

УДК 622.24:621.603.29

## АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ РЕДУКТОРІВ ВЕРСТАТІВ-ГОЙДАЛОК

<sup>1</sup>Б.В.Копей, <sup>2</sup>О.І.Стефанишин, <sup>1</sup>І.Б.Копей<sup>1</sup>ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42195  
e-mail: koreyb@nimg.edu.ua<sup>2</sup>ЦБВО ВАТ „Укрнафта”<sup>2</sup>, 79760, м. Борислав, Львівської обл., вул. Шевченка, 77-а

*Рассматривается методика для определения показателей надежности и ресурса нефтепромысловых редукторов станков-качалок, которые подвергаются износу и выходу со строя. Определены вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, средний ресурс редукторов*

*A method for determination of reliability and resource of pumping unit reducing gears which are subjected to failure is elaborated. A probability of faultless work, intensity of failures, middle resource of reducing gears are determined.*

Більшість нафтових свердловин України облаштовано засобами механізованого видобування нафти. Переважна більшість серед них використовує штангові свердловинні насосні установки (ШСНУ). На підприємство ЦБВО, Борислав в ремонт надходить обладнання з різних підприємств ВАТ «Укрнафта». Зношеність основних фондів по структурних одиницях досить висока, обладнання вичерпало свій ресурс роботи і потребує якісного ремонту. Нами було поставлено завдання оцінити надійність редукторів верстатів-качалок в НГВУ ВАТ „Укрнафта”. На рисунку 1 зображена ймовірність безвідмовної роботи вузлів і деталей ШСНУ. Із всього наземного обладнання ШСНУ найнижчу ймовірність безвідмовної роботи вузлів і деталей має редуктор [1-4].

Протягом 2005 року в ЦБВО прийшло декілька рекламаций. В одній з них повідомляється, що у квітні місяці 2005 року підприємством був відремонтований редуктор Ц2НШ-750. У вересні цього ж року редуктор був змонтований на верстаті-гойдалці свердловини №547-Битків. При першому запуску було виявлено осьове переміщення привідного вала величиною 10 мм, а також радіальне переміщення проміжного вала величиною 1,5 мм.

Оскільки при експлуатації деталі редуктора піддаються змінним за величиною і знаку навантаженням, то найбільше розповсюдження в даному випадку має нерівномірне спрацювання. Найшвидше в редукторах спрацьовуються підшипники (рисунок 2). Спрацювання підшипників є причиною інтенсивного спрацювання корпусів підшипників і корпусу редуктора в місці спряження з корпусом підшипника. Причини спрацювання підшипників:

1 Неправильне або недостатнє технічне обслуговування.

2 Надмірна вібрація через невідповідність встановлення елементів верстата-гойдалки на раму, дисбаланс зубчатих валів.

3 Експлуатація при більшому крутному моменту порівняно з технічною характеристикою даного редуктора.

4 Якість ремонту: балансування зубчатих валів, регулювання радіального бокового зазо-

ру, дотримання відповідних посадок у спряженнях.

Не менш важливою причиною виходу з ладу редуктора є спрацювання швидкохідного вала. В більшості випадків зуби вала зминаються або викришуються. Причина – невідповідність матеріалу або неякісна термічна обробка зубів вала, а також якість складання редуктора.

Проміжний і тихохідний вали з ладу виходять рідше, оскільки в процесі експлуатації на них діють менші навантаження.

На підприємстві протягом 2005 року відремонтовано 51 редуктор. За 2005 рік проведено статистичний аналіз на основі певної кількості спостережень за роботою обладнання.

Дані про наробітки та відмови редукторів, що працювали в умовах Бориславського НГВУ після капітального ремонту (годин),

782	920	1608	3104	3911
4503	5001	5430	6108	6620
7516	8027	8760	9408	9854
n = 15				

Підприємство гарантує працездатність редуктора, рівну 8760 годин. Як бачимо, у більшості випадків обладнання пропрацювало значно менше.

Визначаємо необхідну кількість спостережень

$$n = \left( \frac{k \cdot y}{l \cdot T_{сер}} \right)^2$$

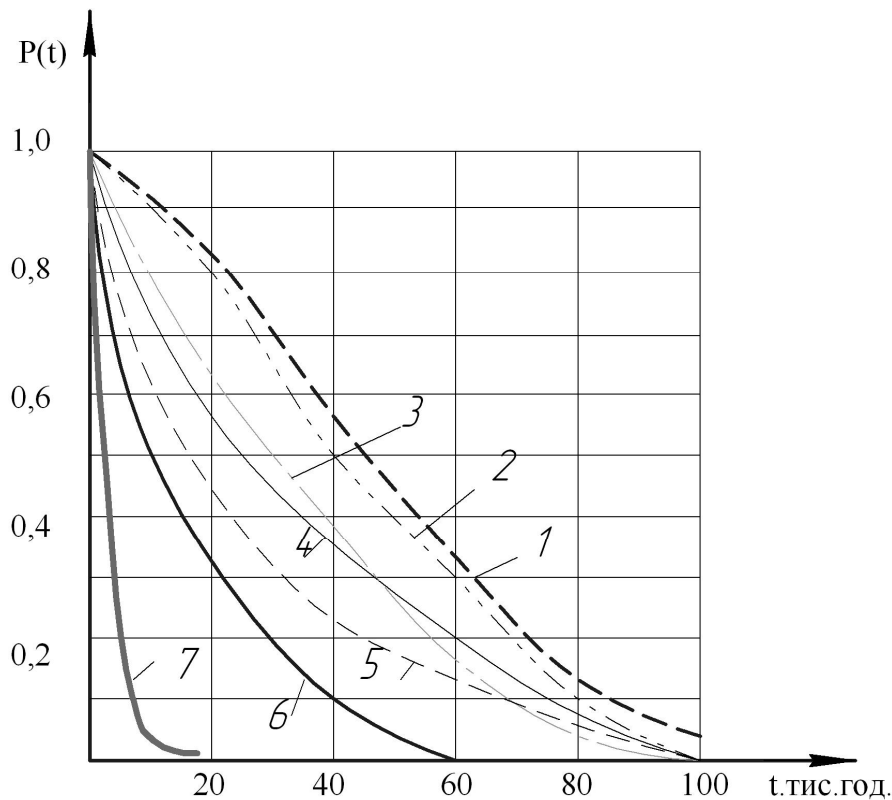
де:  $k = 1,645$  при  $\lambda = 10\%$  (0,1) – коефіцієнт інтегралу ймовірності;

$\sigma$  – середнє квадратичне відхилення

$T_{сер}$  – середній наробіток до відмови чи на відмову:

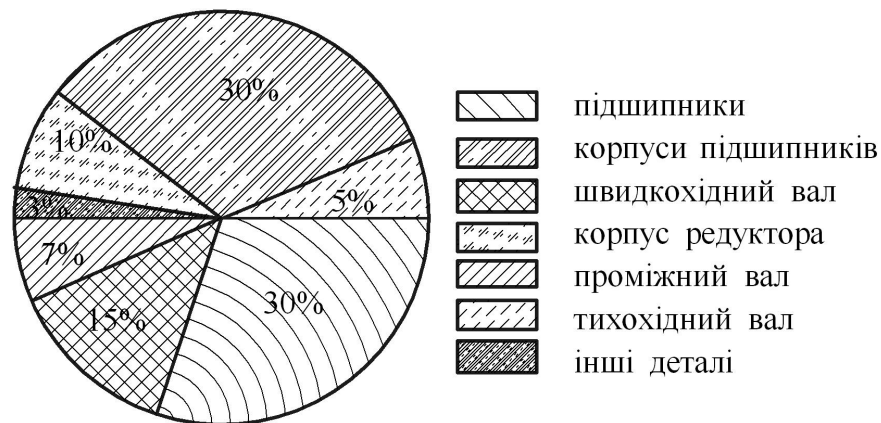
$$T_{сер} = \sum_{n=1}^n \frac{N}{n}, \quad T_{сер} = \frac{81540}{15} = 5436,4 \text{ год};$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{n=1}^n (t - T)^2}, \quad \sigma = 2981 \text{ год};$$



1- балансір в зборі, 2- канатна підвіска, 3- палець кривошипа, 4- клинопасова передача, 5- редуктор, 6- насосні штанги, 7- свердловинні насоси.

**Рисунок 1 — Криві ймовірності безвідмовної роботи вузлів і деталей свердловинної штангової насосної установки**



**Рисунок 2 - Характерні відмови деталей редуктора верстата-гойдалки**

$$n = \left( \frac{1,645 \cdot 2984}{0,1 \cdot 5436,4} \right)^2 = 81,$$

тобто прийнята кількість спостережень (15) зменшить довірчу ймовірність.

Весь діапазон роботи до відмови розбиваємо на інтервали:

за формулою Стюржа

$$Z = 1 + 3.3 \lg \sum n = 1 + 3.3 \lg 15 = 4,$$

або

$$Z = \sqrt{\sum n} = \sqrt{15} \approx 4,$$

приймаємо  $z = 4$ .

Визначаємо довжину інтервалу

$$\Delta N = \frac{N_{\max}}{z},$$

$$\Delta N = \frac{9854}{4} = 2473 \approx 2500 \text{ год.}$$

Згідно з розрахунками будемо гістограму тривалості безвідмовної роботи (рисунок 3).

Розраховуємо ймовірність безвідмовної роботи в кінці кожного інтервалу

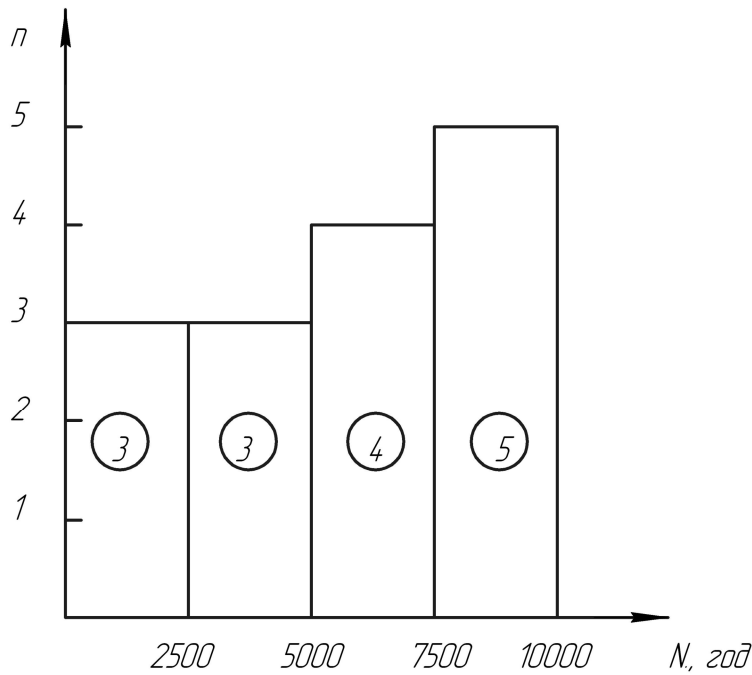


Рисунок 3 — Гістограма тривалості безвідмовної роботи редукторів.

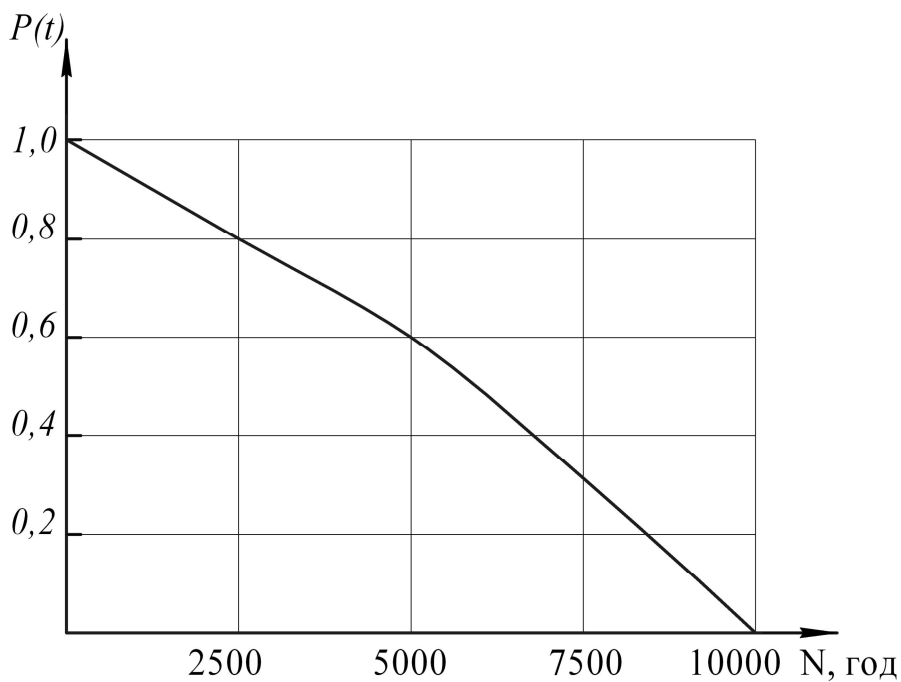


Рисунок 4 — Крива ймовірності безвідмовної роботи редукторів.

$$P(t) = 1 - \frac{n(t)}{N(0)}$$

$$P(t)1 = 1 - \frac{3}{15} = 0.8 \text{ (80\%)}$$

$$P(t)2 = 1 - \frac{6}{15} = 0.6 \text{ (60\%)}$$

$$P(t)3 = 1 - \frac{10}{15} = 0.33 \text{ (33\%)}$$

$$P(t)4 = 1 - \frac{15}{15} = 0$$

За розрахунковими даними побудовано криву ймовірності безвідмовної роботи редукторів (рисунок 4).

Інтенсивність відмов в кінці кожного інтервалу визначається за формулою

$$\lambda(t) = \frac{n(\Delta t)i}{N(t)\Delta t},$$

де: N – число редукторів, які не вийшли з ладу;  
 $\Delta t$  – довжина інтервалу.

$$\lambda(t)1 = \frac{3}{12 \cdot 2500} = 0.0001 \text{ год.}^{-1}$$

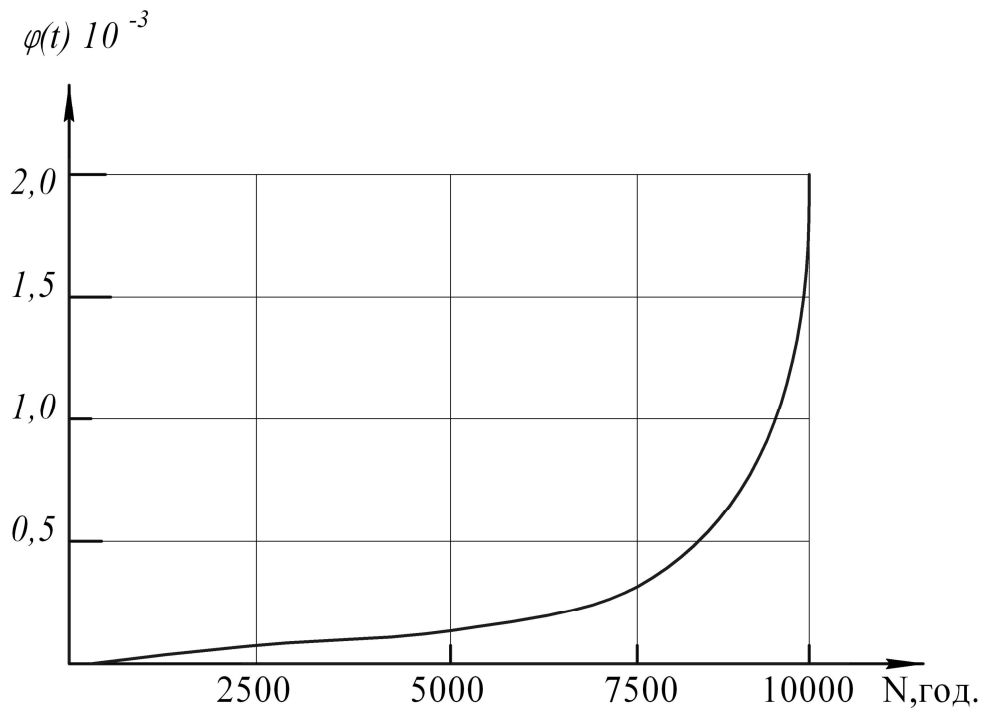


Рисунок 5 — Графік інтенсивності відмов.

$$\lambda(t)_2 = \frac{3}{9 \cdot 2500} = 0.00024 \text{ год.}^{-1}$$

$$\lambda(t)_3 = \frac{4}{2 \cdot 2500} = 0.00032 \text{ год.}^{-1}$$

$$\lambda(t)_4 = \frac{5}{1 \cdot 2500} = 0.00067 \text{ год.}^{-1}$$

За розрахунковими даними побудовано графік інтенсивності відмов (рисунок 5).

З графіка інтенсивності відмов видно, що за час експлуатації обладнання на першому і другому етапі інтенсивність відмов зростає повільно, а в середині третього етапу і протягом четвертого відбувається катастрофічне спрацювання.

На основі проведених досліджень виникає потреба у вирішенні деяких важливих питань. Тому, на наш погляд, підвищення якості ремонту повинно вирішуватись в таких напрямках:

- 1 Розробити прогресивну технологію ремонту.
- 2 Підвищити технологічну культуру ремонтних робіт.
- 3 Розробити технічні засоби для ремонту.
- 4 Підняти рівень системи контролю якості ремонтних робіт.

### Література

1. Копей Б.В., Кіндрачук С.М., Копей І.Б. Визначення оптимального міжремонтного періоду СШНУ / ІФДТУНГ. — Івано-Франківськ, 1995, 8с.-Деп. в ДНТБ України 25.11.95 – №2490 – Ук95.
2. Копей Б.В., Копей І.Б., Драгомирецький Я.Н. Определение оптимальной величины наработки между отказами деталей нефтепромыслового оборудования // Нефтепромысловое дело. – 1997. – № 10-11. – С. 30-32.
3. Копей Б.В., Копей І. Б. Розробка наукових основ планово-попереджувальних ремонтів (ППР) СШНУ / Звіт по темі Д-59. – Івано-Франківськ: НДІНГТ, 1997. – 46 с.
4. Копей Б.В., Копей І.Б.Розробка наукових основ планово-попереджувальних ремонтів СШНУ / Звіт по темі Д-3/4. – Івано-Франківськ: НДІНГТ, 1998. – 50 с.