

Як видно з рис. 3, чим менша металоемність, а отже і електрична ємність металевого фрикційного елемента, тим менше він електризується і навпаки. При значній ємності металевого елемента, коли він заземлений через раму, додатній або від'ємний заряд, що переходить на

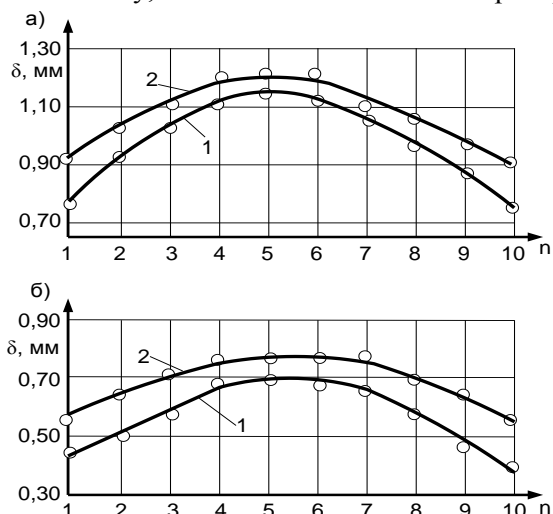


Рисунок 4 а, б – Закономірності зміни величин лінійного зношування поверхонь барабана переднього (а) та заднього (б) БКГ агрегату АОРС-60: 1 – для ізолюваного гальмівного барабана; 2 – серійного фрикційного вузла

містять в собі фрикційні вузли з металополімерними парами, є заземленими (наприклад, бурові лебідки) або ізолювані від поверхні Землі, але мають досить велику метало-, а отже і електричну ємність (агрегати на автомобільному шасі). Для дослідження залежності ізоляції металевого фрикційного елемента на зношування поверхонь фрикційних накладок були змодельовані наступні компонування: гальмівний барабан не ізолюваний (заземлений) та гальмівний барабан ізолюваний від маточини колеса. На рис. 4 проілюстровані закономірності зміни величин лінійного зношування поверхонь накладок БКГ з ізолюваним та неізолюваним металевим фрикційним елементом. Дослідження зносу проводились для десятих точок накладки. Встановлено, що лінійне зношування поверхонь фрикційних накладок для БКГ з ізолюваним металевим барабаном, в середньому, на 15-20 % менше, ніж зношування поверхонь накладок гальма з серійною конструкцією неізолюваного металевого гальмівного барабана.

УДК 622.24 + 621.694.2

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ СТРУМИННОГО НАСОСА ДЛЯ ПРОМИВАННЯ ПІЩАНИХ КОРКІВ

О.В.Паневник, І.Ф. Концур, Д.О. Паневник

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

Перспективним способом ліквідації піскових корків є промивання свердловин з використанням струминних насосів. Ці насоси надійні, здатні працювати в агресивному середовищі та мають просту конструкцію. Існуючі технології використання при промиванні піскових корків струминних насосів вимагають застосування подвійної колони підйомних труб. Це суттєво зменшує ефективність даного

способу ремонту свердловин. В Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу розроблений струминний насос із змінним характером гідравлічних зв'язків між елементами ежекційної системи. Така конструкція пристрою для промивання піскових корків допускає залежно від умов використання змінювати характер розподілу потоків в гідравлічній системі струминного насоса і дозволяє його застосування в свердловинах обладнаних одинарною колоною насосно-компресорних труб. Математична модель робочого процесу ежекційної системи із змінним характером розподілу потоків передбачає попереднє експериментальне визначення напірної характеристики струминного насоса. Це суттєво ускладнює проектування конструкції пристрою для промивання піскових корків та прогнозування режиму його роботи. Крім того, наявна математична модель не враховує можливості роботи струминного насоса в кавітаційному режимі. Остання обставина унеможливує встановлення граничних умов ефективного використання пристрою для промивання піскових корків.

Метою досліджень є підвищення ефективності процесу промивання піскових корків за рахунок зростання точності прогнозування режиму роботи струминного насоса. Поставлена мета може бути досягнута шляхом заміни емпіричної напірної характеристики струминного насоса теоретичною залежністю, а також встановленням граничних параметрів експлуатації ежекційної системи за умови її роботи в докавітаційному режимі.

В процесі моделювання робочого процесу струминного насоса використовуємо рівняння його напірної характеристики, запропоноване Соколовим Е.Я., Зінгером Н. М. і засноване на збереженні кількості руху рідини в камері змішування

$$h = \frac{\varphi_1^2}{K_{сн}} \left[2\varphi_2 \frac{f_{p1}}{f_{p2}} + 2\varphi_2 i^2 \frac{f_{p1}}{f_{i2}} - \frac{(2 - \varphi_3^2)}{K_{сн}} (1 + i)^2 \right] - \frac{\Delta P_k}{\Delta P_p}, \quad (1)$$

де $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ — коефіцієнти швидкості насадки, камери змішування, дифузора, всмоктувальної лінії;

$K_{сн}$ — геометричний параметр струминного насоса;

f_{p1}, f_{p2} — площа перерізу робочого потоку на виході з робочої насадки та вході в камеру змішування;

f_{i2} — площа інжектваного потоку на вході в камеру змішування;

h, i — відносний напір та коефіцієнт інжекції струминного насоса;

ΔP_k — гідравлічні втрати, пов'язані із звуженням робочого струменя перед входом в камеру змішування;

ΔP_p — гідравлічні втрати в робочій насадці струминного насоса.

Остання складова рівняння (1) визначається методом послідовних наближень.

$$\frac{\Delta P_k}{\Delta P_p} = \frac{(\varphi_1 / \varphi_4)^2 i^2}{\left[K_{сн} - \frac{1}{\sqrt{1 + (\Delta P_k / \Delta P_p)}} \right]^2}; \quad (2)$$

$$\frac{f_{p1}}{f_{p2}} = \sqrt{1 + (\Delta P_k / \Delta P_p)}; \quad (3)$$

$$\frac{f_{p1}}{f_{i2}} = \frac{1}{K_{сн} - \frac{f_{p2}}{f_{p1}}}. \quad (4)$$

Рівняння характеристики гідравлічної системи струминного насоса, отримане на основі визначення тисків в характерних перерізах ежекційної системи має вигляд

$$h = \frac{1}{1 + 0,0246 \left(\frac{d_{\text{вс}}}{d_{\text{рн}}} \right)^4 \frac{1}{i^2}}, \quad (5)$$

де $d_{\text{вс}}$ **Помилка! Джерело посилання не знайдено.** — діаметр всмоктувальної лінії перед клапаном;
 $d_{\text{рн}}$ **Помилка! Джерело посилання не знайдено.** — діаметр робочої насадки струминного насоса.

Спільний розв'язок рівнянь (1), (5) дозволяє визначити режим роботи струминного насоса в процесі його роботи в складі пристрою для промивання піскових корків.

В процесі моделювання кавітаційного режиму роботи струминного насоса необхідно скласти систему рівнянь для визначення тиску у вихідному перерізі робочої насадки. Після порівняння величини тиску у вихідному перерізі з величиною тиску насичених парів рідини можна зробити висновок про імовірність роботи струминного насоса в кавітаційному режимі. В процесі аналізу кавітаційного режиму роботи струминного насоса використовуємо рівняння Бернуллі.

Мінімально допустиму за умов виникнення кавітації глибину розміщення струминного насоса в свердловині визначаємо за формулою

$$H_{\text{нmin}} = \frac{\frac{8}{\pi^2} \rho Q_p^2 \left(\frac{1}{d_{\text{рн}}^4} - \frac{1}{d_{\text{кв}}^4} \right)}{\rho g + \frac{8}{\pi^2} \frac{\rho \lambda_3 Q_p^2 (1+i)^2}{(d_{\text{ке}} - d_{\text{кз}})^3 (d_{\text{ке}} + d_{\text{кз}})^2}} \quad (6)$$

Для наближених розрахунків втрати тиску в колоні НКТ визначаємо для робочої, а не змінної витрати, тобто в рівнянні для визначення $H_{\text{нmin}}$ **Помилка! Джерело посилання не знайдено.** приймаємо $i=0$ **Помилка! Джерело посилання не знайдено.**. Це дозволяє суттєво спростити використання отриманого рівняння. Коефіцієнт лінійного гідравлічного опору також визначається для витрати робочого потоку. Розв'язок даного рівняння відносно витрати Q_p **Помилка! Джерело посилання не знайдено.** дозволяє для фіксованої глибини розміщення струминного насоса в свердловині H_n **Помилка! Джерело посилання не знайдено.** визначити максимально допустиму витрату робочого потоку $Q_{\text{рmax}}$ **Помилка! Джерело посилання не знайдено.**, яка відповідає виникненню кавітації. В цьому випадку для розв'язку даного рівняння необхідно застосувати метод послідовних наближень, оскільки коефіцієнт λ_3 **Помилка! Джерело посилання не знайдено.**, у свою чергу, залежить від витрати робочого потоку. Коефіцієнт λ_3 **Помилка! Джерело посилання не знайдено.** визначаємо за стандартною методикою, яка передбачає попередній розрахунок швидкості потоку та числа Рейнольдса.

Аналіз отриманих залежностей показує, що мінімально допустима глибина розміщення струминного насоса зростає при збільшенні витрати робочого потоку та зменшенні діаметра робочої насадки.

Проведені дослідження дозволили сформулювати наступні висновки.

1. Використання для моделювання робочого процесу струминного насоса рівняння збереження кількості руху рідини в камері змішування струминного насоса та рівняння гідравлічного зв'язку між елементами ежекційної системи дозволяє прогнозувати режим роботи пристрою для промивання піскових пробок та підвищити ефективність його експлуатації.

2. Дослідження можливості роботи ежекційної системи в кавітаційному режимі дозволило визначити співвідношення критичних значень глибини розміщення струминного насоса в свердловині та величини робочої витрати. Отримані аналітичні залежності дозволяють встановити границі використання струминного насоса в свердловині.