

## **ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ЗМІШУВАНИХ ПОТОКІВ НА РЕЖИМ РОБОТИ СВЕРДЛОВИННОЇ ЕЖЕКЦІЙНОЇ СИСТЕМИ**

*Д.О. Паневник*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
76019 м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, e-mail: [gidro@nung.edu.ua](mailto:gidro@nung.edu.ua)*

Основними перевагами використання гідроструминного способу нафтовидобутку є широкий діапазон витрат струминного насоса, працездатність в похило орієнтованих свердловинах, тривалий міжремонтний період експлуатації, можливість заміни свердловинного гідроструминного обладнання без участі бригади поточного ремонту. Подальше удосконалення гідроструминного способу експлуатації свердловин дозволяє підвищити ефективність нафтовидобування і є актуальною задачею.

Сучасні технології нафтовидобування передбачають використання двох типів свердловинних ежекційних систем: з поверхневим та глибинним силовим приводом. В ежекційних системах з глибинним приводом у вигляді електровідцентрового або штангового насоса однофазні змішувані потоки надходять з продуктивного горизонту та мають однакову температуру. Використання наземного силового приводу передбачає змішування потоків з різними температурами. Джерелом високотемпературного ежектованого потоку є продуктивний горизонт, а низькотемпературна нафта надходить з устя свердловини та формує робочий потік струминного насоса. Різниця температур робочого та ежектованого потоків здійснює безпосередній вплив на характер їх змішування і робочий процес свердловинного струминного насоса.

Незважаючи на значний об'єм проведених теоретичних досліджень процесу теплообміну в проточній частині струминного апарата тривалий час враховуються виключно при застосуванні газових або рідинно-газових ежекторів. В 90-х роках минулого століття розроблена методика розрахунку свердловинного струминного насоса для відбору газорідинних сумішей, яка враховує термогазодинамічні перетворення в процесі дегазації пластової нафти. Основна мета використання даної методики полягає у визначенні оптимальних умов експлуатації струминного насоса свердловинної тандемної установки. Запропонована методика вимагає наявності значної кількості інформації стосовно властивостей флюїдів, а також зміни їх тиску і температури в процесі фазових перетворень і не може використовуватись під час змішування однофазних потоків.

Метою проведених досліджень є визначення впливу різниці температур змішуваних потоків на режим роботи свердловинної ежекційної системи та розробка методики розрахунку напірної характеристики струминного насоса з поверхневим джерелом робочого агента.

В практиці розрахунку режиму роботи свердловинного струминного насоса найбільш часто застосовують аналітичну модель, розроблену в ВТІ ім. Ф.Е. Дзержинського Е.Я.Соколовим і Н.М.Зінгером, які удосконалили та привели до сучасного вигляду рівняння П.Н.Каменева. Метод ВТІ дозволяє моделювати робочий процес струминного насоса за наявності різнофазних змішуваних потоків. Враховуючи, що струминний насос працює в свердловині за наявності твердих та газоподібних включень для розрахунку його робочого процесу найбільш часто використовують теоретичну напірну характеристику, отриману за методикою Е.Я.Соколова, Н.М.Зінгера.

Взаємозв'язок між напором струминного насоса і співвідношенням температур змішуваних потоків визначається її впливом на густину робочого та інжектваного середовища. У відповідності з формулою Д.Н.Менделєєва запишемо

$$\rho_i = \frac{\rho_{i15}}{1 + \beta_t(t_i - 15^\circ)}; \quad (1)$$

$$\rho_p = \frac{\rho_{p15}}{1 + \beta_t(t_p - 15^\circ)}, \quad (2)$$

де  $\rho_{i15}, \rho_{p15}$  – густина нафти відповідно інжектованого та робочого потоків при температурі  $t=15^\circ\text{C}$ ;

$\beta_t$ — коефіцієнт температурного розширення нафти;

$t_i, t_p$ — температура відповідно інжектованого та робочого потоків.

Густина змішаного потоку визначаємо із врахуванням очевидних співвідношень

$$\rho_3 = \frac{m_p + m_i}{V_3} = \frac{\rho_p V_p + \rho_i V_i}{V_3} = \frac{\rho_p Q_p t + \rho_i Q_i t}{Q_3 t} = \frac{\rho_p Q_p + \rho_i Q_i}{Q_3}, \quad (3)$$

де  $m_p, m_i$  - маса відповідно робочого та інжектованого потоків;

$V_p, V_i, V_3$  - об'єми робочого, інжектованого та змішаного потоків;

$t$  – проміжок часу;

$Q_p, Q_i, Q_3$  — витрати робочого, інжектованого та змішаного потоків.

Враховуючи визначення коефіцієнта інжекції запишемо  $Q_i = Q_p i$ ;  $Q_3 = Q_p + Q_i = Q_p(1+i)$

Тоді формулу для визначення густини змішаного потоку отримаємо у вигляді

$$\rho_3 = \frac{\rho_p + \rho_i}{1 + i}. \quad (4)$$

Отримане рівняння відповідає фізичному змісту процесу змішування потоків. Дійсно, у випадку, коли  $\rho_p = \rho_i$ , густина змішаного потоку приймає значення  $\rho_3 = \rho_p = \rho_i$ . У випадку, коли підсмоктування інжектованого потоку відсутнє, тобто  $i = 0$  густина змішаного потоку приймає значення  $\rho_3 = \rho_p$ .

Враховуючи, що для робочого потоку використовують нафту, яка видобувається на даній свердловині, можна записати  $\rho_{i15} = \rho_{p15}$ . Тоді враховуючи формули (1), (2) останнє рівняння представимо у вигляді

$$\rho_3 = \frac{\rho_{15}}{1+i} \left[ \frac{1}{1 + \beta_t(t_p - 15^\circ)} + \frac{i}{1 + \beta_t(t_i - 15^\circ)} \right]. \quad (5)$$

Рівняння напірної характеристики струминного насоса містить співвідношення густин потоків в окремих лініях ежекційної системи. Співвідношення густини робочого та інжектованого потоків може бути визначено використанням рівнянь (1)-(2)

$$\frac{\rho_p}{\rho_i} = \frac{1 + \beta_t(t_i - 15^\circ)}{1 + \beta_t(t_p - 15^\circ)}. \quad (6)$$

Враховуючи, що  $t_i \geq t_p$  співвідношення густин робочого та інжектованого потоків визначаємо використовуючи рівняння (2),(5)

$$\frac{\rho_p}{\rho_3} = \frac{1+i}{\left[1 + \beta_t(t_p - 15^\circ)\right] \left[ \left(1 + \beta_t(t_p - 15^\circ)\right)^{-1} + i \left(1 + \beta_t(t_i - 15^\circ)\right)^{-1} \right]}. \quad (7)$$

Аналіз отриманих рівнянь для реальних умов використання струминного насоса в свердловині показує, що зміна густини пластового флюїду під дією температури не перевищує 1%. Зокрема, для значень параметрів рівнянь (11),(12) :  $i = 3,0$  ;  $t_p = 30^\circ\text{C}$  ;  $t_i = 50^\circ\text{C}$  ;  $\beta_t = 0,00072 \frac{1}{^\circ\text{рад}}$ .

Співвідношення густин становить

$$\frac{\rho_p}{\rho_i} = 1,014; \quad \frac{\rho_p}{\rho_3} = 1,0107.$$

Таким чином, зважаючи на незначний вплив температури на густину нафти, можна стверджувати, що отримані Соколовим Е.Я. рівняння характеристики струминного насоса з достатнім ступенем точності можуть використовуватись для високотемпературних свердловин.

## ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ БЕЗСТРІЧКОВОГО НАСОСА КОЧЕННЯ

Д.П.Прокопенко  
ІФНТУНГ, [Deniss\\_2005@ukr.net](mailto:Deniss_2005@ukr.net)

Американський винахідник Д.Вілкс вперше розробив на рівні винаходів цілу гаму механізмів, у більшості з яких відсутнє кінематичне тертя ковзання. Їх ККД наближається до одиниці. Суттєвою відмінною цих механізмів є наявність роликів, які S-подібно розділені тонкою пружною стрічкою. Але обмеження тіл кочення тільки роликами та наявність стрічки знижує межі застосування механізмів цього типу.

Його спроба використати двохконтурне торкання ступеневих роликів з метою відмови від застосування стрічки є невдалою із-за неможливості позбавитися кінематичного ковзання між ними. Крім цього, поза увагою автора залишився аналіз можливості появи вертіння з ковзанням торців роликів, наприклад, у роламайтових підшипниках кочення.

Не вивченим також є питання, чи можливо створити дезаксіальний безстрічковий механізм з одноконтактними парами роликів при умові відсутності кінематичного тертя ковзання. Крім цього, поза його увагою залишився варіант виконання механізму роламайтового типу при наявності дезаксіалу.

Усе це вимагає створення теоретичної бази для пошуку діапазону існування механізмів із залежним контуром тіл кочення без кінематичного ковзання.

Уявимо собі, що у природі існують такі співвідношення параметрів, що опорні тіла кочення у взаємодії з нерухомою напрямною розділені без стрічки сепаруючими тілами кочення кочення також у взаємодії з нерухомою напрямною так, щоб обидві напрямні розташовані дезаксіально (рис.1) і хоча би одна напрямна має лекальну форму замкненої поверхні змінного радіуса  $r_1$ , наприклад, для сепаруючого тіла у вигляді нерухомого кулачкового шипа.

Позначимо миттєву вісь обертання опорного та сепаруючого тіла літерою  $\Pi_{21}$ , опорного радіуса  $r_1$  з напрямною –  $P_{13}$  радіуса  $R$ , сепаруючого радіуса  $r_2$  –  $P_{2в}$  (рис 1).

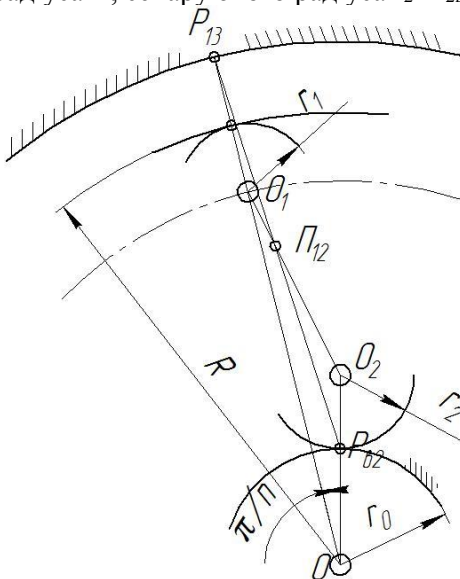


Рисунок 1 – Розрахункова схема