

УДК 622.276.05.004

*Калашикова І.А.
Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка*

ОСНОВНІ РЕСУРСИ РОБОТИ УСТАНОВОК ЗАНУРЕНИХ ЕЛЕКТРОВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ ДЛЯ ВИДОБУТКУ НАФТИ

Виконано аналіз сучасного методу розрахунку довговічності установок занурених електровідцентрових насосів для добування пластових рідин і запропоновано підходи визначення найбільш слабкого елемента насоса.

Ключові слова: занурені електровідцентрові насоси, нафтова і газова промисловість, ресурс роботи.

Постановка проблеми. При видобуванні рідких корисних копалин свердловинним методом одним із основних агрегатів є занурені насоси і серед них найбільш поширеним типом електричні відцентрові.

При використанні занурених електричних відцентрових насосів досить складно застосовувати ефективні засоби захисту від можливого проникнення твердих часток і їх відкладення на робочих поверхнях струмене-направляючого апарату насоса.

Строк експлуатації занурених відцентрових насосів та міжремонтний період залежать від властивостей нафтового флюїду та матеріалу робочих поверхонь насоса.

Підвищення надійності та довговічності роботи деталей машин і механізмів, збільшення ресурсу їх роботи з використанням дешевих і стійких матеріалів є одним з пріоритетних напрямків сучасного машинобудування.

Огляд досліджень і публікацій. Проблемам підвищення ресурсу та питанням спрацювання поверхні деталей під дією різних факторів присвячені роботи В.Н. Кашеєва, І.Р. Клейса, Б.І. Костецького, І.В. Крагельського, М.М. Тененбаума, В.Н. Ткачева, М.М. Хрущова, А.В. Чічінадзе, Ю.А. Євдокимова. Разом з тим, ця проблема до останнього часу не мала ефективного рішення, зокрема, в частині зносостійкості торцевого ущільнення робочих коліс струмененаправляючого апарату.

Мета статті – вивчення й аналіз методів підвищення зносостійкості і надійності торцевого ущільнення робочих коліс струмененаправляючого апарату зануреного електровідцентрового насоса для свердловинного видобування нафти.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- аналіз причин відмов у роботі відцентрових насосів;
- визначення надійності усієї установки електровідцентрових насосів та окремих її елементів;
- побудова графіка інтенсивності відмов електровідцентрових насосів.

Виклад основного матеріалу. Аналіз причин відмов у роботі відцентрових насосів типу ЕЦН для видобування нафти виконано нами в умовах НГВУ „Полтаванафтогаз" Глинсько–Розбишевського родовища на основі досліджень їх роботи в реальних умовах – агресивному середовищі.

Для аналізу причин відмов та розрахунку надійності зібрано й опрацьовано матеріали з установок заглиблених електровідцентрових насосів на основі яких було встановлено, що 51,42% відмов виникли в самих насосах (рис. 1), 32,33% відмов припадає на пошкодження електричного кабелю, 16,25% – на пошкодження пристрою гідравлічного захисту електродвигуна.

Пошкодження торцевого ущільнення між робочими колесами і струмененаправляючими апаратами електровідцентрового насосу, викликає осадку усіх робочих коліс, що призводить до їх защемлення - це сприяє перевантаженню зануреного електродвигуна та вигорання кабельного вводу.

Дане ущільнення піддається інтенсивній дії абразивних часток, які можуть проникати в насос із вуглеводневою сировиною. Аналогічні дії вуглеводневої сировини викликають і зношування гідродинамічних п'ят. Такі відмови у роботі зустрічаються приблизно у 34,1% випадків. Цим видам спрацьовування сприяє великий вміст механічних домішок у пластовій рідині. Серед них основними є пластовий пісок, який виноситься у вибій пластовою рідиною або потрапляє до насоса через отвори в обсадній колоні, які утворились під дією корозії.

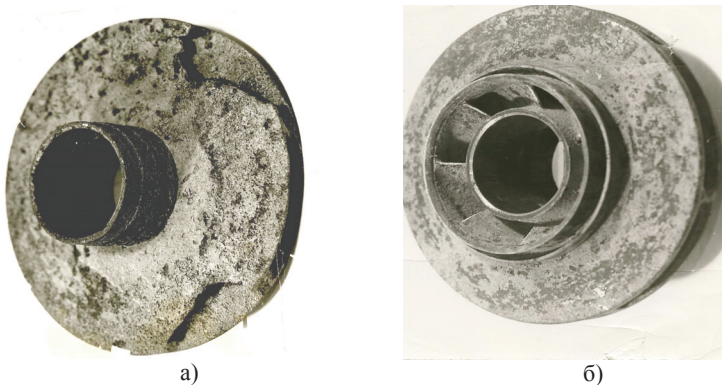


Рисунок 1. Види пошкоджень робочих коліс відцентрових електронасосів.

Торцеве ущільнення, незалежно від його конструкції, завжди складається з двох кілець (нерухомого й обертового), внутрішні площини труться одна об одну при роботі насоса подібно осьовій опорі вала. Змащування поверхонь торцевого ущільнення, що труться здійснюється перекачуванню рідиною. Якщо ця рідина створить значну суцільну плівку по всій площі поверхні контакту, то таке тертя, називається рідинним. Якщо плівка дуже тонка і цілісність її на окремих невеликих ділянках порушується, тертя буде напіврідинним, або граничним. Якщо між поверхнями, що труться, рідинна плівка відсутня цілком або утворюється на незначних ділянках, то тертя називається сухим або напівсухим [1 , 2].

При наявності стійкої рідинної плівки між поверхнями кілець, що труться, ущільнення не буде нагріватися і зношуватися, але при цьому витік рідини між кільцями буде значний. При граничному змащенні поверхонь, що труться, витік може різко зменшуватися, але при цьому може збільшуватися нагрівання і знос кілець. При сухому терті і незначному питомому тиску на кільцях можна цілком усунути витік, але в цьому випадку нагрів і зношування кілець можуть досягти небезпечних значень.

Ущільнення з рідинним тертям і великим витіком має вузьку сферу застосування (тільки у випадках коли такі витіки рідини допустимі).

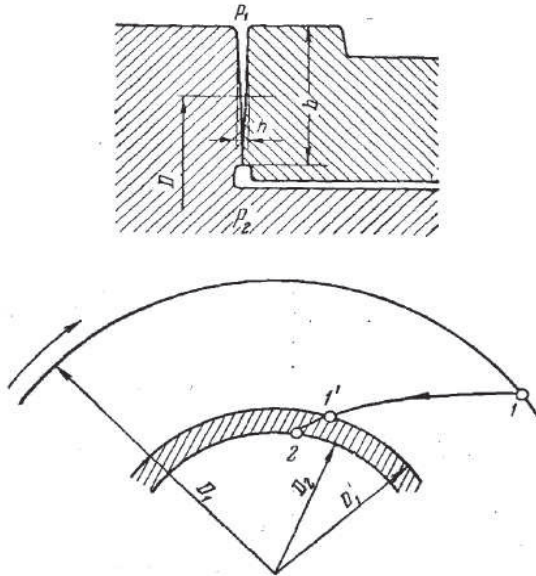


Рисунок 2 - Бічний розріз ущільнення

Основними умовами при виборі і конструюванні ущільнення є тиск (точніше, перепад тиску) між порожнинами, що ущільнюються, витік, зношування кілець, тобто довговічність ущільнення, внутрішнє і зовнішнє середовище, споживана потужність, температура нагрівання.

Недостатнє змащення і присутність абразивних часток прискорюють їхнє зношування.

Досить перспективними матеріалами для роботи в парах тертя є порошкові матеріали, які наносяться на поверхню, що піддається зношуванню [2].

Значна частина технологічних завдань по підвищенню стійкості зношуванню вирішується шляхом використання газотермічних методів нанесення покриття. Завдяки цьому методу можна напилювати різні матеріали в декілька шарів, одержуючи при цьому покриття із спеціальними властивостями [3].

Газотермічне напилення використовується для нанесення тугоплавкого і високо-твердого покриття з оксидів, металів, інтерметалідів, силіцидів, карбідів, боридів і т.д.

Виходячи з завдань дослідження, найбільшу увагу викликають покриття для захисту від спрацьовування під дією абразиву і корозії в умовах експлуатації свердловин.

При роботі пар тертя в умовах інтенсивного абразивного спрацьовування можна використовувати для нанесення покриттів вольфрам-кобальтові тверді сплави. При абразивному спрацьовуванні в умовах невисоких температур (до 500°C), де абразивні частки проникають в зазор поміж парами тертя, найбільше поширення одержали покриття на основі нікелевих самофлюсуючих сплавів як в чистому вигляді, так і з домішками порошоків зміцнюючих матеріалів (карбідів, боридів).

Особливе місце в плазмовій технології, для зміцнення, займають композитні матеріали. Вони складаються із пластичної – залізної або нікелевої матриці, зміцненої боридами заліза, карбідами титану, нікелю або інших елементів.

Вибір варіантів розробки конструкції газотермічного покриття, залежить від виду порошку, що забезпечує стійкість спрацьовуванню. Критерієм стійкості спрацьовуванню різних поверхонь може бути в першому наближенні їхня твердість [4].

Основні параметри покриття: товщина, когезійна і адгезійна міцність, пористість. Ці властивості, виходячи із особливостей формування газотермічних покриттів та їх структури, яка характеризується наявністю меж третього роду [4], в деякій мірі, будуть визначатися складом цих меж та величиною, формою і розподілом часток в покритті і станом його поверхні (шорсткість, хвилястість).

Досить перспективним матеріалом для створення пар тертя електровідцентрових насосів для добування вуглеводневої із нафтових свердловин, є розробка та нанесення газотермічних покриттів (ГТП) на основі порошоків із базальту.

На основі аналізу причин відмов можна визначити надійність усієї установки електровідцентрових насосів або окремих її елементів.

На основі одержаних експериментальних даних побудована гістограма розподілу відмов від часу за функцією:

$$h = f(t), \quad (1)$$

Термін напрацювання розбито на інтервали 0...100; 100...200 і т.д. На кожному інтервалі розраховано кількість напрацьованих годин, що складають даний інтервал.

Гістограма відмов роботи електровідцентрових насосів наведена на рисунку 3. Як видно з рисунка найбільша кількість відмов роботи на установках спостерігається в перших сто діб роботи.

Діаграма розподілу відмов ЕВН

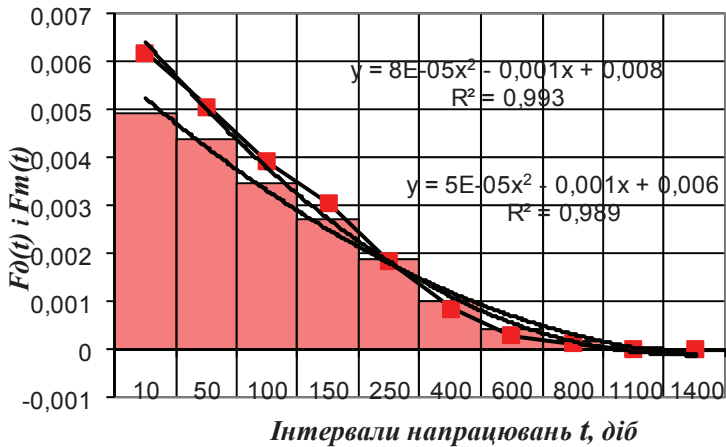


Рисунок 3 - Гістограми розподілу відмов роботи електровідцентрових насосів.

Імовірність безвідмовної роботи визначалася за формулою:

$$P(t) = 1 - \frac{n_i}{N}, \quad (2)$$

де n_i - кількість діб напрацювання на відмову; i -го - інтервалу; N - загальне число напрацювання. За одержаними даними побудовано графіки (рис. 4).

Аналогічно визначаються всі параметри для решти елементів.

У подальшому розраховується інтенсивність відмов:

$$\lambda = \frac{n_s}{(N - n_s) \cdot \Delta t} \quad (3)$$

і на основі одержаних даних будується графік інтенсивності відмов при $\Delta t = 100$ (рис.4).

Діаграма розподілу відмов ЕВН

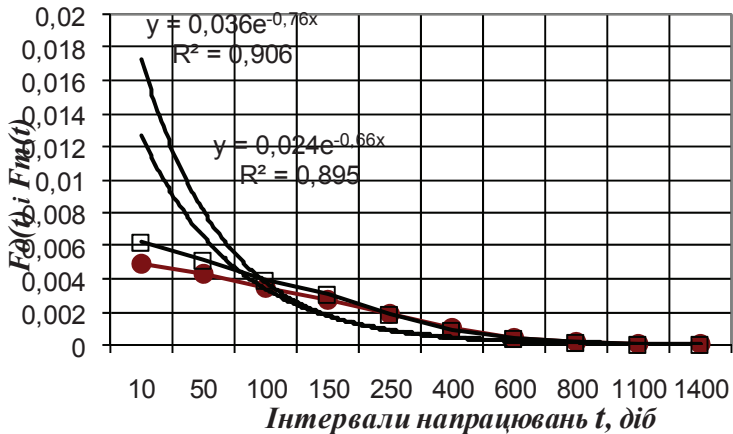


Рисунок 3 - Графік імовірності безвідмовної роботи ЕВН.

Цей графік ($\lambda \cdot 10^3$, δ^{-1}) представлено для всіх елементів, які впливають значною мірою на надійність роботи електровідцентрових насосів для видобування пластової рідини. Статистична функція розподілу відмов роботи визначається за формулою:

$$F_{cm.} = \frac{t}{N-1}, \quad (4)$$

а теоретична функція розподілу обчислюється за формулою:

$$F_m = 1 - e^{-\frac{t}{T_{cp.}}}, \quad (5)$$

де $T_{cp.}$ - середній час напрацювання на відмову. Ця теоретична функція розподілу являє собою експоненту.

Різниця даних D між статистичною і теоретичною функціями повинна бути меншою від табличних значень $[D]$ $D < [D]$.

Отже, установка електричних відцентрових насосів (УЕВН) – складний комплекс обладнання із значною кількістю деталей вузлів, механізмів [1, 2, 3]. Підземна частина УЕВН експлуатується на значних

глибинах (800...3000 м), при високих температурах (до 180 °С), при значних внутрішньопластових тисках (більше 20 МПа) [4]. Висока корозійна здатність внутрішньопластової рідини вимагає достатньо високої корозійної стійкості матеріалів для виготовлення деталей УЕВН. Найбільш слабким місцем у електровідцентрових насосах є ущільнення між ступенями, яке також сприймає зусилля від стовпа перекачуваної рідини [1]. При підвищенні температури взаємодії поверхні з абразивом різко зростає інтенсивність спрацьовування і коефіцієнт тертя [5].

Висновки.

На основі проведених аналізів встановлено:

- 1) середній час напрацювання на відмову електровідцентрових насосів (ЕВН) становить 170 діб;
- 2) імовірність безвідмовної роботи ЕВН (електровідцентрового насоса) через 100 діб становить 0,57; 200 діб - 0,28, а через 250 діб - 0,19.
- 3) одним із основних слабких елементів відцентрових насосів є ущільнення між ступенями насосу. Це ущільнення не тільки виконує функцію призначену йому, але сприймає осьове навантаження від дії стовпа рідини, що перекачується. Від його довговічності залежить довговічність усього насосного агрегату.

У наступних дослідженнях доцільно зосередитися на поглибленому вивченні процесу нанесення газотермічних покриттів (ГТП) на основі порошків із базальту.

Література

- 1.Крець В.Г., Саруєв Л.А. *Нефтьпромислове обладнання.Учеб. пособие.* - Томск: ТПУ, 2011. - 236с.
- 2.Шиммарев В.Ю. *Надежность технических систем. Учебник для вузов.* – М.: Академия, 2010. – 304 с.
- 3.Калашников А.В., Корж В.М. *Основні властивості плазмового покриття з карбідом бору // Металознавство та обробка металів 1996 №4. С. 59-61.*
- 4.Калашников А.В. *Применение карбида бора в газотермических покрытиях // Сварочное производство 1997 №6. С. 29-31.*
- 5.Калашников А.В. *Выбор и разработка порошковых материалов для плазменного напыления на детали буровых насосов // Вибрації в техніці і технологіях 1999 №2. С.100-102.*

*Калашиникова И.А.
Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка*

ОСНОВНЫЕ РЕСУРСЫ РАБОТЫ УСТАНОВОК ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ

Изложено общий метод расчёта долговечности установок в электроцентробежных насосах для добычи пластовых жидкостей и предложено подходы по определению наиболее слабого элемента.

Ключевые слова: электроцентробежные насосы, нефтяная и газовая промышленность, ресурс работы.

*Kalashnykova I.A.
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*

KEY RESOURCES WORK SETTING ELECTRIC CENTRIFUGAL PUMPS FOR OIL PRODUCTION

General method of electric-centrifugal pumps units' longevity calculation for extracting stratum fluids is described in the article and proposed approaches to determining the weakest element

Keywords: electric centrifugal pumps, oil and gas industry, resource work.