

УДК 621.22

## ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВТРАТ НА ТЕРТЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАБІРИНТНО-ГВИНТОВОГО НАСОСА

Лебедев А.Ю., асп.\*

*Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”*

Тел. (057) 707–61–28

**Анотація** – в статті наведено аналітичну залежність для розрахунку коефіцієнта втрат на тертя при турбулентному русі робочої рідини, який враховує форму каналу. Використання цієї залежності дозволить підвищити точність розрахунку робочої характеристики лабіринтно-гвинтового насоса.

**Ключові слова** – коефіцієнт втрат, режим течії, робоча рідина, форма каналу, коефіцієнт форми.

*Постановка проблеми.* Розвиток хімічної промисловості та нафтовидобутку тісно пов'язаний з використанням лабіринтно-гвинтових насосів, робота яких основана на використанні турбулентного тертя, параметри якого залежать від форми проточної частини насоса, а саме форми гвинтової канавки утвореної виступами втулки та западинами гвинта. На сьогодні турбулентна течія в проточній частині таких насосів недостатньо вивчена і потребує проведення подальших досліджень. В розробленій нами інтегральній методиці розрахунку робочої характеристики лабіринтно-гвинтового насоса використовується коефіцієнт гідравлічного тертя в гвинтовій канавці  $\lambda$ . На сьогодні аналітичної залежності для визначення коефіцієнта гідравлічного тертя  $\lambda$ , яка б одночасно враховувала режим течії рідини та форму каналу, не існує. Тому, отримання такої залежності є актуальною науково-технічною задачею, це дозволить підвищити точність розрахунку робочої характеристики лабіринтно-гвинтового насоса.

*Мета роботи.* Отримання аналітичної залежності для визначення коефіцієнта гідравлічного тертя  $\lambda$  в канавці лабіринтно-гвинтового насоса, яка б одночасно враховувала режим течії в ній та її форму.

---

© асп. А.Ю. Лебедев.

\*Науковий керівник – д.т.н. П.М.Андренко

*Аналіз останніх досліджень.* Аналітичні залежності для визначення коефіцієнта гідравлічного тертя  $\lambda$  для течії робочої рідини в круглій трубі у залежності від режиму її течії (числа Re) наведено в достатньо великій кількості робіт, наприклад [1, 2] та інших. Так, в роботі [3], будь-яку форму каналу рекомендується враховувати гідравлічний радіус або гідравлічний діаметр при розрахунку втрат за формулою Дарсі-Вейсбаха. В роботі [4] для врахування форми каналу при розрахунку втрат запропоновано вводити коефіцієнт  $A$ . Робота [1] поєднує два вищезгаданих підходи. В ній пропонується враховувати форму каналу, в якому рухається робоча рідина, числом Рейнольдса та еквівалентним діаметром. Втрати напору, в роботі [1], розраховують за формулою Дарсі з використанням гідравлічного радіусу та перерахованого числа Рейнольдса.

В роботі [5], присвяченій розгляду течії рідини в гвинтоканавочних ущільненнях, наведено формулу для розрахунку витрати в прямокутній гвинтовій канавці в залежності від відношення її сторін. Однак наведена формула не може бути цілком використана при розрахунку втрат на тертя в гвинтовій канавці лабіринтно-гвинтового насоса, так як її використання обмежено ламінарним режимом течії робочої рідини та прямокутною формою гвинтової канавки.

В роботі [6] наведена велика кількість експериментальних характеристик для різних форм гвинтових каналів лабіринтно-гвинтового насоса, проте в ній відсутні аналітичні залежності для розрахунку коефіцієнта гідравлічного тертя, які б враховували форму каналу та відсутні рекомендації щодо вибору її раціональної форми. Проведений аналіз літературних джерел дозволив встановити, що немає аналітичних залежностей для розрахунку коефіцієнта гідравлічного тертя  $\lambda$ , які б одночасно враховували режим течії робочої рідини та форму каналу.

*Основна частина.* У загальному випадку коефіцієнт гідравлічного тертя  $\lambda$  суттєвим чином залежить від характеру течії робочої рідини. Причому, при неусталеній турбулентній течії рідини ця задача на сьогодні не вирішена. Зазвичай, в таких випадках, для розрахунку гідравлічних втрат приймають припущення, які дозволяють розглядати процес як квазіусталений. Проведений нами аналіз робочого процесу лабіринтно-гвинтового насоса дозволив встановити, що пульсації витрати та тиску в ньому не суттєві (на порядок менші ніж у всіх існуючих насосах). Це дає підставу розглядати турбулентну течію в канавці насоса як стаціонарну. Правомірність такого підходу нами також обґрунтовано за методикою з роботи [7].

Зазначимо, що значення коефіцієнтів форми для розрахунку коефіцієнта гідравлічного тертя при ламінарному режиму течії робочої рідини, з роботи [1], наведені в табл.1.

Використовували наближену формулу, отриману А.Д. Альтшулем, для турбулентної течії робочої рідини в трубі круглого перетину, яка дозволяє достатньо докладно розрахувати коефіцієнт гідравлічного тертя в усіх турбулентних зонах [2]

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{\Delta}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}, \quad (1)$$

де  $\Delta$  – середня висота виступу шорсткості;  $d$  – діаметр трубопроводу;  $\text{Re}$  – число Рейнольдса.

Виразали діаметр трубопроводу через гідравлічний радіус ( $d = 4R_r$ ) та розраховували число Рейнольдса по гідравлічному радіусу

$$\text{Re} = \frac{4vR_r}{\nu_t},$$

де  $v$  – швидкість руху робочої рідини в каналі;  $\nu_t$  – кінематична в'язкість робочої рідини.

Значення коефіцієнтів тертя для ламінарного режиму течії в залежності від форми каналу відомі. Коефіцієнти гідравлічного тертя  $\lambda$  для турбулентного режиму течії для різних форм каналу знаходили з пропорції, прирівнюючи відоме відношення коефіцієнта тертя ламінарного режиму к турбулентному для каналу круглої форми відповідному співвідношенню для каналів іншої форми. Отримані коефіцієнти форми тертя наведені в таблиці.

Таблиця 1. Значення коефіцієнтів форми

Форма	Коефіцієнти форми, режим течії	
	Ламінарний, $A$	Турбулентний, $K$
Круг діаметром $d$	64	0,11
Квадрат зі стороною $a$	57	0,098
Рівносторонній трикутник зі стороною $a$	53	0,091
Прямокутник с співвідношенням сторін $a/b =$	85	0,15
	76	0,13
	73	0,12
	69	0,118
	62	0,10

Коефіцієнти гідравлічного тертя для ламінарного режиму течії розраховували за формулою [2]

$$\lambda = \frac{A}{\text{Re}}, \quad (2)$$

де  $A$  – коефіцієнт форми для ламінарного руху робочої рідини (див. табл. 1).

Коефіцієнти гідравлічного тертя для турбулентного режиму течії визначали за формулою

$$\lambda = K \left( \frac{\Delta}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}, \quad (3)$$

де  $K$  – коефіцієнт форми для турбулентного руху робочої рідини (див. табл. 1).

Таким чином, отримана залежність (3) дозволяє визначити коефіцієнт тертя при турбулентному руху робочої рідини для різних форм каналів. Використання формули (3) в розрахунку робочої характеристики лабіринтно-гвинтового насоса підвищує її точність.

*Висновки.* Отримана аналітична залежність для розрахунку втрат на тертя в каналі лабіринтно-гвинтового насоса при турбулентній течії в ній, яка враховує форму каналу. Вона носить універсальний характер та може бути використана для розрахунку втрат на тертя в будь-яких гідравлічних пристроях. Її використання дозволить значно підвищити точність розрахунку.

#### Литература

1. *Альтшуль А.Д.* Гидравлика и аэродинамика / *А.Д. Альтшуль, П.Г. Киселев.* – М.: Стройиздат, 1975. – 323 с.
2. *Емцев Б.Т.* Техническая гидромеханика / *Б.Т. Емцев.* – М.: Машиностроение, 1987. – 440 с.
3. *Финкельштейн З. Л.* Гидравлика и гидропривод (краткий курс) / *З.Л.Финкельштейн, В.Г.Чебан* – Алчевск: ДГМИ, 2001. – 164 с.
4. *Кириллов П.Л.* Справочник по теплогидравлическим расчетам / *П.Л.Кириллов, Ю.С.Юрьев, В.П.Бобков* – М.: Энергоиздат, 1990. 360 с.
5. *Макаров Г.В.* Уплотнительные устройства. – 2 изд. / *Г.В.Макаров.* – Л.: Машиностроение, 1973 – 232 с.
6. *Голубев А.И.* Лабиринтно-винтовые насосы и уплотнения для агрессивных сред. – 2 изд. / *А.И.Голубев.* – М.: Машиностроение, 1981 – 112 с.
7. *Попов Д.Н.* Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем : [учебник для вузов] / *Д.Н. Попов.* – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Машиностроение, 1987. – 464 с.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОТЕРЬ НА ТРЕНИЕ  
ДЛЯ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАБИРИНТНО-  
ВИНТОВОГО НАСОСА**

Лебедев А.Ю.

*Аннотация* – в статье приведена аналитическая зависимость для расчета коэффициента потерь на трение при турбулентном движении рабочей жидкости, которая учитывает форму канала. Использование этой зависимости позволит повысить точность расчета характеристики лабиринтно-винтового насоса.

**DEFINITION OF FACTOR OF LOSSES ON THE FRICTION  
FOR DEFINITION OF THE CHARACTERISTIC OF THE  
LABIRINTNO-SCREW PUMP**

A. Lebedev

*Summary*

In article analytical dependence for calculation of factor of losses on a friction is resulted at a whirl of a working liquid which considers the channel form. Use of this зависимости allows to raise accuracy of calculation of the characteristic of the labirintno-screw pump.