

УДК 621.22+621.67+62.001.57

MATHEMATICAL MODELING OF MECHANICAL LOSSES AND DETERMINATION OF THE FUNCTIONING EFFICIENCY OF CENTRIFUGAL PUMPS**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ВТРАТ І ВИЗНАЧЕННЯ ККД ФУНКЦІОНУВАННЯ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ****Nahirnyi P.I / Нагірний П.І.***master***Nykolyn P.M. / Николин П.М.**<https://orcid.org/0000-0003-1453-8445>**Nykolyn U.M. / Николин У.М.***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц*<https://orcid.org/0000-0001-9111-1280>*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (IFNTUOG),**Ivano-Frankivsk Karpatska 15, 76019**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,**Івано-Франківськ, Карпатська, 15, 76019*

Анотація. Створено математичну модель механічних втрат у відцентровому насосі, Удосконалено математичну модель відцентрового насосного агрегату нафтопроводів, визначено енергетичні показники за його комплексними параметрами, отримано характеристики ефективності енергоперетворення для магістрального відцентрового агрегата НМ-2500-230

Ключові слова: відцентровий насос, математична модель, ефективність, механічний опір, потужність, подача, напір

Abstract. A mathematical model of mechanical losses in a centrifugal pump was created, a mathematical model of a centrifugal pump unit of oil pipelines was improved, energy indicators were determined according to its complex parameters, and energy conversion efficiency characteristics were obtained for the main centrifugal unit NM-2500-230

Keywords: centrifugal pump, mathematical model, efficiency, mechanical resistance, power, supply, pressure

Вступ.

Обладнання нафтової промисловості на сьогоднішній день є одним із найбільш енергоємних. Для видобутку, транспортування та переробки нафти використовують електропривідні відцентрові насосні агрегати (ЕВНА). Потужності таких агрегатів іноді досягають кількох мегават. Багато хто з них працює в тривалому режимі роботи. Коефіцієнт використання настановної потужності становить 0.9-0.95. Більшість нафтового устаткування має електричний привід. Загальна вартість електроенергії, що споживається, приводами відцентрових насосів за повний період експлуатації на багато перевищує вартість ЕВНА. Ціни на електричну енергію у всьому світі мають тенденцію до зростання з кожним роком. У зв'язку з цим зростають вимоги ефективності експлуатації агрегатів. На жаль, ще багато насосних агрегатів (НА) працюють із низькою ефективністю. Коефіцієнт корисної дії (ККД) дає найповнішу інформацію про ефективність роботи кожного енергетичного об'єкта. Відсутність інформації дійсного ККД енергоустановки дає великі похибки в оцінці реального стану енергетичних втрат ЕВНА. Відобразити весь

спектр енергетичних перетворень у насосному агрегаті можливо через його адекватну модель, яка вкаже напрямок підвищення ефективності роботи електрогідравлічного механізму в цілому.

Основний текст.

У літературі [1] була представлена математична модель НА, яка ґрунтується на принципі електрогідравлічної аналогії. Тут добре змодельовані об'ємні та напірні втрати. Але механічні втрати були прийняті постійними, що не відповідає дійсності. Таке спрощення можливе лише для номінального та близьких до нього режимів роботи НА. Багато агрегатів, через падіння видобутку нафти чи інших причин, працюють у недовантаженому режимі. Виходячи з цього, можна сказати, що застосування постійного числа механічних втрат у цих режимах дасть істотну похибку при розрахунку їх енергетичних характеристик. У цій роботі подальші дослідження базуються на підставі комплексної схеми заміщення, яка представлена у вигляді пасивного чотириполосника [2]. Механічні втрати, що відображають втрати у підшипниках, сальниках та дискового тертя, у цій схемі представлені у вигляді комплексного опору, який має активно-інерційний характер:

$$\underline{Z}_{mex} = r_{mex} + jx_{mex}, \quad (1)$$

Где r_{mex}, x_{mex} – активний (дисипативний) та інерційний опір для моделювання механічних втрат НА. Інерційний опір у разі має визначальне значення всього комплексного опору гілки механічних втрат. Таке уявлення відповідає дійсності, оскільки тертя відображає дисипацію енергії. Тому гілка механічних втрат має активний характер. Що стосується сталості цього опору, воно залежить від режиму роботи, так як при збільшенні навантаження збільшуються дискові і сальникові тертя, осьові навантаження. На підставі досліджень представлена математична модель гілки механічних втрат відцентрового насоса [3]

$$R_{mex} = \left(R_{mex}^{ном} \right)^Q, \quad (2)$$

де $R_{mex}^{ном}$ значення механічного опору при номінальному режимі роботи насоса; Q – значення подачі насоса.

В результаті розрахунків були отримані залежності механічного ККД

$$\eta_{mex} = 1 - \frac{I}{1 + \frac{S_{пол}}{S_{mex}}}, \quad (3)$$

де $S_{пол}, S_{mex}$ – корисна потужність та потужність механічних втрат. Потужність механічних втрат визначається виразом

$$S_{mex} = \frac{H_{рез}^2}{R_{mex}}, \quad (4)$$

де $H_{рез}$ - результуючий натиск у комплексній схемі заміщення НА.

Сумарний ККД ЕВНА розраховується за формулою

$$\eta_{\Sigma} = \eta_o \eta_e \eta_{mex}, \quad (5)$$

де η_o , η_z , η_{mex} – об'ємний, гідравлічний та механічний ККД.

Отримані залежності порівнюємо з результатами ефективності двох математичних моделей (формула 3, 4) [4] та паспортною характеристикою ефективності ЕВНА заводу-виробника (рис.1)

$$\eta_1 = \eta_{max} \left[2 \frac{Q}{Q_{ном}} - \left(\frac{Q}{Q_{ном}} \right)^2 \right], \quad (6)$$

$$\eta_2 = c_1 Q + c_2 Q^2, \quad (7)$$

де η_{max} – максимальний ККД насоса при номінальному режимі роботи; $Q_{ном}, Q$ - номінальна та вільна подача відцентрового насоса; c_1, c_2 - Коефіцієнти математичних моделей.

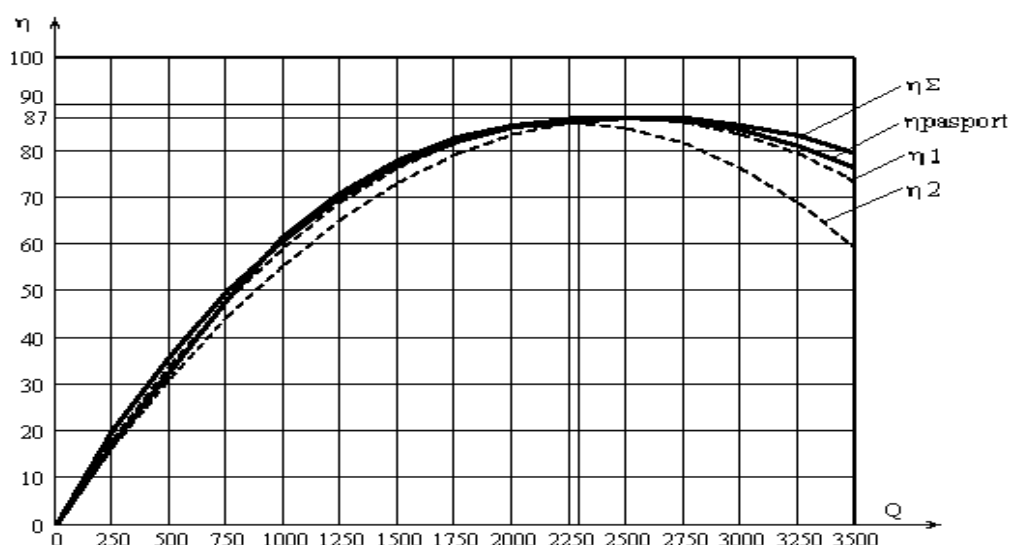


Рисунок 1 - Залежність сумарного ККД та його складових від подачі для магістрального насосу НМ-2500-230

У роботі [5] приймається постійним механічний ККД, оскільки він майже не змінює свого значення за зміни навантаження насоса. Розрахунки показують, що це негаразд. Механічний ККД сильно змінюється при зменшенні навантаження НА.

Висновки.

Математична модель механічних втрат є адекватною, оскільки має гарну збіжність із паспортними даними. Надалі необхідно встановити залежність механічного опору конструктивних параметрів ЕВНА.

Література:

1. Костишин В.С. Моделювання режимів роботи відцентрових насосів на основі електрогідравлічної аналогії – Івано-Франківськ: Факел. 2000. - 163с.
2. Костишин В.С., Николин П.М. Представлення відцентрового насоса у вигляді чотириполосника. Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ. №3-Івано-Франківськ: 2006. -с.76-80.
3. Костишин В.С., Ніколін П.М. Енергоефективність відцентрових

агрегатів магістральних нафтопроводів. Нафтогазова енергетика. - №1 (12). Івано-Франківськ: 2010. -с.58-61.

4. Якимів Й.В. Типові технологічні розрахунки трубопроводного транспорту нафти та нафтопродуктів – Івано-Франківськ: Смолоскип. 2006.- 366с.

5. Сулейманов Р.М., Галеев А.С., Бікбулатова Г.І. Ефективність роботи насосних агрегатів - Уфа: Вид-во УГНТУ. 2004. – 100с.

Стаття відправлена: 16.01.2024 р.

© Николин П.М.