

УДК 622.242.001.24

Л. І. Романишин, канд. техн. наук, Т. Л. Романишин

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ЧИННИКІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ МАГНІТНИХ ЛОВИЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

The critical overview of the magnetic tools for bottom hole cleaning was given as well as the exploitation requirements for this type of equipment were studied. New construction of magnetic tool for metal cleaning-up-jobs in the process of drilling, blowouts and well reconstruction has been described.

Використання енергії поля постійних магнітів у пристроях різного призначення – один з перспективних напрямків проектування магнітного ловильного інструмента для очищення від феромагнітних матеріалів вибоїв свердловин при бурінні та аварійно-відновлювальних роботах. До основних переваг пристроїв на постійних магнітах належать автономність їх дії (один раз намагнічені, вони зберігають працездатність десятки років, не потребуючи при цьому сторонніх джерел живлення) та високі експлуатаційні параметри.

Ефективність роботи ловильних пристроїв визначається силовими і магнітними характеристиками їх систем, на які істотно впливають конструктивні, технологічні та експлуатаційні чинники [1]. Магнітні системи пристроїв належать до класу утримуючих. Основними характеристиками таких систем є силова–зусилля притягання (відривання) та зсуву на робочій поверхні системи, тягова–залежність вантажопідйомної сили від робочого зазору та магнітна – напруженість магнітного поля та індукція в робочому зазорі.

На стадії проектування ловильних пристроїв, що базуються на високоенергетичних постійних магнітах, на характеристики систем цих пристроїв найістотніше впливають конструктивні чинники. З огляду на це мета теоретичних та експериментальних досліджень полягає у визначенні раціональних співвідношень геометричних розмірів постійних магнітів та магнітопроводів залежно від їх взаємного розташування в системі й матеріалів, з яких вони виготовлені, що забезпечують максимальні силові та магнітні характеристики систем.

Для теоретичних досліджень використовували програму розрахунку параметрів магнітних систем MAG. EXE. За основу розрахунку було взято методику, наведену в [2], з усіма вимогами і припущеннями, що найповніше відтворює динаміку роботи всіх елементів магнітного ланцюга системи. Принцип суперпозиції – розгляд окремих магнітних ланцюгів для різних ділянок постійного магніту і підсумовування потоків цих ділянок – у сукупності з графоаналітичним способом дає змогу досягти значної точності розрахунку. У результаті розрахунку визначається довжина магнітного блоку, за якої магнітна система задовольняє вимоги отримання максимальної індукції в робочому зазорі B_p , близької до індукції насичення магнітного матеріалу магнітопроводів:

$$L = g + \int_0^{B_p} \frac{dB}{\sqrt{(C - ER_H B_p)^2 - 16 \pi \cdot 10^{-7} \frac{E}{S_{МП}} \int_B^{B_p} H(B) dB}}, \quad (1)$$

де C , E , R_H – параметри, які характеризують стан магнітної системи та отримані в результаті перетворень при розв'язуванні завдання, g – відстань між магнітом і робочою поверхнею магнітопроводів, $H(B)$ – поточне значення напруженості магнітного поля.

Рівняння (1) – це математична модель магнітної системи з паралельним з'єднанням магнітів, що охоплює всі геометричні розміри системи, магнітні характеристики магнітів та магнітопроводів, дає можливість аналізувати їх на стадії проектування, а також методом послідовних розрахунків визначати вигідні співвідношення геометрії системи.

Вихідні дані для досліджень такі.

1. Необхідна індукція в робочому зазорі B_p .

Оскільки основне завдання проектування – отримати максимальну індукцію в робочому зазорі, значення B_p приймається близьким до індукції насичення матеріалу магнітопроводу – 2,13 Тл.

2. Магнітні характеристики магнітотвердих і магнітом'яких матеріалів.

3. Граничні та передбачувані геометричні розміри елементів системи.

4. Робочий і технологічний зазори в магнітній системі.

У результаті досліджень повинні бути визначені геометричні розміри елементів та силові характеристики магнітної системи.

З метою встановлення впливу конструктивних чинників на ефективність роботи магнітної системи розв'язували обернену задачу – визначали силові та магнітні характеристики за заданими магнітними параметрами. При цьому розрахункове рівняння (1) розв'язували за допомогою ЕОМ відносно магнітної індукції B_p за відомої довжини магнітного блоку L .

Розрахунок виконували для реальної магнітної системи 3 (рис. 1), яка за допомогою лапи 2 кріпиться до корпусу 1 ловильного пристрою. Як магнітотверді матеріали використовували серійно освоєні виробництвом високоенергетичні постійні кільцеві магніти К44х22х6 (де 6 – довжина магніту l_m , мм). Довжина виготовлених зі сталі 20 магнітопроводів становила 9 і 18 мм. Для розрахунку магнітну систему поділили на чотири частини, як показано на рис. 2, і розглядали лише одну з них (елементарну).

Отримали результат для всієї системи, тому що в усіх елементарних магнітних системах дані ідентичні. Визначили раціональні щодо використання магнітної енергії геометричні співвідношення елементів системи, за яких досягаються максимальна магнітна індукція і вантажопідйомна сила. Числові значення вихідних даних та результати розрахунку систем з магнітопроводами двох типорозмірів наведені в табл. 1, 2.

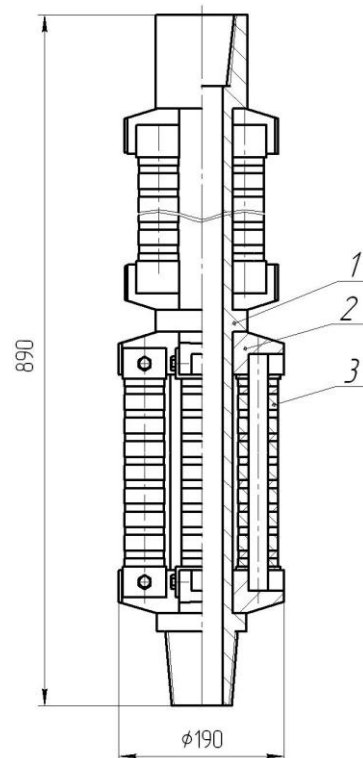


Рис. 1. Схема магнітного ловильного пристрою

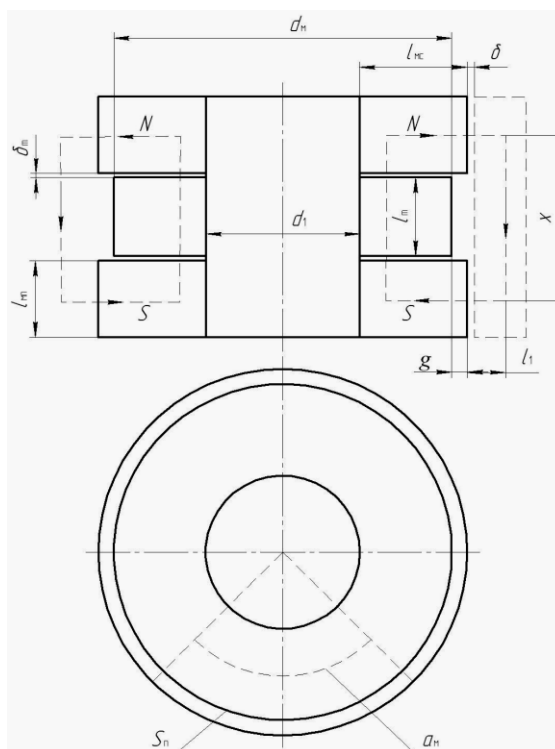


Рис. 2. Розрахункова схема магнітної системи уловлювача: d_m , d_1 – відповідно зовнішній та внутрішній діаметр магніту; l_m – довжина магніту; $l_{мп}$ – довжина магнітопроводу; g – відстань магніту від робочої поверхні магнітопроводу; δ – довжина робочого зазору; a_m – ширина магніту; $l_{мс}$ – довжина магнітної системи; S_n – площа поверхні контакту магніту з магнітопроводом; $l_1 = l_m$ – усереднена відстань силової лінії від робочої поверхні системи; δ_t – довжина технологічного зазору; x – відстань між серединами магнітопроводів

Таблиця 1. Вихідні дані для розрахунку магнітних систем

Параметр	D , мм	l_m , мм	$l_{мп}$, мм	a_m , мм	$S_{мп}$, мм ²	$l_{мсл} = x + 2 l_m$, мм	δ , мм	δ_t , мм	g , мм	$l_{мс}$, мм	x , мм
Число-значення	45	6,0	9,0	27	318	27	0,1	0,05	1,0	11,5	15
	45	6,0	18,0	27	635	36	0,1	0,05	1,0	11,5	24

У результаті теоретичних досліджень магнітних систем ловильного пристрою діаметром 190 мм встановлено, що найвищі силові параметри має система, яка складається з постійних високоенергетичних магнітів K44x22x6 марки НПМ-30КК з магнітопроводами довжиною 18 мм.

Таблиця 2. Результати розрахунку силових і магнітних параметрів

Довжина магнітопроводу $l_{мп}$, мм	Довжина робочого зазору δ , мм	Магнітна індукція в робочому зазорі B_p , Тл (Гс)	Умовна вантажопідійомна сила F , Н	Питома вантажопідійомна сила F_p , Н/см ²	Питома зусилля зсуву $F_{п.зс}$, Н/см ²
9,0	0,01	2,1 (21000)	888	69,8	27,7
18,0	0,01	2,1 (21000)	1796	70,7	28,1

При експлуатації уловлювачів притягнуті до магнітної системи феромагнітні предмети різної форми і маси під дією швидкісного потоку промивальної рідини зсуваються робочою поверхнею і в результаті можуть відірватися від системи. Під цим оглядом характеристикою уловлювача є зусилля зсуву $F_{зс}$, віднесене до одиниці площі контакту притягнутого до системи предмету, тобто його питоме значення:

$$F_{п.зс} = 1,5 F_{п} k_{т}, \quad (2)$$

де $k_{т}$ – коефіцієнт тертя, $k_{т} = 0,265$ [2].

Для ефективного виловлювання феромагнітних частинок, які піднімаються з вибою потоком промивальної рідини необхідно створити відповідні умови, а саме: максимальну магнітну індукцію в робочому зазорі та необхідний для намагнічування час перебування частинок під дією магнітного поля уловлювача. Залежність магнітної індукції від довжини робочого зазору визначається експериментально. Час перебування частинок під дією магнітного поля уловлювача залежить від швидкості висхідного потоку промивальної рідини та довжини магнітної системи. Виходячи з умов забезпечення ефективного винесення шламу при бурінні свердловини довжину магнітної системи визначаємо за формулою

$$L = Ct, \quad (3)$$

де C – середня швидкість підняття феромагнітних частинок у зоні ловильного пристрою (рис. 3), за результатами гідравлічних розрахунків $C = 0,775$ м/с, t – нормативний час руху феромагнітних частинок у магнітному полі, протягом якого вони виловлюються з потоку промивальної рідини, $t = 0,5$ с [3].

Отже, для забезпечення умов притягання феромагнітних частинок до магнітної системи мінімально допустима її довжина повинна становити

$$L = 0,775 \cdot 0,5 = 0,388 \text{ м.}$$

З метою забезпечення необхідної міцності уловлювача доцільно систему поділити на дві секції, розмістивши їх у два яруси зі зміщенням однієї відносно іншої на 45° (див. рис. 1).

Під час експериментальних досліджень визначали тягові характеристики (питоме зусилля зсуву) дослідного зразка і характер зміни магнітної індукції по довжині магнітної системи залежно від матеріалу магнітів та довжини робочого зазору.

Силкові характеристики систем магнітного ловильного пристрою діаметром 190 мм (рис. 1) визначали на установці для дослідження тягових характеристик, магнітні характеристики – розподіл магнітної індукції по довжині магнітної системи на поверхні та в робочому зазорі – приладом для вимірювання магнітної індукції – тесламетром ЭМ 4305.

Установка для дослідження тягових характеристик (рис. 4) складається з рами 15, на основі 1 якої монтується магнітна система 2 і барабан 11, що приводиться в рух через черв'ячний редуктор 13 електродвигуном 14; останній живиться від блоку живлення 12, що виконує роль перетворювача напруги з 220 на 12 В. На магнітну систему накладається дослідний зразок 3, зі сталі 20, площа контакту якого з магнітною системою становить 1 см^2 . Переміщення зразка магнітною системою забезпечується гнучкою тягою 10, що намотується на барабан через напрямний пристрій 8. Частота обертання барабана регулюється перемикачем 9. У ланці зразок – тяга – барабан встановлюється тензометричне кільце 7, яке живиться від джерела 4, що фіксує деформацію і передає сигнал на підсилювач 5. Підсилений сигнал

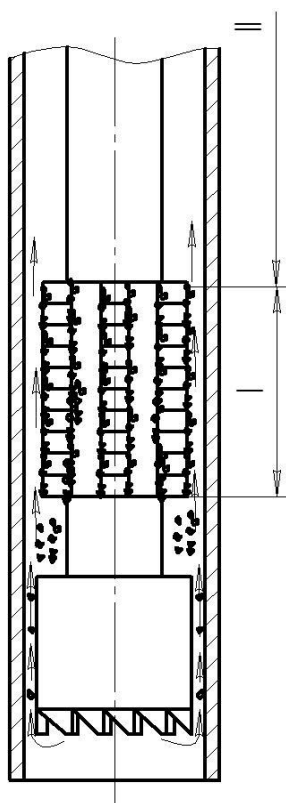


Рис. 3. Схема технологічного процесу очищення свердловини від феромагнітних частинок при бурінні: I – зона уловлювання феромагнітних частинок магнітною системою; II – зона винесення гірської породи (шламу)

надходить на самописец 6, який, у свою чергу, відображає зміну зусилля зсуву при переміщенні зразка робочою поверхнею магнітної системи без зазору та із зазором, який регулюється немагнітними прокладками.

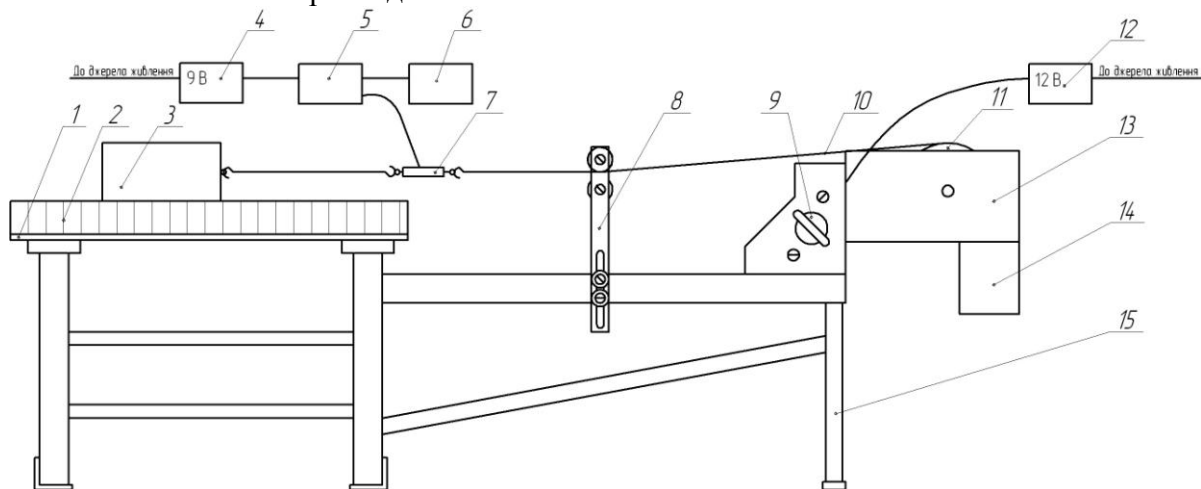


Рис. 4. Схема установки для дослідження тягових характеристик

Досліджували магнітні системи зовнішнім діаметром 44 мм, складені на базі феритобарієвих (24БА210) та високоенергетичних (НПМ – 30КК) магнітів. Як впливає з даних (рис. 5, 6), питоме зусилля зсуву та індукція в робочому зазорі систем на базі високоенергетичних магнітів відповідно у 2,5 та 4 рази перевищує ці показники систем на базі феритобарієвих магнітів.

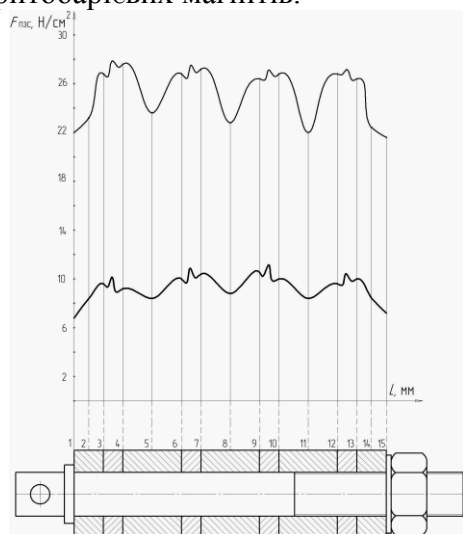


Рис. 5. Графічні залежності го зусилля зсуву від магнітної системи: — — магнітна система на базі високоенергетичних магнітів; — — магнітна система на базі феритобарієвих магнітів

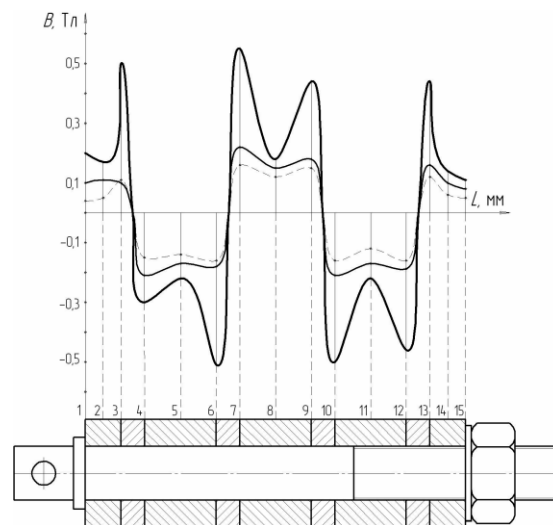


Рис. 6. Графіки розподілу магнітної індукції по довжині магнітної системи: — — магнітна система на базі високоенергетичних магнітів при "нульовому" зазорі; — — магнітна система на базі високоенергетичних магнітів при зазорі 3 мм; -- -- магнітна система на базі феритобарієвих магнітів при "нульовому" зазорі

Таким чином, на основі теоретичних та експериментальних досліджень впливу конструктивних чинників на силові та магнітні характеристики систем уловлювачів доходимо таких висновків.

1. Встановлено визначальний вплив на характеристики магнітних систем таких конструктивних чинників: геометричних співвідношень постійних магнітів та магнітопроводів залежно від їх матеріалу та взаєморозташування в системі. Силові та магнітні характеристики

ки магнітних систем на базі високоенергетичних постійних магнітів у 2 – 4 рази перевищують аналогічні характеристики систем на базі феритобарієвих магнітів.

2. Визначені раціональні геометричні розміри і розміщення елементів системи, які забезпечують максимальне використання енергії магнітного поля. Для ловильних пристроїв діаметром 190 мм – це системи з послідовним з'єднанням кільцевих високоенергетичних магнітів довжиною 6 мм за довжини магнітопроводу 18 мм. При цьому магнітопроводи працюють на межі насичення магнітом'якого матеріалу (2,13 Тл).

3. Встановлена мінімальна довжина магнітної системи ловильного пристрою – 0,388 м, за якої створюються необхідні та достатні умови для ефективного вилучення з промивальної рідини феромагнітних частинок.

4. Методика і результати теоретичних та експериментальних досліджень характеристик систем на базі постійних магнітів придатні для використання при проектуванні магнітних ловильних пристроїв різного призначення та типорозмірів.

Література

1. Верников А. А. Магнитные и электромагнитные приспособления в металлообработке. – М.: Машиностроение, 1984. – 160 с.
2. Ю. А. Курников, И. Ф. Концур, М. Т. Кобылянский, Л. И. Романишин. Магнитные устройства для очистки скважин / – Львов: Выща шк., 1988. – 108 с.
3. Классен В. И. Омагничивание водных систем. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1982. – 296 с.

Надійшла 31.05.10

УДК 622.143: 622.24.051

Б. Н. Васюк, канд. техн. наук, **Г. Н. Викторов**,
Л. И. Ковалевская, канд. хим. наук, **Д. А. Харитонов**

Днепропетровское отделение УкрГГРИ, г. Днепропетровск, Украина

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ СКВАЖИН ЧЕРЕЗ СТАРЫЕ ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКА В УСЛОВИЯХ ДОНБАССА

Here is proposition of an improved drilling technology over the mining openings with widening and fixation of the rocks.

В условиях Донбасса с развитым комплексом угледобывающих шахт (как закрытых, так и действующих) бурение скважин различного целевого назначения: геологоразведочных, вентиляционных и пр. – зачастую производится по горному массиву, нарушенному горными выработками. Для процесса бурения в таких условиях характерны полное или частичное поглощение промывочной жидкости, обвалы горных пород, экстремальные динамические нагрузки на породоразрушающий инструмент, бурильную колонну и наземное буровое оборудование. В особо сложных случаях перебурить старую горную выработку не возможно.

При бурении через горные выработки проводятся тампонажные работы с использованием глиноцементных растворов или быстрохватывающихся смесей [1] для закрепления дезинтегрированной породы и заполнения пустот тампонажным камнем. Если тампонаж не обеспечивает необходимого результата, породы закрепляют обсадной колонной с выводом верхней ее части на поверхность земли или установлением ее «скрытно».