

## ЗОНА РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕРЛІФТА

Стегнієнко А.П., канд. техн. наук

Донецький національний технічний університет

*На основі аналітичного дослідження експлуатаційних характеристик виділена зона режимів роботи ерліфта, яким притаманні найбільші значення коефіцієнта корисної дії*

*On the basis of analytical research of operational characteristics the of work conditions of air-lift is picked out, which are characterised by maximum efficiency*

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами.** В умовах промислового виробництва ерліфті установки найчастіше використовують як ланку технологічної гідротранспортної низки, в якій зміна виробності однієї з ланок (внаслідок нерівномірності, коливань навантаження чи інших причин) неминуче веде до необхідності відповідного корегування режиму роботи решти ланок з тим, щоб виключити недоцільні витрати енергії, транспортованого матеріалу або аварійну зупинку технологічного процесу.

**Задача дослідження.** Оскільки ерліфт є доволі енергоємним об'єктом, то при його експлуатації треба використати енергію стислого повітря з максимальною ефективністю. При практичному вирішенні даної задачі важливе значення набуває наявність зони експлуатаційних режимів ерліфта, яким притаманний відносний мінімум витрат енергії на гідротранспортування одиниці маси пульпи. При визначенні меж цієї зони як критерій ефективності гідравлічного режиму ерліфта був прийнятий його коефіцієнт корисної дії (ККД).

**Викладення матеріалу та результати.** Як відомо [1], безрозмірна розхідна характеристика ерліфта у нормалізованих масштабах виробності  $\bar{Q}_3$  і розходу стислого повітря  $\bar{Q}_6$  з достатньою для практичних розрахунків точністю описується рівнянням дуги кола:

$$\bar{Q}_3 = \sqrt{2 - (2 - \bar{Q}_6)^2}. \quad (1)$$

Приведемо залежність (1) до виду  $\bar{\eta}_3 = f(\bar{Q}_6)$ ,

де

$$\bar{\eta}_э = \frac{\eta_э}{\eta_{э.\max}}, \quad (2)$$

$\bar{\eta}_э$  - відносне значення ККД, яке відповідає довільному режиму ерліфта;

$\eta_э$  - поточне значення ККД ерліфта, що відповідає даному довільному режиму його роботи;

$\eta_{э.\max}$  - максимальний ККД ерліфта (відповідає оптимальному режиму, при якому питомий розхід енергії на гідропідйом мінімальний).

Для визначення  $\eta_э$  використаємо наступний вираз:

$$\eta_э = \frac{\rho g Q_э H}{A_{из} Q_в}, \quad (3)$$

де  $Q_э$  - виробність ерліфта, м<sup>3</sup>/с;

$H$  - висота підйому пульпи, м;

$\rho$  - густина пульпи, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$A_{из}$  - питома робота при ізотермічному розширенні 1 м<sup>3</sup> стислого повітря, Нм/м<sup>3</sup>;

$Q_в$  - розхід стислого повітря, м<sup>3</sup>/с.

Для кожного конкретного ерліфта величини  $H$ ,  $\rho$ ,  $A_{из}$  у робочому діапазоні експлуатаційних режимів, які відповідають даному відносному зануренню, можна вважати сталими. Це є тим більше обґрунтованим, чим менше відрізняються відносні втрати тиску на подолання опору приймального трубопроводу при роботі ерліфта на межах робочого діапазону режимів.

Таким чином, із (3) ККД ерліфта на будь-якому режимі визначається, в основному, співвідношенням  $Q_э$  і  $Q_в$ . Аналогічно  $\eta_{э.\max}$  визначається співвідношенням відповідно виробності  $Q_{э.\text{opt}}$  ерліфта і розходу  $Q_{в.\text{opt}}$  стислого повітря на оптимальному режимі роботи. Тоді, з урахуванням (3), вираз (2) буде мати вигляд

$$\bar{\eta}_э = \frac{Q_э Q_{в.\text{opt}}}{Q_в Q_{э.\text{opt}}},$$

або, приймаючи до уваги, що

$$\frac{Q_э}{Q_{э.\text{opt}}} = \bar{Q}_э \quad \text{та} \quad \frac{Q_в}{Q_{в.\text{opt}}} = \bar{Q}_в,$$

остаточно одержимо ККД  $\bar{\eta}_э$  ерліфта в наступній формі

$$\bar{\eta}_g = \frac{\bar{Q}_g}{Q_g} \quad (4)$$

Підставляючи (1) в (4) і виконавши нескладні перетворення, маємо

$$\bar{\eta}_g = \frac{\sqrt{4\bar{Q}_g - \bar{Q}_g^2} - 2}{\bar{Q}_g} \quad (5)$$

Після дослідження функції (5) на екстремум неважко переконались, що

$$\frac{d\bar{\eta}_g}{d\bar{Q}_g} = 0, \quad \frac{d^2\bar{\eta}_g}{d\bar{Q}_g^2} < 0 \quad \text{при} \quad \bar{Q}_g = 1,$$

тобто функція  $\bar{\eta}_g = f(\bar{Q}_g)$  має максимум і згідно з (5)  $\bar{\eta}_g = 1$  при  $\bar{Q}_g = 1$ .

Оскільки ерліфт належить до групи динамічних насосів тертя [2], то зону його раціональних режимів роботи будемо визначати за умови промислового використання насосів, яку запишемо у вигляді нерівності

$$\eta_g \geq 0,85\eta_{g,\max}$$

Таким чином, для визначення меж експлуатаційної зони ефективних режимів ерліфта необхідно знайти точки перетину кривої (5) з прямою  $\bar{\eta}_g = 0,85$ .

Сумісне вирішення цих залежностей призводить до квадратного рівняння

$$\bar{Q}_g^2 - 2,32\bar{Q}_g + 1,16 = 0. \quad (6)$$

Корені цього рівняння відповідно дорівнюють

$$\bar{Q}_{g1} = 1,59 \quad \text{і} \quad \bar{Q}_{g2} = 0,73,$$

тобто зона ефективних режимів ерліфта по розходу повітря знаходиться у діапазоні

$$0,73Q_{g,opt} \leq Q_g \leq 1,59Q_{g,opt}$$

Після підстановки значень коренів в рівняння (1) отримаємо межові значення зони раціональних режимів по виробності ерліфта

$$0,62 \leq \bar{Q}_g \leq 1,35. \quad (7)$$

Умова (7) охоплює поле оптимальних по ККД режимів роботи ерліфтного гідропідйому, при яких забезпечується мінімум енерговитрат на гідротранспортування одиниці гірничої маси. Стійкість гідравлічного режиму транспортування забезпечується належним вибором

геометричних розмірів елементів та вузлів ерліфта. Разом з тим, як показує практика експлуатації ерліфтних гідропідйомів, гідравлічні режими у дооптимальній області розхідних характеристик, обумовлених межами

$$0,62Q_{э,opt} < Q_{э} < Q_{э,opt} \text{ і } 0,73Q_{в,opt} < Q_{в} < Q_{в,opt} \quad (8)$$

не використовуються як основні робочі режими, оскільки мають знижену виробність і супроводжуються значними коливаннями транспортного середовища. Ці коливання розповсюджуються в гідропневматичних комунікаціях ерліфтної установки, визначають динамічні навантаження на всі елементи аж до агрегатів компресорної станції. Тому, в даному випадку, ці режими передбачаються у робочій зоні оскільки, остільки в процесі експлуатації гідропідйому виникають вимушені технологічні ситуації (наприклад, несподіване відключення одного або кількох компресорів та інше), коли необхідно тимчасово забезпечити стійкий режим у дооптимальній зоні і тим самим не допустити забутовки приймального вузла гідропідйому.

**Висновки та напрями подальших досліджень.** Зважаючи на викладене, при експлуатації ерліфтних установок, походючи з міркувань економічності, режими роботи ерліфта слід вибирати у відповідності з умовою (7), віддаючи перевагу режимам у діапазоні

$$Q_{э,opt} \leq Q_{э} \leq 1,35Q_{э,opt} \quad (9)$$

Оскільки при зрушенні гідравлічних режимів ерліфта по розхідній характеристиці в бік  $\bar{Q}_э > 1$  амплітуда коливань зменшується, то на стадії проектування ерліфтних установок, враховуючи таку тенденцію динаміки процесів, рекомендується приймати за основний робочий режим на 15-17% вище оптимального.

Список джерел.

1. Гейер В.Г., Логвинов Н.Г. О свойствах безразмерных характеристик эрлифтов. – В сб.: «Разработка месторождений полезных ископаемых», вып. 31, Техніка, Киев, 1973. – с.51-56.
2. Гейер В.Г. и др. Эрлифтные установки (учебное пособие). Межвуз. полиграфпредпр. при ДПИ. Донецк, 1982. – 63с.

Дата поступления статьи в редакцию: 18.10.06