

УДК 621.313.333

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКАЗОВ ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕКТРОНАСОСНЫХ  
УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИЙ****САИДОВ Р.А.***Азербайджанский Технологический Университет*

В статье дается методика сбора и обработки информации об отказах погружных электронасосных установок с оценкой вероятностей. Полученные данные позволяют использовать их в качестве исходных данных для решения задач повышения надежности погружных электродвигателей.

**ВВЕДЕНИЕ**

Успешность всех работ по анализу эксплуатационной надежности погружных электронасосных установок в значительной мере зависит от состояния системы сбора информации об отказах. Поэтому организация сбора и обработки информации об отказах весьма актуальна и имеет чрезвычайно большое народнохозяйственное значение.

**ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ**

Объектом исследования являются информационные данные об отказах их отдельных элементов в электрической сети, собранные в процессе эксплуатации.

Сбор информации об отказах и восстановления отдельных элементов погружных электронасосных установок и их электроснабжения были организованы в период с 1995-2000 годы в районах республики [1]. Сбор информации был осуществлен с помощью журналов отказов. Преимуществом журналов является компактность - журналы легче вести при большом количестве оборудования.

Информация о повреждениях и плановых отключениях в электрической сети (в воздушных линиях, распределительных пунктах и трансформаторных подстанциях), питающей погружные электронасосные установки, содержит сведения об аварийных отключениях, сведения о плановых отключениях.

Сведения об аварийных отключениях включают следующие данные: наименование отключенных линий, место повреждения и наименование поврежденных элементов, дата и время отключения и восстановления, характер отказа и причина его возникновения, условия в которых произошел отказ в нормальных условиях эксплуатации (сильные дожди, скорость ветра, грозовые перенапряжения), время и продолжительность работы трехфазных потребителей в неполнофазном режиме из-за отказов в сети, количество отключенных и работающих в неполнофазном режиме погружных электронасосных агрегатов.

Сведения о плановых отключениях включают следующие данные: место присоединения и наименование отключенных линий, время и продолжительность отключения, его цель, и количество отключенных трансформаторов, питающих погружные электронасосные установки.

В случае неизвестного закона распределения случайной величины объем информационных материалов предварительно определяется из уравнения [2]

$$N \geq \left[ \frac{t(P)}{\varepsilon} \right]^2 \sigma^2, \quad (1)$$

где  $N$  - объем информационных материалов;  
 $\varepsilon$  - предельная абсолютная ошибка;  
 $\sigma_i$  - средне- квадратичное отклонение;  
 $t(P)$  – квантил распределения;  
 $P$  - заданная вероятность.

Зная  $\varepsilon$ ,  $\sigma_i$  и  $P$  вычисляем необходимый объем информационного материала  $N$ .

Необходимое количество наблюдений для достижения требуемой точности  $\varepsilon = 2$  с заданной надежностью  $P = 0,995$  определяем  $N = 50000$ .

Оценка  $\sigma_i$  предварительно определена из относительно малой выборки ( $\sigma_i = 150$ ).

Далее была проведена проверка однородности собранных информации посредством критерия Вилкоксона.

На основе статистических обработок собранных информации об отказах элементов погружных электронасосных установок и питающих их электрических сетей были определены необходимые исходные данные для расчета и моделирования эксплуатационной надежности погружных электронасосных установок.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты предварительной обработки собранных информации об отказах-остановках погружных электронасосных агрегатов, установленных в 276 артезианских скважинах представлены в таблице 1 в виде статистического ряда.

Здесь  $i$  – номер разряда;  $t_i$  – границы разрядов – наработки между отказами-остановками;  $m_i$  – число наработок, попавших в  $i$ -ий разряд за период времени наблюдений;  $P^*_i$  - оценка вероятности (частоты) попадания в  $i$ -ый разряд.

Таблица 1

Статистический ряд отказов-отключений погружных электронасосных агрегатов

$i$	$t_i$	$m_i$	$P^*_i$	$i$	$t_i$	$m_i$	$P^*_i$
1	0...100	28832	0,5623	9	800...900	271	0,0053
2	100...200	10296	0,2009	10	900...1000	149	0,0029
3	200...300	5011	0,0977	11	1000...1100	90	0,0018
4	300...400	3055	0,0596	12	1100...1200	78	0,0016
5	400...500	1389	0,0271	13	1200...1300	67	0,0014
6	500...600	873	0,0170	14	1300...1400	38	0,0007
7	600...700	694	0,0135	15	1400...1500	21	0,0003
8	700...800	407	0,0079				

Чтобы подобрать для данного статистического ряда теоретическую кривую распределения, выражающую существенные черты статистического материала, предварительно построим гистограммы.

По внешнему виду статистического распределения (рис.) выбираем теоретическую кривую  $f_{ocm}(t)$  в виде распределения Вейбулла

$$f_{ocm}(t) = \begin{cases} \alpha k t^{k-1} e^{-\alpha t^k}, & \text{если } t \geq 0 \\ 0, & \text{если } t < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Аналитическое выражение выбранной кривой распределения зависит от параметров;  $\alpha$  (масштабный параметр) и  $k$  (параметр формы, определяющий асимметрию и эксцесс).

Здесь параметр сдвига  $c=0$ . Поэтому оценка параметров масштаба  $\alpha$  и формы  $k$  при известном значении параметра сдвига  $c=0$ , согласно [3], осуществляется следующим образом: вычисляют среднее арифметическое значение  $\bar{t}$  и среднее квадратическое отклонение  $S$  по формулам:

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^n \bar{t}_i \cdot P_i^* ; \quad (3)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{t}_i - \bar{t})^2} , \quad (4)$$

а также отношение

$$v_k = \frac{S}{\bar{t}} \quad (5)$$

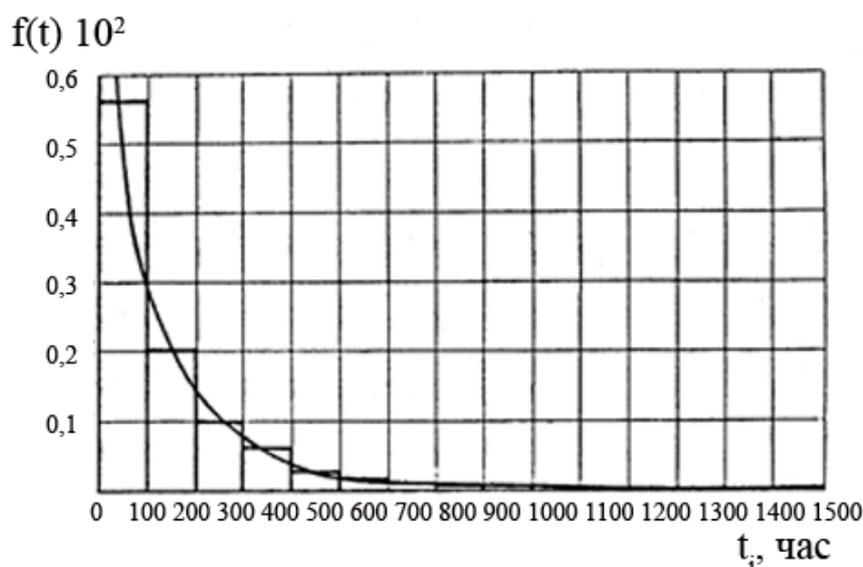


Рис. Гистограмма отказов-отключений погружных электронасосных агрегатов

По полученному значению  $v_k$  из таблицы 1 [3] находят значение оценки  $\bar{k}$  параметра  $k$  и значения коэффициента  $k_k$ , после чего определяют оценку для параметра  $\alpha$  по формуле

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{\bar{a}^{\bar{k}}} , \quad (6)$$

где

$$\bar{a} = \frac{\bar{t}}{k_k} \quad (7)$$

Если в таблице 1 [3] нет соответствующего значения  $v_k$ , то необходимо воспользоваться линейной интерполяцией.

По выше указанной методике определяем

$$\begin{aligned} t &= 142 \text{ час}; & v_k &= 1,26 \\ S &= 179 \text{ час}; & k_k &= 1,133 \\ \bar{k} &= 0,80 & \bar{\alpha} &= 0,021 \\ \bar{a} &= 125,36 & \bar{\alpha} \bar{k} &= 0,0168 \\ f_{\text{осм}}(t) &= 0,0168 t^{-0,20} e^{-0,021 t^{0,8}} \end{aligned} \quad (8)$$

Таким образом, статистическое распределение, представленное в таблице 1 выровнено с помощью кривой (8).

Как бы хорошо ни была подобрана теоретическая кривая, между нею и статистическим распределением неизбежны некоторые расхождения. Поэтому

необходимо проверить согласованность теоретического и статистического распределений. В качестве критерия согласия был применен «критерий  $\chi^2$ » Пирсона.

Применение критерия  $\chi^2$  к оценке согласованности теоретического и статистического распределений сводится к следующему:

1. По формуле

$$v = \chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i - nP_i)^2}{NP_i} \quad (9)$$

определяется мера расхождения  $\chi^2$ .

Здесь  $k$  – количество разрядов;

$P_i$  – теоретические вероятности попадания случайной величины в каждый из разрядов.

2. По формуле

$$r = k - s \quad (10)$$

определяется число степеней свободы  $r$  как число разрядов  $k$  минус число наложенных связей  $S$ .

3. По  $r$  и  $\chi^2$  с помощью таблицы 4 [4] определяется вероятность того, что величина, имеющая распределение  $\chi^2$  с  $r$  степенями свободы, превзойдет данное значение  $\chi^2$ . Если эта вероятность весьма мала, гипотеза отбрасывается как неправдоподобная. Если эта вероятность относительно велика, гипотезу можно признать не противоречащей наблюдениям.

Значения  $P_i$  вычисляем как вероятности попадания на участке (0...100), (100...200) и т. д. для случайной величины, распределенной по закону Вейбуллы на отрезке времени 0...1500 часов. Составляем сравнительную таблицу значений  $m_i$  и  $NP_i$  ( $N=51271$ ) (Таблица 2).

Таблица 2

Сравнительные значения  $m_i$  и  $NP_i$

$t_i$	$m_i$	$NP_i$	$t_i$	$m_i$	$NP_i$
0...100	28832	28695	800...900	271	288
100...200	10296	10403	900...1000	149	158
200...300	5011	4988	1000...1100	90	98
300...400	3055	3112	1100...1200	78	72
400...500	1389	1344	1200...1300	67	64
500...600	873	842	1300...1400	38	41
600...700	694	708	1400...1500	21	25
700...800	407	392			

По формуле (9) находим  $\chi^2 = 10,85$ .

Число степеней свободы  $r = 15 - 3 = 12$ .

По таблице 4 [4] находим для  $r=12$ ;  $\chi^2 = 10,85$ ;  $P=0,54$ .

Эта вероятность не является малой, поэтому гипотезу о том, что величина  $t$  распределена по закону Вейбулла, можно считать правдоподобной.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе сбора и обработки информации об отказах и восстановлениях отдельных элементов погружных электронасосных установок и их электроснабжения получены необходимые данные для расчета и численного анализа надежности исследуемой технической системы.

электронасосных установок методом статистического моделирования // Проблемы энергетики, 2006, №1-2, с. 131-137

2. Румицкий Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента., М.: Наука, 1971, 192 с.

3. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров распределения Вейбулла ГОСТ 11007-85, М.: изд. стандартов, 1986, 31 с.

4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей, М.: Физматгиз, 1969, 400 с.

## **İNFORMASIYALARIN TOPLANIB İŞLƏNMƏSİ ƏSASINDA DƏRİNLİK ELEKTRİK NASOS QURĞULARININ NASAZLIQLARININ TƏDQIQI**

**SƏİDOV R.Ə.**

Məqalədə dərinlik elektrik nasos qurğularının nasazlığı barədə məlumatların toplanması və ehtimalını qiymətləndirməklə onların işlənmə metodikası verilmişdir. Alınan nəticələr onların dərinlik elektrik nasoslarının etibarlılığının artırılması üzrə məsələlərin həlli üçün başlanğıc məlumat olaraq istifadə olunmasına imkan verir.

## **RESEARCH OF REFUSALS SUBMERSIBLE OF ELECTROPUMP INSTALLATIONS ON THE BASIS OF GATHERING AND PROCESSINGS OF INFORMATION**

**SAIDOV R.A.**

In the article the technique of gathering and processing of the information on refusals submersible electro pump installations with an estimation of probabilities is given. Obtained data allow using them as initial data for the decision of problems of increase of reliability submersible electric motors.