

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ВЕРСТАТІВ-ГОЙДАЛОК

Б.Д.Малько, В.Я.Попович, В.Р.Харун, В.О.Кварцяний

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42342,

e-mail: public@nuing.edu.ua

*Исследовано ефективність загрузки электродвигателей привода станков-качалок, использующихся на нефтедобывающих предприятиях Западной Украины. Авторами предложена формула для определения необходимой мощности электродвигателя.*

*The investigation of loading mode of electric drives for pumping units which are used in oil production enterprises of the Western Ukraine was done. Authors proposed the equation for required engine power calculation.*

Потужність, яку споживає електродвигун верстата-гойдалки, витрачається на виконання корисної роботи з підймання рідини на поверхню і на подолання втрат потужності в наземному і підземному обладнанні. Визначити необхідну потужність, яку споживає електродвигун, можна двома методами.

Перший метод полягає у послідовному розрахунку всіх складових балансу споживаної потужності за формулами, які враховують реальні умови роботи штангової установки і її механізмів. Повна потужність, яку витрачає електродвигун [1, 2]

$$P_{\text{дв}}^H = \frac{1}{\eta_{\text{вк}} \eta_{\text{д}}} \times \left( \frac{P_{\text{к}}}{\eta_{\text{внт}}} + P_{\text{кл}} + P_{\text{тер.м}} + P_{\text{тер.г}} + P_{\text{тер.пл}} \right), \quad (1)$$

де:  $P_{\text{к}}$  – корисна потужність, витрачена на підймання рідини;  $P_{\text{кл}}, P_{\text{тер.м}}, P_{\text{тер.г}}, P_{\text{тер.пл}}$  – потужності, витрачені відповідно на гідравлічний опір у клапанах, механічне тертя штанг по насосно-компресорних трубах, гідравлічне тертя штанг, тертя плунжера в циліндрі, Вт;  $\eta_{\text{вк}}, \eta_{\text{д}}$  – коефіцієнти корисної дії механізмів верстата-гойдалки та електродвигуна;  $\eta_{\text{внт}}$  – коефіцієнт, що характеризує втрату потужності, зумовлену витіканням рідини.

Другий метод визначення необхідної потужності електродвигуна полягає у використанні емпіричних формул, запропонованих окремими авторами і науково-дослідними організаціями. Найбільше поширення отримали формули [2, 3, 4]:

– АЗНДІ (Д. В. Єфремова):

$$P_{\text{дв}}^H = 0,4 \cdot \pi \cdot D_{\text{пл}}^2 \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot H \times \left( \frac{1 - \eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{вк}}}{\eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{вк}}} + \alpha \right) \cdot K_{\text{зр}}, \quad (2)$$

де:  $D_{\text{пл}}$  – діаметр плунжера, м;  $S$  – довжина ходу полірованого штоку, м;  $n$  – кількість подвійних ходів за хвилину;  $\rho$  – густина рідини, кг/м<sup>3</sup>;  $H$  – висота підймання рідини, м;  $\eta_{\text{н}}, \eta_{\text{вк}}$  –

ККД занурювального насоса і верстата-гойдалки;  $\alpha$  – коефіцієнт подачі насосної установки;  $K_{\text{зр}}$  – коефіцієнт ступеня зрівноваження верстата-гойдалки;

– АЗІНМАШа (П. А. Іванкова):

$$P_{\text{дв}}^H = 1,5 \cdot K_o \cdot K_a \cdot Q_T \cdot H \cdot 10^4 + P_o, \quad (3)$$

де:  $K_o$  – відносний коефіцієнт форми кривої крутного моменту на валу електродвигуна;  $K_a$  – коефіцієнт, який враховує деформації штанг і труб;  $Q_T$  – теоретична продуктивність насоса, т/добу;  $P_o$  – постійна втрата потужності верстата-гойдалки, Вт;

– Азербайджанського індустріального інституту (АЗІІ):

$$P_{\text{II}} = \frac{n}{\eta_{\text{вк}}} (K_1 + 10 \cdot K_2 \cdot G_p \cdot S), \quad (4)$$

де:  $K_1$  – коефіцієнт, що залежить від типу верстата-гойдалки;  $K_2$  – коефіцієнт, що залежить від режиму роботи верстата-гойдалки;  $G_p$  – вага стовпа рідини, кН.

Розрахунки, виконані за формулами (2 – 4), дають значну розбіжність кінцевих результатів. Для підтвердження цього проведено розрахунок необхідної потужності двигуна для таких вхідних даних:

- 1) тип верстата-гойдалки – СКН5;
- 2) діаметр плунжера насоса  $D_{\text{пл}} = 43$  мм;
- 3) висота підйому рідини  $H = 950$  м;
- 4) глибина спуску насоса  $L = 1000$  м;
- 5) дебіт свердловини  $Q = 31,5$  т/добу;
- 6) густина рідини  $\gamma = 900$  кг/м<sup>3</sup>;
- 7) довжина ходу полірованого штоку  $S = 1,8$  м;
- 8) кількість подвійних ходів за хвилину  $n = 12$ ;
- 9) діаметр насосних труб  $d_m = 50$  мм;
- 10) діаметр насосних штанг  $d_{\text{ш}} = 19$  мм.

За формулою (1) отримали значення

$$P_{\text{дв}}^H = 5,35 \text{ кВт}.$$

За формулою Єфремова Д.В.

$$P_{\text{дв}}^H = 5,9 \text{ кВт}.$$

За формулою АЗІНМАШа (П.А.Іванкова)

$$P_{\text{дв}}^H = 7,9 \text{ кВт}.$$

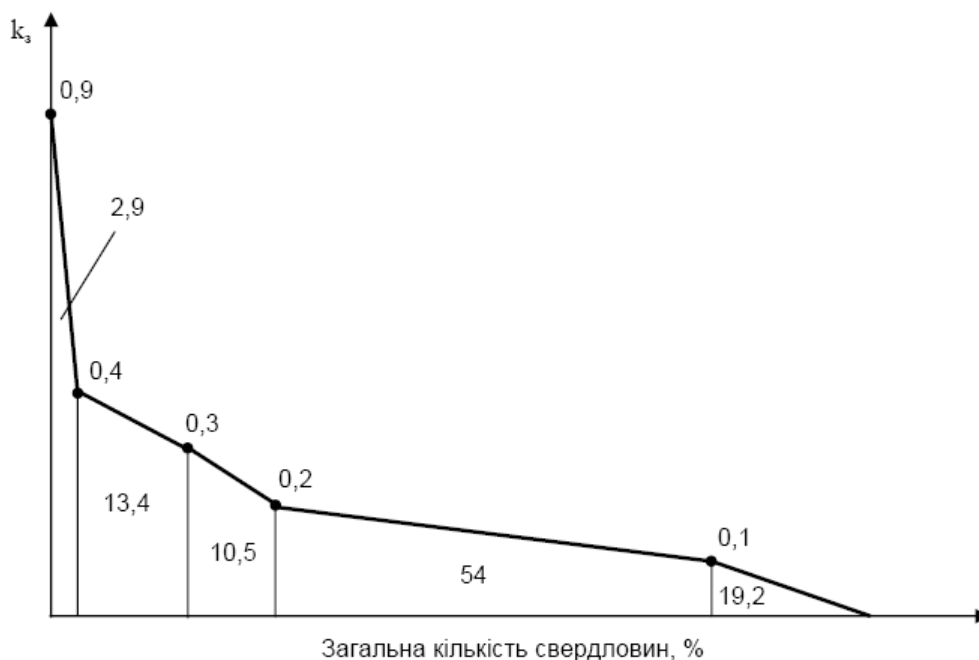


Рисунок 1 — Діаграма завантаження електродвигуна привода верстатів-гойдалок типу UP-12Т

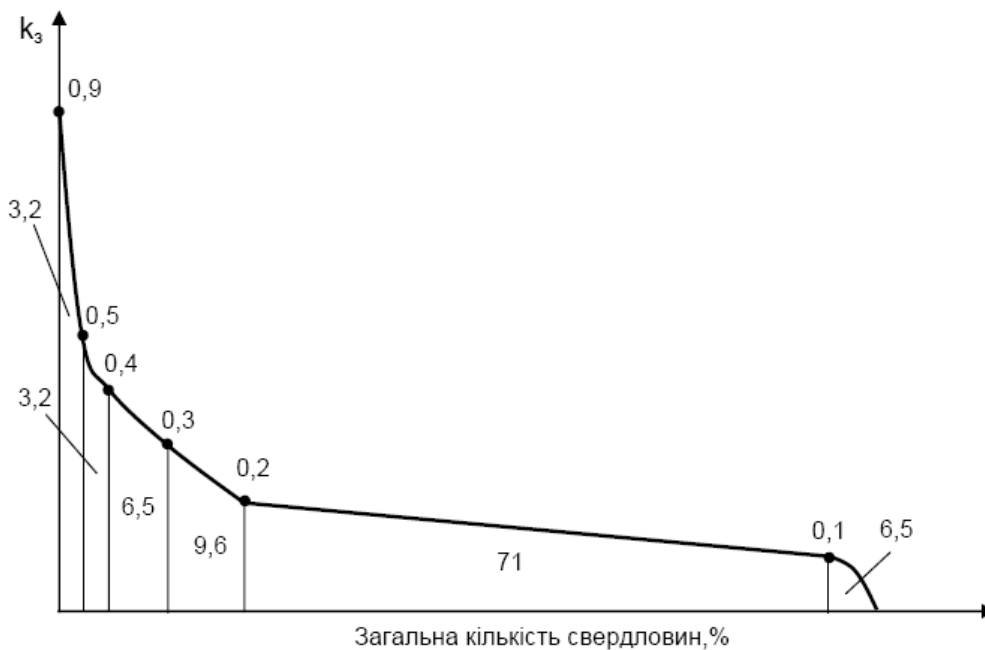


Рисунок 2 — Діаграма завантаження електродвигуна привода верстатів-гойдалок типу 7СК8

За формулою АзП

$$P_{\text{дв}}^H = 7,25 \text{ кВт}.$$

Крім того, необхідну потужність електродвигуна можна визначити:

– за спрощеною формулою [3]

$$P_{\text{дв}}^H = \frac{2 \cdot G_p \cdot S \cdot n}{60 \cdot \eta_{\text{ек}}} ; \quad (5)$$

– за діаграмою Адоніна;

– за таблицями АзП.

За формулою (5) отримали значення

$$P_{\text{дв}}^H = 10 \text{ кВт};$$

– за діаграмою Адоніна

$$P_{\text{дв}}^H = 7,0 \text{ кВт};$$

– за таблицями АзП

$$P_{\text{дв}}^H = 8,2 \text{ кВт}.$$

Середнє значення необхідної потужності двигуна, обчислене за формулами (1-5) та вибране за діаграмою і таблицею за заданих вхідних даних, буде

$$P_{\text{дв}}^H = 7,37 \text{ кВт}.$$

Найменше відхилення від цього значення потужності має результат, отриманий за формулою (4), але використовувати дану формулу

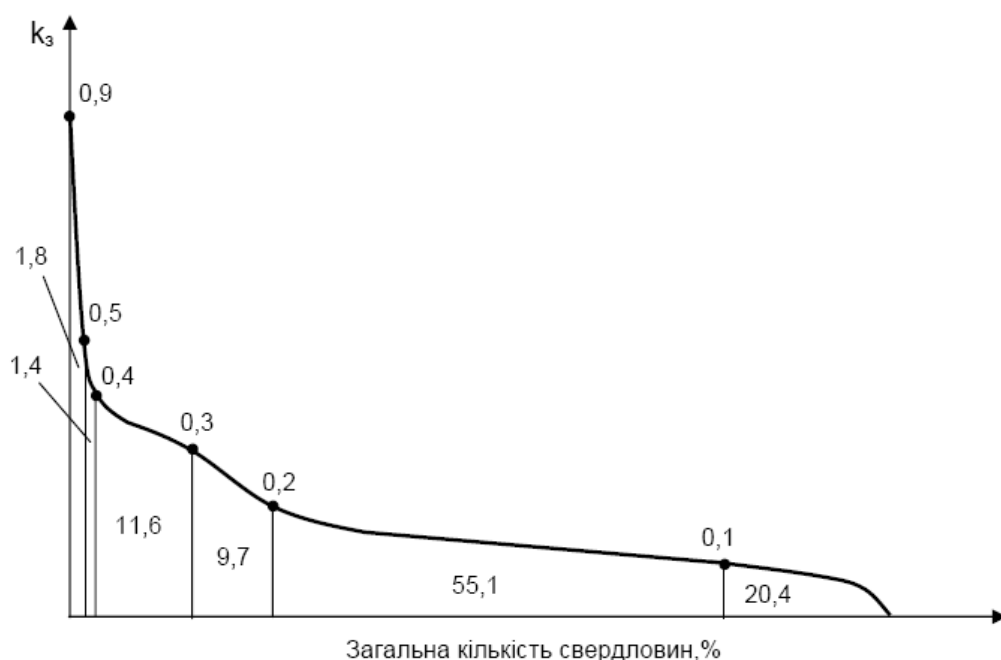


Рисунок 3 — Діаграма завантаження електродвигуна привода верстатів гойдалок

в наш час не доцільно з таких міркувань. Значення коефіцієнта  $K_1$  вибирається за таблицею залежно від типу верстатів-гойдалок, які використовувались багато років тому, а у формулу для визначення коефіцієнта  $K_2$  входять величини, які можливо отримати після певного часу експлуатації свердловини.

Авторами запропонована наступна формула для визначення необхідної потужності двигуна

$$P_{\text{де}}^{\text{н}} = \frac{G_P \cdot v_{\text{ср}}}{2 \cdot \eta_n \cdot \eta_{\text{ек}}}, \quad (6)$$

де:  $v_{\text{ср}}$  — середня лінійна швидкість руху плунжера, м/с, що визначається за формулою

$$v_{\text{ср}} = \frac{Sn}{30}; \quad (7)$$

$\eta_n$  — ККД. підземної частини установки, який враховує втрати на гідродинамічне тертя рідини до труб та штанг і механічне тертя в насосі і колоні штанг до стінки труб.

За формулою (6) отримано значення потужності

$$P_{\text{де}}^{\text{н}} = 7,21 \text{кВт}.$$

Отримане значення потужності близьке до значення потужності формули (4), але використання запропонованої формули можливе до початку експлуатації свердловини, на відміну від формули (4), за якою розрахунок ведеться після певного часу експлуатації. Отже, розрахунок необхідної потужності двигуна за формулою (6), можна вважати проектним, який дозволяє рекомендувати оптимальний вибір потужності двигуна перед початком експлуатації свердловини.

Ефективність використання потужності електродвигуна залежить від коефіцієнта завантаження [5], який визначається за формулою

$$k_3 = \frac{P_{\text{де}}^{\text{н}}}{P_{\text{де}}^{\text{с}}}, \quad (8)$$

де:  $P_{\text{де}}^{\text{н}}$  — необхідне значення потужності електродвигуна, Вт;  $P_{\text{де}}^{\text{с}}$  — встановлена потужність двигуна по паспорту, Вт.

Враховуючи умови використання формули (6), були виконані розрахунки необхідної потужності електродвигуна верстатів-гойдалок по нафтових свердловинах НГВУ „Долинанафтогаз”, „Бориславнафтогаз”, „Надвірнанафтогаз” ВАТ „Укрнафта” за 2003–2006 рр. Всього розглядалися дані 216 свердловин. На свердловинах НГВУ використовуються переважно такі типи верстатів-гойдалок:

- УР12Т з паспортною потужністю електродвигуна  $P_{\text{де}}^{\text{с}} = 55 \text{кВт}$ ;
- 7СК8 з паспортною потужністю електродвигуна  $P_{\text{де}}^{\text{с}} = 30 \text{кВт}$ ;
- СКН3 з паспортною потужністю електродвигуна  $P_{\text{де}}^{\text{с}} = 7,5 \text{кВт}$ ;
- СКН5 з паспортною потужністю електродвигуна  $P_{\text{де}}^{\text{с}} = 22 \text{кВт}$ .

Аналіз завантаження електродвигунів показує, що встановлена потужність значно перевищує необхідну:

- 1) у верстатів-гойдалок СКН-5 двигуни завантажені не більше, як на 10%;
- 2) у верстатів-гойдалок СКН-3 двигуни завантажені не більше, як на 20%, причому 55,6% із них завантажено до 10%;

3) у верстатів-гойдалок UP-12Т 97,1% загальної кількості двигунів завантажено до 40%, причому 73,2% із них завантажено до 20% (рис. 1).

4) у верстатів-гойдалок 7СК8 93,6% загальної кількості завантажено до 40%, причому 77,5% із них завантажено до 20% (рис. 2).

Загальний результат проведеного аналізу ефективності завантаження двигунів по всіх свердловинах (рис. 3) засвідчив, що 96,8% двигунів верстатів-гойдалок завантажені не більше ніж на 40% встановленої потужності, в результаті чого збільшуються енергозатрати на тону добутої нафти. Тому правильний вибір потужності електродвигуна дасть змогу не лише підвищити ефективність його використання, а й значно зменшити енергетичні показники глибинонасосних установок.

### Література

1 Довідник з нафтогазової справи / Ред. Бойко В.С., Кондрат Р.М., Яремійчук Р.С. – К.: Львів, 1996. – 620 с.

2 Справочное руководство по проектированию разработки и эксплуатации нефтяных месторождений. Добыча нефти / Ред. Ш.К.Гиматудинов. – М.: Недра, 1983. – 455 с.

3 Оркин К.Г., Юрчук А.М. Расчеты в технологии и техника добычи нефти. – М.: Недра, 1967. – 380 с.

4 Чичеров Л.Г. Нефтепромысловые машины и механизмы: Учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 1983. – 312 с.

5 Милинский В.М., Харламенко В.И., Лутфуллин А.Х. и др. Пути снижения энергетических затрат глубинонасосных установок // Нефтяное хозяйство. – 1970. – №8. – С.51-53.

Всеукраїнська науково-практична конференція

## СУЧАСНІ МЕТОДИ РОЗРОБКИ І ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ПРОМИСЛОВОСТІ ТА СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

м. Кіровоград (25 – 26 жовтня 2007 р.)

### Оргкомітет конференції

Кіровоградський національний технічний університет, 25006, м. Кіровоград, просп. Університетський, 8

#### Напрямок 1

**Трушаков Д.В.**

Тел.: (0522) 390420

e-mail: [app@kdtu.kr.ua](mailto:app@kdtu.kr.ua)

#### Напрямок 2

**Переверзєв І.О.**

Тел.: (0522) 390461

e-mail: [erp@kdtu.kr.ua](mailto:erp@kdtu.kr.ua)

### Тематика конференції:

Напрямок 1 *Комп'ютеризовані системи, автоматики і управління*

Секція 1 Автоматизація виробничих процесів в промисловості та сільському господарстві

Секція 2 Аналіз інформаційних систем та технологій

Секція 3 Автоматизація контролю в промисловості та сільському господарстві

Напрямок 2 *Електротехнічні системи електроспоживання та енергозбереження*

Секція 4 Енергозбереження в системах електропостачання промислових підприємств і в сільському господарстві

Секція 5 Електромагнітна сумісність електрообладнання та контроль якості електроенергії