

УДК 622.242.6

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВИТРАТИ КЛАПАНА ПОРШНЕВОГО НАСОСА

*І.Д.Лівак, З.М.Одосій, С.С.Чаплінський*

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42353

e-mail: chaplin@ukr.net

*Рассматриваются экспериментальная установка для исследования клапанов поршневых насосов, методика проведения эксперимента и результаты эксперимента. Приведена схема, принцип работы установки и методика исследования коэффициента расхода клапана, а также результаты обработки экспериментальных данных. Сформулированы основные критерии, которые должны учитываться при исследовании работы клапанов поршневых насосов*

*The topic of consideration is the technique of conducting of experiment and results of experiment, experimental stand for research piston pump valves. The research describes the principle of work of stand and a technique of research factor of the valve crack, and also results of processing of experimental data. The basic results, which should be taken into account at research of work of piston pumps valves are formulated*

Необхідна точність визначення конструктивно-кінематичних параметрів клапанного вузла поршневого насоса значною мірою визначає форму вихідної математичної моделі. До останнього часу в багатьох випадках помилки у визначенні максимальної висоти підйому, швидкості посадки тарілки тощо вважалися допустимими в межах  $\pm 10-15\%$  від максимальних значень відповідних параметрів. Але з кожним роком зростають вимоги до точності розрахунків, які дають можливість обґрунтовано проводити зменшення ваги, габаритів, підвищення запасу міцності деталей клапанного вузла.

Отже, підвищення точності розрахунків математичної моделі з врахуванням нелінійностей із змінними коефіцієнтами на сьогодні є досить актуальною проблемою.

Одним з критеріїв, що характеризує конструкцію та умови роботи клапанів, є коефіцієнт витрати клапана  $\mu$ . Як відомо, на числове значення  $\mu$  впливає як конструкція клапана, геометрія гідравлічної частини, так і параметри рідини (густина, в'язкість).

Для розв'язання математичної моделі, яка описує рух тарілки клапана, необхідно мати емпіричну залежність коефіцієнта витрати від висоти підйому  $h$  тарілки клапана  $\mu = f(h)$ .

Тому метою наших досліджень було розроблення методики проведення експериментів, які б найбільш повно характеризували реальну роботу клапана, і на основі цих досліджень отримання коефіцієнта витрати для конструкції клапана №9, що використовується в буровому насосі УНБ-600А, а також підбір емпіричної залежності, що описує коефіцієнт витрати клапана  $\mu$  як змінної величини. При проведенні експериментальних досліджень використовувався клапан №9, приєднувальні розміри якого відповідають вимогам АРІ.

При дослідженні нових конструкцій клапанів та гідравлічних частин бурових насосів важливо ще на стадії проектування оцінити цей коефіцієнт як можна точніше та з меншими витратами. Після отримання числового значення

даного коефіцієнта стає можливим розв'язання математичної моделі руху тарілки клапана та отримання необхідних даних про роботу бурового насоса загалом з використанням лише одного експериментального чинника, а саме:

$$\mu = f(h).$$

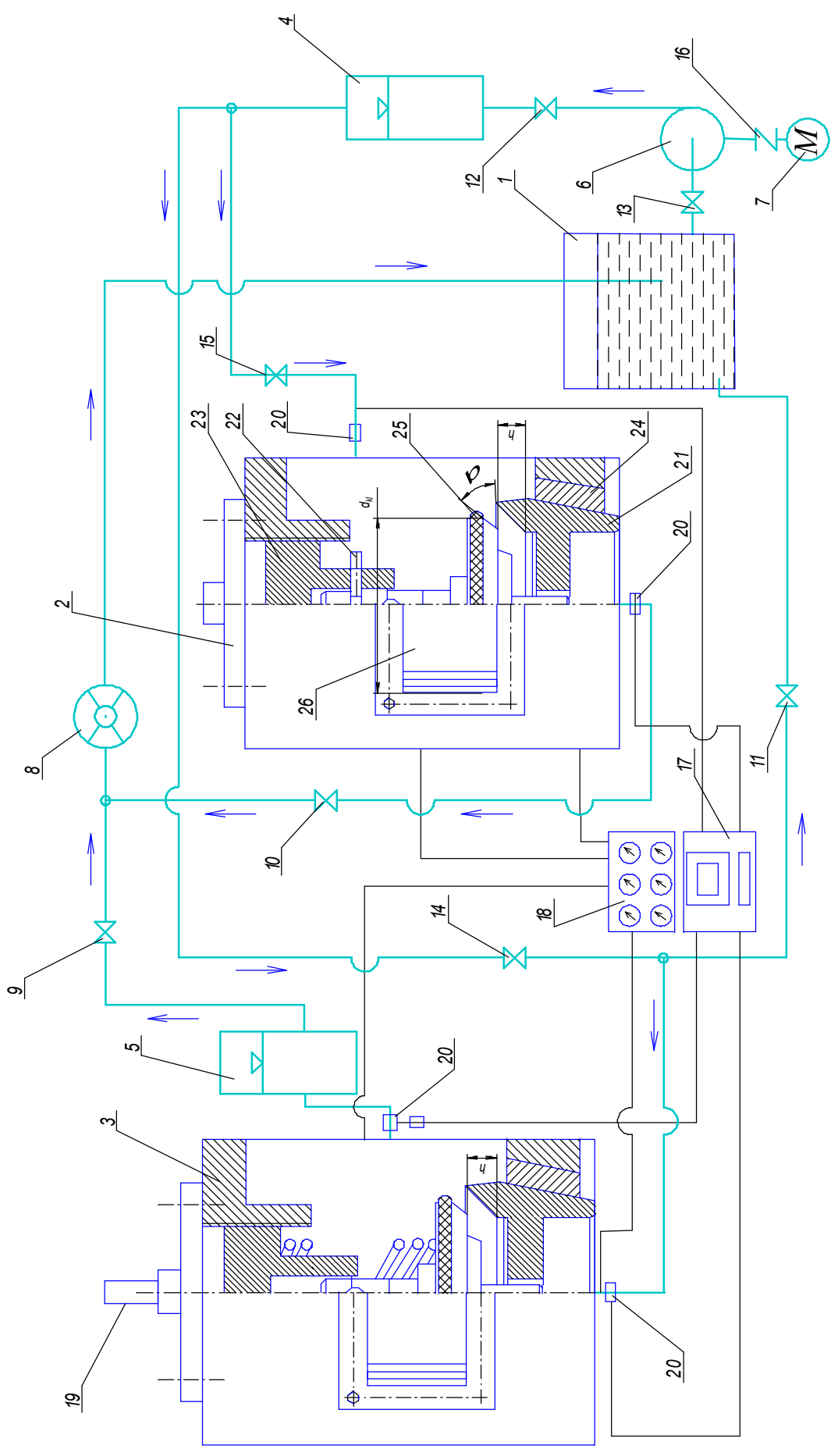
На даний час є чимало досліджень, присвячених знаходженню залежності  $\mu = f(h)$  [1, 2], але всі вони побудовані на реальному експерименті, що проводився для певних конструкцій клапанів; пропонується використовувати їх для клапанів подібних конструкцій. В [1, 4, 5] для розрахунку рекомендується приймати коефіцієнт витрати як постійну величину, рівну 0,6-0,8, а також те, що цей коефіцієнт завжди менший 1. Дані висновки суперечать експериментальним даним, тому що цей коефіцієнт є змінною величиною, оскільки залежить

від коефіцієнта опору  $\xi$ :  $\mu = \frac{1}{\sqrt{\xi}}$  [1, 6], а та-

кож може бути більшим 1 [3]. Існують також емпіричні залежності коефіцієнта витрати клапана  $\mu$  від безрозмірного параметра, що характеризує відношення площі клапана до площі щілини чи висоти підйому тарілки клапана над сідлом [1, 6]. Хоча в [1, 6] зазначено, що  $\mu = f(h)$ , і при розрахунку клапанів даний коефіцієнт приймається постійним для максимальної висоти.

При конструюванні нових клапанів використовують ці залежності за принципом подібності, хоча таке припущення є не зовсім правильне, оскільки коефіцієнт витрати залежить не тільки від геометрії самого клапана, а також не можна приймати даний коефіцієнт як постійну величину, оскільки тоді він не буде достовірно характеризувати умови роботи клапана.

Розбіжність результатів експериментальних досліджень  $\mu = f(h)$ , проведених нами, та [1, 2], зумовлена проведенням експериментів на відмінних режимах, конструкціях та при використанні неоднакових умов роботи цих клапанів.

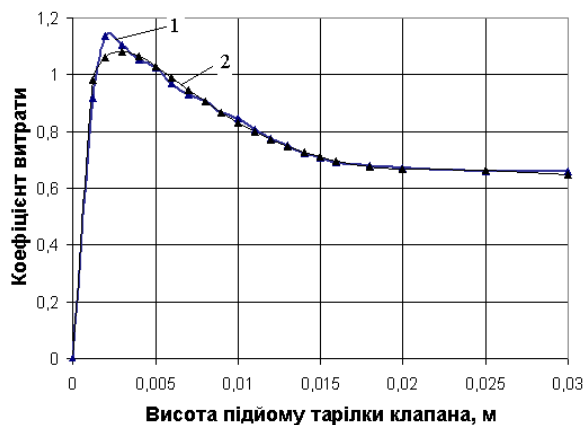


1 – резервуар з рідиною; 2 – клапанна коробка для дослідження зворотних перетоків; 3 – клапанна коробка для дослідження зворотних перетоків; 4 – клапанна коробка для дослідження зворотних перетоків; 5 – пневмокомпенсатор; 6 – відцентровий насос; 7 – електродвигун; 8 – водяний лічильник; 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 – засувки; 16 – муфта; 17 – пульт приладів (манометри, АЦП, комп'ютер, підсилювач); 18 – пульт приладів (манометри); 19 – індуктивний датчик переміщення; 20 – тензометричні датчики тиску; 21 – сідло; 22 – штифт; 23 – направляюча втулка; 24 – перехідна втулка; 25 – тарілка клапана; 26 – вікно

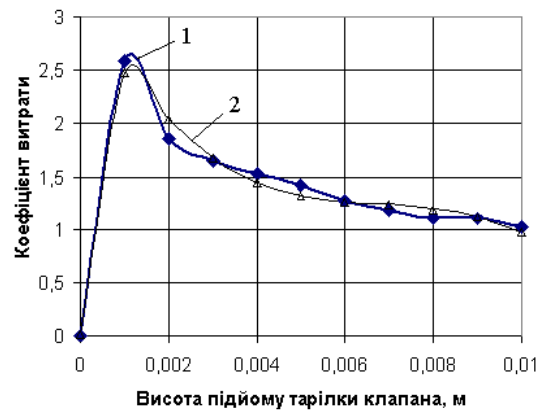
Рисунок 1 – Принципова схема установки для дослідження клапанів поршневого насоса

Таблиця 1 – Технічна характеристика установки УДК – 1М

Назва обладнання	Тип, характеристика
Водяний лічильник	ВТ-100
Відцентровий насос подача напір	6КМ-12 0,045м <sup>3</sup> /с 20 м. вод. ст
Електродвигун відцентрового насоса потужність частота обертання вала	A2-61-4M201 13 кВт 1500 хв <sup>-1</sup>



а



б

*а – при прямих перетоках, б – при зворотних перетоках  
1 – експериментальна залежність, 2 – емпірична залежність*

Рисунок 2 – Залежність коефіцієнта витрати  $\mu$  від висоти підйому тарілки клапана  $h$ 

Для дослідження поставлених завдань експерименту використовувалась модернізована установка УДК-1М, яка знаходиться на кафедрі нафтогазового обладнання ІФНТУНГ. На даній установці можна досліджувати коефіцієнт витрати як при прямих, так і при зворотних перетоках руху рідини в щілині клапанного вузла різноманітних конструкцій. Хоча зворотні перетоки і складають незначний проміжок часу руху тарілки клапана, та вони значно впливають на умову посадки і на кут запізнення посадки тарілки клапана.

Схема установки зображена на рисунку 1, технічна характеристика наведена в таблиці 1.

Принцип роботи установки такий.

При дослідженні прямих перетоків вільнопливаючого підпружиненого клапана рідина (в даному випадку вода), що знаходиться в резервуарі 1, за допомогою відцентрового насоса 6 подається через пневмокомпенсатор 4 до клапанної коробки 3, при цьому засувки 10, 11 та 15 закриті, а засувки 9, 13 та 14 повністю відкриті. Подача рідини регулюється за допомогою засувки 12. Після проходження рідини через клапанну коробку 3 вона проходить через пневмокомпенсатор 5 до зливного трубопроводу. Після проходження рідини через водяний

лічильник 8 рідина зливається знову в резервуар 1.

В процесі дослідження заміряється висота підйому тарілки клапана за допомогою індуктивних датчиків переміщення, розташованих в клапанній коробці (а також візуально за допомогою мірної лінійки), значення тиску над та під тарілкою клапана — за допомогою підключених манометрів (або тензометричних датчиків тиску). При цьому є можливим використовувати різноманітні конструкції клапанів шляхом заміни перехідної втулки 24.

При дослідженні зворотних перетоків використовується клапанна коробка 2. Рідина подається з резервуара 1 за допомогою відцентрового насоса 6 через пневмокомпенсатор 4. При цьому засувки 10 та 15 відкриті, а засувки 9, 11 та 14 повністю закриті. Подача рідини заміряється за допомогою водяного лічильника 8. Під час експерименту тиск вимірюється над та під тарілкою клапана за допомогою підключених манометрів (або тензометричних датчиків тиску). Тарілка клапана 25 в даному випадку жорстко закріплена на необхідній висоті від сидла 21 за допомогою штифта 22. Висота підйому клапана 25 регулюється шляхом обертання перехідної втулки 23.

Для виключення випадкових похибок експерименту дослідження повторювались декілька разів, значення вимірювальної величини приймалося як середнє.

Для визначення коефіцієнта витрати клапана використовувались такі формули:

$$\mu = \frac{Q}{f_2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho}}}, \quad (1)$$

де:  $Q$  – витрата рідини щілини клапана, м<sup>3</sup>/с;  
 $\Delta P = P_1 - P_2$  – перепад тиску на тарілці клапана,

$P_1, P_2$  – тиск під та над клапаном відповідно, Па;

$\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup> – густина води;

$f_2$  – площа щілини між тарілкою клапана та конічною поверхнею сідла, м<sup>2</sup>.

$$f_2 = \pi \cdot h \cdot d_{кл} \cdot \sin \beta \cdot \left(1 - \frac{\sin 2\beta}{2d_{кл}} \cdot h\right), \quad (2)$$

де:  $h$  – висота підйому тарілки клапана над сідлом, м;

$\beta$  – кут тарілки клапана (рис. 1),  $\beta = 40^\circ$ ;

$d_{кл}$  – середній діаметр клапана,

$d_{кл} = 0,1695$  м.

За результатами експериментальних даних побудовано графіки залежності коефіцієнта витрати від висоти підйому тарілки клапана при прямих (рис. 2, а) та зворотних (рис. 2, б) перетоках. На основі отриманих даних побудовані емпіричні залежності, які будуть використовуватись при розв'язанні математичної моделі руху тарілки клапана.

Таким чином, в результаті експериментальних досліджень отримано емпіричні залежності для коефіцієнтів витрати клапана  $\mu = f(h)$  як при прямих перетоках

$$\begin{aligned} \mu = & -0.004199429 - 704.03517 \cdot h^{1.5} + \\ & + 3179.4153 \cdot h^{2.5} - 0788.515 \cdot h^{2.5} + \\ & + 49.042128 \cdot h^{0.5}, \end{aligned}$$

(величина достовірності апроксимації 0,9898), так і при зворотних перетоках

$$\begin{aligned} \mu = & 0.0076213104 - 7670.6653 \cdot h + \\ & + 88005.705 \cdot h^{1.5} - 46970.31 \cdot h^2 + \\ & + 243.59175 \cdot h^{0.5} \end{aligned}$$

(величина достовірності апроксимації 0,9595).

### Висновки

1. Отримано експериментальні значення коефіцієнта витрати клапана при прямих та зворотних перетоках як змінної величини.

2. На основі експериментальних даних побудовані емпіричні залежності коефіцієнта витрати клапана від висоти підйому.

3. Отримані результати повною мірою характеризують особливості конструкції самодіючих клапанів та умов їх роботи і можуть бути використані при розв'язуванні математичної моделі руху тарілки клапана.

4. Апроксимація результатів проведена з достатньою для інженерних розрахунків точністю.


5. Дана методика проведення експерименту з визначення коефіцієнта витрати клапана може бути використана для дослідження клапанів інших конструкцій та типорозмірів.

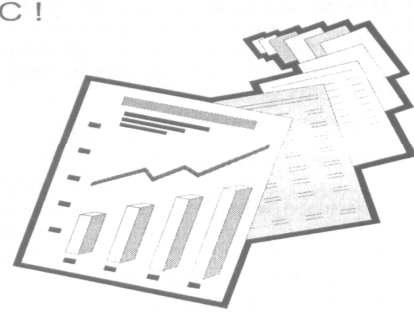
### Література

1. Караев М.А. Гидравлика буровых насосов. – М.: Недра. 1983. – 208 с.
2. Караев М.А., Мамедов А.В. Зависимости для определения гидравлических показателей клапана бурового насоса // Известие ВУЗов: Нефть и газ. – 1980. – № 6. – С. 45-47.
3. Верзилин О.И. Современные буровые насосы. – М.: Машиностроение, 1978. – 255 с.
4. Федорев В.О. Гидропривод и гидропневмоавтоматика. – К.: Высшая школа, 1987. – 375 с.
5. Башта Т.М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика. – М.: Машиностроение, 1972. – 408 с.
6. Чичеров Л.Г., Молчанов Г.В. и др. Расчет и конструирование нефтепромыслового оборудования. – М.: Недра, 1987. – 422 с.

МИ ЧЕКАЄМО НА ВАС !

МІСЦЕ  
ВАШОЇ  
РЕКЛАМИ





З питань виготовлення і розміщення реклами звертатися:  
 м. Івано-Франківськ, 76019, вул. Карпатська 15, ІФНТУНГ,  
 Редакція журналу "Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ",  
 тел.: (03422) 42002, тел./факс: (03422) 42139,  
 ел. пошта: rozvidka@ifdtung.if.ua