фонтанування на пошуковій частині його довжини повинен бути оптимальним. Для оптимального режиму довжина верхньої частини підйомника, з якої забезпечується фонтанування висхідного потоку, визначається з такого співвідношення:

$$L' = \frac{\frac{iG_0}{\alpha'(i+B)} - p_2}{2\rho_n g} + \sqrt{\left(\frac{\frac{iG_0}{\alpha'(i+B)} + p_2}{2\rho_n g} \right)^2 + \frac{\frac{1}{2} \left[\frac{iG_0}{(i+B)} - \alpha'(p_2 - 2p_0) \right] d_z^{0,5} \left[\frac{iG_0}{\alpha'(i+B)} - p_2 \right]}{2,77 \cdot 10^{-4} \rho_c^2}} \times d^3 \frac{iG_0}{\alpha'(i+B)p_2} \quad (14)$$

Таким чином, в установці струминного підйомника, який спущений у свердловину на глибину L , в інтервалі $L - L_1$, відбувається піднімання негазованої рідини за допомогою струминного апарату, а починаючи з глибини L' , здійснюється її фонтанування за рахунок енергії напору, що відповідає тиску насичення $P_{\text{нас}}$, і енергії розширення газу, який виділяється з потоку цієї рідини.

Отже, за допомогою залежності (13) ми можемо проектувати режим роботи надземних газорідних установок (насосів-бустерів або надземних ежекторів), а за допомогою залежності (14) визначити інтервал свердловини, де буде здійснюватися фонтанний підйом рідини.

Найбільш важливим параметром, від якого, в основному, залежать всі робочі параметри силової установки, є тиск на викиді струминного апарату p_c . Його значення, при умові, коли $p_{\text{нас}}$ і α' відомі, визначається за таким рівнянням:

$$p_c = \frac{iG_0}{\alpha'(i+B)} + (\alpha - \alpha')\rho_c g + \frac{8\lambda_k(\alpha - \alpha')Q_n^2(i+B)^2\rho_c}{\pi^2(D_6^2 - d_3^2)i^2} \cdot \frac{\lambda}{\cos\phi}, \quad (15)$$



де ρ_c - густина суміші свердловинної і робочої рідини, що виходять з струминного апарату.

Коли $\alpha < \alpha'$ тиск на викиді струминного апарату можна визначити із співвідношення:

$$p_c = \frac{iG_0}{\alpha'(i+B)} + (\alpha - \alpha')\rho_c g \quad (16)$$

Значення коефіцієнтів гідравлічного опору λ визначаються з відомих залежностей у відповідності до умов, що розглядаються:

Для кільцевого простору

а) якщо $Re < 1200$, то $\lambda_k = \frac{16\pi(D_6 + d_3)\mu_c}{Q_c \rho_c}$ (17)

б) якщо $Re \geq 1200$, то $\lambda_k = \frac{0,2365}{\left(\frac{4Q_c \rho_c}{\pi(D_6 + d_3)\mu_c}\right)^{0,21}}$ (18)

Для визначення p_c використаємо такі залежності:

а) якщо $P_6 < P_{нас}$ і $P_c \geq P'_{нас}$, то

$$p_c = \frac{p_n p_p (1+i)}{p_n + p_p} \quad (19)$$

б) якщо $P_6 < P_{нас}$ і $P_c < P_{нас}$, то

$$P_c = \frac{p_p (p_n + G_0 p_{20})(1+i)}{p_n + G_0 p_{20} + i p_p \left[(G_0 - \alpha' p_c) \frac{p_0}{p_c} \right]} \quad (20)$$

в) якщо $P_6 \geq P_{нас}$ і $P_c > P'_{нас}$, то

$$p_c = \frac{p_n p_p (1+i)}{p_n + i p_p} \quad (21)$$

Для визначення відносного перепаду тиску на струминному апараті (за Соколовим і Зінгером):

$$A = \frac{\Delta P_c}{\Delta P_p} = \frac{\varphi_1^2}{m} \left[2\varphi_2 \left(1 + \frac{\Delta p_k}{\Delta p_p}\right)^{0,5} + \frac{2\varphi_2 \rho_p i^2}{\rho_n (m-1)} - \frac{(2 - \varphi_3^2) \rho_p (1+i)^2}{m \rho_c} \right] - \frac{\Delta p_k}{\Delta p_p}, \quad (22)$$

де $\frac{\Delta p_k}{\Delta P_p} = \left(\frac{\varphi_1}{\varphi_4}\right)^2 \frac{p_p \cdot i}{p_n (m-1)}$

де $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ - коефіцієнт швидкості відповідно робочого сопла, камери змішування, дифузора, вхідної ділянки камери змішування

$$\varphi_1 = 0,95; \varphi_2 = 0,975; \varphi_3 = 0,924$$



$$\text{Якщо } P_e < P_{нас}, \text{ то } p_n = p'_n = \frac{p_n + G_0 p_{20}}{1 + \frac{(G_0 - \alpha p_n) p_0}{P_n}}.$$

Перепад тиску на насадці струминного апарату

$$\Delta p_p = \frac{P_c - P_n}{\rho} \quad (23)$$

Тиск на вході в насадку струминного апарату

$$P_p = \Delta p_p + P_n \quad (24)$$

Тиск на викиді наземних агрегатів на гирлі свердловини

$$P_a = p_p - p_{зр} + P_{тер}, \quad (25)$$

де $p_{зр}$ - тиск, що створюється стовпом рідини при вході в насадку

$P_{тер}$ - витрати тиску на тертя в НКТ

$$P_{тер} = \frac{8\lambda L Q_p^2 p_p}{\pi^2 d_e^5} \quad (26)$$

Діаметр насадки струминного апарату визначається із залежності

$$d_c = \left[\frac{2Q_p}{\mu\pi} \left(\frac{2p_p}{\Delta p_p} \right)^{0,5} \right]^{0,5} \quad (27)$$

Діаметр камери змішування визначається із залежності:

$$d_{кз} = d_c m^{0,5}, \quad (28)$$

$$\text{де } m = \frac{f_c}{f_{кз}}$$

f_c - площа насадки;

$f_{кз}$ - площа камери змішування.

Вище приведеними залежностями визначаються основні параметри роботи струминної установки.

Технологічна схема обв'язки обладнання для видобування нафти за допомогою струминного насоса з розділеними робочими потоками передбачає таку область застосування:

- 1) глибина свердловини від 700 м до 2000 м;
- 2) в'язкість нафти на вибої свердловин від 20 мПа·с до 100 мПа·с ;
- 3) продуктивність свердловини від 5 до 100 м³/добу;

Обладнання повинно включати в себе:

- 1) фонтанну арматуру;
- 2) комплект насосно-компресорних труб;
- 3) гідродинамічний пульсатор (кавітатор) для імпульсно-хвильової дії на високов'язкі нафти, в якому зреалізований ефект зменшення в'язкості нафти в камері всмоктування за рахунок розчинення високов'язкої нафти потоком робочої рідини, дії кавітації та пропуском через високов'язку нафту природного



газу;

4) гідромеханічний або механічний пакери;

5) наземний гідропривід, обладнаний ежекторним пристроєм для аерації робочої рідини, який здатний подавати у свердловину газорідинну суміш у співвідношенні за об'ємом рідини-газу при тиску нагнітання в межах 40:60;

6) лінію нагнітання робочої рідини, обладнану зворотним клапаном і фільтром з діаметром отворів не більше 3,5 мм;

7) для повторного використання природного газу повинна бути передбачена дегазаційна установка (сепаратор);

8) мірну ємкість з витратоміром;

9) ємкість технологічної рідини і ємкість доливання технологічної рідини.

Висновки. Наукова новизна - запропоновано удосконалену методику розрахунку технологічних параметрів струминної свердловинної установки з розділеними робочими потоками, конструкція якої немає аналогів в Україні.

Дана методика була апробована під час промислових випробувань дослідного зразка комплексу обладнання для видобування високов'язких нафт на свердловині № 95 Бугруватівського родовища НГВУ «Охтирканафтогаз», якими доведено його ефективність і роботоздатність.

Спосіб роботи насосно-ежекторної свердловинної струминної установки з гідродинамічним пульсатором для видобування високов'язких нафт захищений патентом України 57331 [24].

Застосування комплексу обладнання для видобутку високов'язких нафт створює низку позитивних факторів:

- ✓ тиск на виході струминного насосу, який необхідний для підйому рідини на поверхню, суттєво зменшується завдяки газліфтному ефекту, який виникає при виділенні вільного газу з нафти в колоні НКТ;
- ✓ конструкція струминного насосу менш чутлива до наявності вільного газу і піску в рідині у порівнянні з поршневіми насосами;
- ✓ простота конструкції і порівняно малі габарити насосів, надійність і корозійна стійкість установки.

Література:

1. Яремийчук Р.С. Применение струйных аппаратов при освоении скважин / Яремийчук Р.С., Кифор Б.М., Лотовский В.Н., Шанович Л.М. // Техника и технология бурения скважин: обзор. информ. – М.: ВНИОЭНГ, 1988. – 56 с.

2. Яремийчук Р.С. Применение струйных аппаратов при интенсификации притока нефти / Р.С. Яремийчук, А.А. Джавадян // Нефтяное хозяйство. – 1988. - № 5. – С. 37-40.

3. Яремийчук Р.С. Технология повышения продуктивности скважин с помощью струйных аппаратов / Яремийчук Р.С., Возный В.Р., Кифор Б.М., Лотовский В.Н. // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море: обзор. информ. – М.: ВНИОЭНГ, 1992. – 52 с.

4. А. с. 1332086 СССР, МКИ F 04 F 5/54. Скважинная насосная установка / Р.С. Яремийчук, Б.М. Кифор, В.Н. Лотовский, В.И. Арцеховский, М.Г. Храбратин, С.Н. Горев, Г.А. Лесовой, К.Г. Догец (СССР). - № 4020533/25-06; заявл. 06.02.86;



опубл. 23.08.87, Бюл. № 31.

5. А. с. 1474339 СССР, МКИ F 04 F 5/14. Струйный насос / А.М. Абдулзаде, Р.С. Яремийчук, А.И. Спивак, С.Б. Назаров (СССР). - № 4304842/25-29; заявл. 08.09.87; опубл. 23.04.89, Бюл. № 15.

6. А. с. 1481485 СССР, МКИ F 04 F 5/02. Струйный насос / А.М. Абдулзаде, Р.С. Яремийчук, А.И. Спивак, Н.А. Ефимов (СССР). - № 4302914/25-29; заявл. 08.09.87; опубл. 23.05.89, Бюл. № 19.

7. А. с. 1551840 СССР, МКИ F 04 F 5/54. Скважинная насосная установка / Р.С. Яремийчук, И.В. Белей, Ю.С. Лопатин, М.Г. Храбратин, В.Д. Холодюк, А.А. Домальчук (СССР). - № 4449704/25-29 ; заявл. 29.06.88 ; опубл. 23.03.90, Бюл. № 11.

8. А.с. 1701992 СССР, МКИ F 04 F 1/20. Устройство для добычи нефти / М.Г. Храбратин, Р.С. Яремийчук, М.Н. Томин, В.Д. Холодюк (СССР). - № 4661478/29 ; заявл. 13.03.89 ; опубл. 30.12.91, Бюл. № 48.

9. Яремийчук Р.С. Вскрытие продуктивных горизонтов и освоение скважин / Р.С. Яремийчук, Ю.Д. Качмар. – Львов: Вища школа. - 1982.-150 с.

10. Яремийчук Р.С. Освоения свердловин: Практикум / Р.С. Яремийчук, Ю.Д. Качмар. – Львів: Світ, 1997. – 256 с.

11. Яремийчук Р.С., Возний В.Р. Освоения та дослідження свердловин / Р.С. Яремийчук, В.Р. Возний. – Львів: Оріяна-Нова, 1994. – 440 с.

12. Подземная гидравлика / К.С. Баскиев, А.И. Власов, И.Н. Кочина, В.М. Максимов. – М.: Недра, 1986. – 303 с.

13. Гиматутдинова Ш.К. Справочная книга по добыче нефти / Ш.К. Гиматутдинова. – М.: Недра, 1974. – 704 с.

14. Справочное руководство по проектированию разработки и эксплуатации нефтяных месторождений // Добыча нефти / Под ред. Ш.К. Гиматутдинова. – М.: Недра, 1983.- 455 с.

15. Савенков Г.И., Бойко В.С. Расчет процессов интенсификации притока, освоения и эксплуатации скважин / Г.И. Савенков, В.С. Бойко. – Львов.: Вища школа, 1986. – 160 с.

16. Савенков Г.И. Совершенствование технологии процесса освоения скважин сжатым газом: автореф. дис. на присвоение науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.15.10 “Бурение скважин” / Г.И. Савенков. - Ивано-Франковск, 1986. – 22, [1] с.

17. Сборник задач по технологии и технике нефтедобычи / Н.Т. Мищенко, В.А. Сахаров, В.Г. Грон, Г.И. Богомольный. – М.: Недра, 1984. – 272 с.

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

19. Шуруп В.И. Технология и техника добычи нефти / Шуруп В.И. – М.: Недра, 1983. – 510 с.

20. Добыча тяжелых и высоковязких нефтей / Аметов И.М., Байдигов Ю.Н., Рузин Л.М., Спиридонов Ю.А. – М.: Недра, 1985. – 205 с.

21. Временная методика проектирования эксплуатации скважин струйными насосами с использованием фонтанного эффекта. Яремийчук Р.С., Савенков И.Г., Ивано-Франковск, 1991. – 21 с.



22. Інтенсифікація припливу вуглеводнів у свердловину: [наукове видання, книга перша] / Ю.Д. Качмар, В.М. Світлицький, Б.Б. Синюк, Р.С. Яремійчук. – Львів: Центр Європи. 2004. – 352 с.

23. Інтенсифікація припливу вуглеводнів у свердловину: [наукове видання, книга друга] / Ю.Д. Качмар, В.М. Світлицький, Б.Б. Синюк, Р.С. Яремійчук. – Львів: Центр Європи. 2004. – 414 с.

24. Патент 57331 Україна, МПК F04F 5/00 E21B 37/00. Спосіб роботи насосно-ежекторної свердловинної струминної установки з гідродинамічним пульсатором для видобування високов'язких нафт/ Р.С. Яремійчук, Я.Я. Якимечко, Т.Р. Шандровський: заявники і патентовласники Р.С. Яремійчук, Я.Я. Якимечко, Т.Р. Шандровський. - № u2010 08424; заявл. 05.07.2010; опубл. 25.02.2011. Бюл. № 4.

References

1. Yaremiychuk R.S. Primenenie struynyih apparatov pri osvoenii skvazhin / Yaremiychuk R.S., Kifor B.M., Lotovskiy V.N., Shanovich L.M. // Tehnika i tehnologiya bureniya skvazhin: obzor. inform. – M.: VNIOENG, 1988. – 56 s.

2. Yaremiychuk R.S. Primeneie struynyih apparatov pri intensifikatsii pritoka nefti / R.S. Yaremiychuk, A.A. Dzhabadyan // Neftyanoe hozyaystvo. – 1988. - # 5. – S. 37-40.

3. Yaremiychuk R.S. Tehnologiya povyisheniya produktivnosti skvazhin s pomoschyu struynyih apparatov / Yaremiychuk R.S., Vozniy V.R., Kifor B.M., Lotovskiy V.N. // Stroitelstvo neftnyanih i gazovyih skvazhin na sushe i na more: obzor. inform. – M.: VNIOENG, 1992. – 52 s.

4. A. s. 1332086 SSSR, MKI F 04 F 5/54. Skvazhinnaya nasosnaya ustanovka / R.S. Yaremiychuk, B.M. Kifor, V.N. Lotovskiy, V.I. Artsehovskiy, M.G. Hrabatin, S.N. Gorev, G.A. Lesovoy, K.G. Dogets (SSSR). - # 4020533/25-06; zayavl. 06.02.86; opubl. 23.08.87, Byul. # 31.

5. A. s. 1474339 SSSR, MKI F 04 F 5/14. Struynyiy nasos / A.M. Abdulzade, R.S. Yaremiychuk, A.I. Spivak, S.B. Nazarov (SSSR). - # 4304842/25-29; zayavl. 08.09.87; opubl. 23.04.89, Byul. # 15.

6. A. s. 1481485 SSSR, MKI F 04 F 5/02. Struynyiy nasos / A.M. Abdulzade, R.S. Yaremiychuk, A.I. Spivak, N.A. Efimov (SSSR). - # 4302914/25-29; zayavl. 08.09.87; opubl. 23.05.89, Byul. # 19.

7. A. s. 1551840 SSSR, MKI F 04 F 5/54. Skvazhinnaya nasosnaya ustanovka / R.S. Yaremiychuk, I.V. Beley, Yu.S. Lopatin, M.G. Hrabatin, V.D. Holodyuk, A.A. Domalchuk (SSSR). - # 4449704/25-29 ; zayavl. 29.06.88 ; opubl. 23.03.90, Byul. # 11.

8. A.s. 1701992 SSSR, MKI F 04 F 1/20. Ustroystvo dlya dobyichi nefti / M.G. Hrabatin, R.S. Yaremiychuk, M.N. Tomin, V.D. Holodyuk (SSSR). - # 4661478/29 ; zayavl. 13.03.89 ; opubl. 30.12.91, Byul. # 48.

9. Yaremiychuk R.S. Vskrytie produktivnyih gorizontov i osvoenie skvazhin / R.S. Yaremiychuk, Yu.D. Kachmar. – Lvov: Vischa shkola. - 1982.-150 s.

10. Yaremiichuk R.S. Osvoiennia sverdlovyh: Praktykum / R.S. Yaremiichuk, Yu.D. Kachmar. – Lviv: Svit, 1997. – 256 s.

11. Yaremiichuk R.S., Voznyi V.R. Osvoiennia ta doslidzhennia sverdlovyh / R.S. Yaremiichuk, V.R. Voznyi. – Lviv: Oriiana-Nova, 1994. – 440 s.

12. Podzemnaya gidravlika / K.S. Baskiev, A.I. Vlasov, I.N. Kochina, V.M. Maksimov. – M.: Nedra, 1986. – 303 s.

13. Gimatutdinova Sh.K. Spravochnaya kniga po dobyiche nefti / Sh.K. Gimatutdinova. – M.: Nedra, 1974. – 704 s.

14. Spravochnoe rukovodstvo po proektirovaniyu razrabotki i ekspluatatsii neftnyanih mestorozhdeniy // Dobyicha nefti / Pod red. Sh.K. Gimatutdinova. – M.: Nedra, 1983.- 455 s.

15. Savenkov G.I., Boyko V.S. Raschet protsesov intensifikatsii pritoka, osvoeniya i



eksploatatsii skvazhin / G.I. Savenkov, V.S. Boyko. – Lvov.: Vischa shkola, 1986. – 160 s.

16. Savenkov G.I. Sovershenstvovanie tehnologii protsessa osvoeniya skvazhin szhatyim gazom: avtoref. dis. na prisvoenie nauch. stepeni kand. tehn. nauk: spets. 05.15.10 “Burenie skvazhin” / G.I. Savenkov. - Ivano-Frankovsk, 1986. – 22, [1] s.

17. Sbornik zadach po tehnologii i tehnike nefte dobyichi / N.T. Mischenko, V.A. Saharov, V.G. Gron, G.I. Bogomolnyiy. – M.: Nedra, 1984. – 272 s.

18. Sokolov E.Ya. Struynnye apparaty / E.Ya. Sokolov, N.M. Zinger. 2-e izd., pererab. – M.: Energiya, 1970. – 288 s.

19. Shurov V.I. Tehnologiya i tehnika dobyichi nefiti / Shurov V.I. – M.: Nedra, 1983. – 510 s.

20. Dobyicha tyazhelyih i vyisokovyazkih neftey / Ametov I.M., Baydikov Yu.N., Ruzin L.M., Spiridonov Yu.A. – M.: Nedra, 1985. – 205 s.

21. Vremennaya metodika proektirovaniya eksploatatsii skvazhin struynnymi nasosami s ispolzovaniem fontannogo efekta. Yaremiychuk R.S., Savenkov I.G., Ivano-Frankovsk, 1991. – 21 s.

22. Intensyfikatsiia pryplyvu vuhlevodniv u sverdlovynu: [naukove vydannia, knyha persha] / Yu.D. Kachmar, V.M. Svitlytskyi, B.B. Syniuk, R.S. Yaremiichuk. – Lviv: Tsentr Yevropy. 2004. – 352 s.

23. Intensyfikatsiia pryplyvu vuhlevodniv u sverdlovynu: [naukove vydannia, knyha druha] / Yu.D. Kachmar, V.M. Svitlytskyi, B.B. Syniuk, R.S. Yaremiichuk. – Lviv: Tsentr Yevropy. 2004. – 414 s.

24. Patent 57331 Ukraina, MPK F04F 5/00 E21B 37/00. Sposib roboty nasosno-ezhektornoj sverdlovynnoj strumynnoj ustanovky z hidrodinamichnym pulsatorom dlia vydobuvannia vysokov'iazkykh naft/ R.S. Yaremiichuk, Ya.Ia. Yakymchko, T.R. Shandrovskyi: zaiavnyky i patentovlasnyky R.S. Yaremiichuk, Ya.Ia. Yakymchko, T.R. Shandrovskyi. - № u2010 08424; zaiavl. 05.07.2010; opubl. 25.02.2011. Biul. № 4.

Abstract. *The article considers the use of a jet pump design with separate workflows for the production of high-viscosity oil. The authors have developed an improved design of a jet well installation with separate workflows, in which the working fluid, moving through the intertube space, reaching the pump housing, is divided into two streams. Part of the working mixture - 40% (depending on the cross section of the nozzle of the twisting chamber) enters the twisting chamber of the hydrodynamic cavitator, in which the passage of the working fluid from it emit gas bubbles. These bubbles flake under the action of external pressure at the outlet of the chamber when the liquid passes through a stepped diffuser. The second part of the working mixture - 60% (depending on the cross section of the jet nozzle) falls on the pump nozzle, where flowing at high speed, forms a zone of reduced pressure, resulting in the mixture and oil from the subpacker enters the mixing chamber of the device. An improved method for calculating the technological parameters of a jet well installation with separate workflows, the design of which has no analogues in Ukraine, is proposed. This technique was tested during industrial tests of a prototype of a set of equipment for the extraction of high-viscosity oils. We have considered the conditions that can provide the effect of gushing, taking into account the fact that with the use of jet devices can achieve this effect. There may be two cases: 1) the extraction of fluid from wells is limited; 2) extraction of fluid from wells is unlimited. The initial data, technological parameters and the sequence of their determination are given for the variant when light oil is used as a working liquid, and the working pressure of the surface power plant is not set. Determining the technological parameters of the well installation is a solution to the direct problem, and then - the reverse. An improved method for calculating the technological parameters of a jet well installation with separate workflows, the design of which has no analogues in Ukraine, is proposed. This technique was tested during industrial tests of a prototype of a set of equipment for the extraction of high-viscosity oils.*

Keywords: *high viscosity oil; submersible pumps; jet devices; limited oil extraction; sequence of calculation; process design*