МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НЕФТЕГАЗОВЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(ВНИИ)

У К А З А Н И Я

ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПОДКОНТРОЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТАНОВОК ПОГРУЖНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ЭЛЕКТРОНАСОСОВ

РД 39-I-433-80

Москва - 1980 г.

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НЕФТЕГАЗОВЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

(В Н И И)

" УТВЕРЖДАЮ "

Заместитель Министра

_____ А.В.Валиханов

"21" июля 1980 г.

У К А З А Н И Я

ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПОДКОНТРОЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТАНОВОК ПОГРУЖНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ЭЛЕКТРОНАСОСОВ (УЭЦН)

РД 39-I-433-80

I980г.

Указания по проведению подконтрольной эксплуатации установок погружных центробежных электронасосов разработаны отделом надёжности оборудования для добычи нефти института ВНИИ Миннефтепрома (тема 301).

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

Указания по проведению подконтрольной эксплуатации установок погружных центробежных электронасосов /УЭЦН/

РД 39-1-433-80

Впервые

Приказом Министерства нефтяной промышленности №429 от 21 августа 1980г. срок введения установлен с 15.10.80 г.

Настоящие "Указания" распространяются на проведение подконтрольной эксплуатации УЭЦН, изготовляемых серийно и применяемых для отбора жидкости из нефтяных скважин на промыслах производственных объединений МНП.

Документ устанавливает порядок проведения подконтрольной эксплуатации и оформления результатов, полученных при проведении подконтрольной эксплуатации.

Подконтрольная эксплуатация - эксплуатация заданного количества изделий в соответствии с требованиями технической документации, сопровождаемая контролем состояния каждого изделия специально подготовленным персоналом /ГОСТ 17526-72/.

I. ЦЕЛЬ РАЗРАБОТКИ

Целью проведения подконтрольной эксплуатации УЭЦН является:

I.I. Определение показателей надежности УЭЦН.

I.2. Оценка качества ремонта УЭЦН путем сопоставления численных значений показателей надежности нового и отремонтированного оборудования.

I.3. Установление закономерности изменения параметров УЭЦН с течением времени.

I.4. Определение соответствия параметров установки параметрам записанным в нормативно-технической документации.

2. ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ

Оценивать надежность установки ЭЦН следует с помощью показателей: средняя наработка до отказа, средний ресурс, средний срок службы, гамма-процентный ресурс, вероятность безотказной работы до первого отказа, интенсивность отказов в соответствии с ГОСТ I3377-75.

3. ПАРАМЕТРЫ РАБОТЫ УЭЦН

3.I. Основными параметрами, характеризующими работоспособность установок ЭЦН являются:

подача насоса Q' / м³/сут /;

напор насоса $H_н$ / м /;

сопротивление изоляции системы кабель-двигатель R / мом /

потребляемая мощность N / кВт /;

рабочий ток J / а /.

3.2. Объемную подачу насоса, приведенную к условиям забоя, следует рассчитывать по формуле:

$$Q' = \frac{Q\frac{S}{100}}{\gamma_в} + \frac{Q\left(1-\frac{S}{100}\right)}{\gamma_н(1-И)} \quad \text{/ м}^3\text{/сут/} \quad \text{/ 3.I /}$$

где, S - содержание воды, % вес;

Q - дебит скважины, т/сут;

$\gamma_в$ - удельный вес воды, т/м³;

$\gamma_н$ - удельный вес нефти при атмосферных условиях, т/м³;

$И$ - объемная усадка нефти в долях единицы.

3.3. Напор развиваемый насосом, следует рассчитывать по формуле:

$$H_н = \frac{(P_н - P_{суф})10}{\gamma_ж},$$

где; $H_н$ – напор, развиваемый насосом в м ст. добываемой жидкости;

$P_н$ – давление в подъемных трубах, приведенное к уровню приема насоса, кгс/см^2;

$P_{суф}$ – давление в затрубном пространстве на уровне приема насоса, измеренное глубинным манометром через суфлер или иным способом, кгс/см^2;

$\gamma_ж$ – удельный вес добываемой жидкости, т/м^3.

3.4. Сопротивление изоляции системы кабель-двигатель, потребляемую мощность и рабочий ток следует определять непосредственно замерами.

3.5. Исходные данные для расчетных параметров должны быть сведены в таблицы 4, 5 журнала подконтрольной эксплуатации /приложение 2 /.

4. ПОДБОР УЭЦН И НАЗНАЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА УСТАНОВОК ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДКОНТРОЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

4.1. Подбор УЭЦН осуществляется в соответствии с "Универсальной методикой подбора УЭЦН к нефтяным скважинам /УМП ЭЦН-79/, разработанной ОКБ БН, 1980 г. При подборе установки следует учесть, что оптимальный режим работы скважины должен быть близок к максимальной производительности насоса. Подбор установки к скважине следует согласовать с представителем "Нефтепроммашмонтаж".

4.2. Установки ЭЦН следует разбить на партии:

партия новых установок / 10 штук одного типоразмера /;

партия установок после первого ремонта / 10 штук одного типоразмера /;

партия установок после второго ремонта / 10 штук одного типоразмера /.

ПЭ каждой партии установок следует проводить одновременно и независимо одну от другой.

5. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПОДКОНТРОЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

5.1. Подбираемые для проведения ПЭ скважины должны быть промыты и исследованы. Подбор УЭЦН к скважине следует производить в соответствии с "Универсальной методикой подбора УЭЦН к нефтяным скважинам / УМП ЭЦН-79 /" ОКБ БН, 1980 г.

5.2. Установка ЭЦН условно разбивается на следующие составные части: погружной электродвигатель, многоступенчатый центробежный скважинный насос, гидрозащита, специальная кабельная линия, станция управления и трансформатор.

За отказ установки принимается нарушение работоспособности любой из составных частей подземного оборудования, вызвавшего неработоспособность всей установки, с последующим подъёмом её из скважины.

5.3. Перед проведением ПЭ следует выбрать план проведения наблюдений за УЭЦН в соответствии с ГОСТ 16504-74.

Рекомендуются следующие планы:

$$[N,U,r],\ [N,U,T] \text{ или } [N,R,T].$$

При плане $[N,U,r]$ одновременно наблюдают за партией из N = 10 установок, отказавшие во время испытаний объекты не восстанавливают и не заменяют, о чем свидетельствует знак U; испытания прекращают, когда число отказавших установок достигло r. / В частном случае $r = N$, т.е. наблюдения проводят до отказа всех установок /.

При плане $[N,R,T]$ одновременно наблюдают за N = 10 установками; отказавшие установки не восстанавливают и не заменяют;

испытания прекращают при истечении наработки Т = 10 000 часов для каждой неотказавшей установки.

При плане $[N,R,T]$ начинают наблюдение за N = 10 установками, отказавшие во время испытаний установки заменяют новыми, о чем свидетельствует знак R, испытания прекращают при истечении времени наработки Т = 10 000 часов для каждой из N скважин. / Таким образом при этом плане наблюдений общее количество установок, за которыми проводится наблюдение, может быть больше или равно N/.

Выбор плана проведения наблюдений зависит от технических возможностей производственного объединения, которое будет проводить ПЭ установок ЭЦН по предлагаемым указаниям.

План $[N,R,T]$ более трудоёмкий с точки зрения организации проведения ПЭ, так как при его реализации надо следить не только за работой исследуемых установок, но и за тем, чтобы после отказа установки в скважину была бы спущена аналогичная установка. Преимущество этого плана в том, что его реализация позволяет собрать более полную статистическую информацию, чем при планах $[N,U,\tau]$ и $[N,U,T]$ за исследуемый период.

5.4. Агрегаты, комплектующие новые установки, формирующие партию, должны быть производства только одного из заводов, выпускающих эти агрегаты. В отремонтированных установках агрегаты должны иметь близкую друг к другу наработку.

5.5. Как новые, так и отремонтированные установки подлежат обязательным испытаниям на стенде /в стендовой скважине/ для снятия исходных характеристик. Стендовые испытания следует проводить в соответствии с методикой завода-изготовителя. По результатам стендовых испытаний строится напорная характеристика и сравнивается с паспортной. При совпадении этих характеристик установка допускается к спуску в скважину.

5.6. Спуск УЭЦН и вывод на установившийся режим работы следует проводить в соответствии с действующей инструкцией по эксплуатации УЭЦН.

5.7. После вывода насоса на установившейся режим необходимо провести следующие измерения:
дебита /например, расходомером установки типа "Спутник"/ ;
давление на приеме и выкиде насоса и в НКТ /например, с помощью суфлера с глубинным манометром, импульсатором УПВ и эхолотом и др./
величины сопротивления изоляции системы кабельная линия - ПЭД /мегометром станции управления/ ;
потребляемой мощности /амперметром и вольтметром/ ;
рабочего тока /амперметром станции управления/.
Величина замеряемых параметров находится как средняя арифметическая величина из трёх замеров /таблица 4 приложения 2/.

5.8. Периодичность измерения параметров, перечисленных в п. 3.1, должна быть следующая: 20 суток для всех нефтяных районов, кроме объединения "Азнефть", где измерения следует проводить через 5 суток. На протяжении всего времени проведения подконтрольной эксплуатации техника замеров и измерительная аппаратура должны быть одними и теми же во избежание дополнительных погрешностей. Измерительная аппаратура должна быть оттарирована. Результаты замеров напора и подачи установки ЭЦН пересчитываются по "Универсальной методике подбора УЭЦН к нефтяным скважинам /УМП ЭЦН-79/" и сравниваются с соответствующими точками паспортной характеристики насоса. По результатам сравнения делается вывод об изменении характеристики во времени.

5.9. Если в процессе эксплуатации произошел отказ [illegible] установки ЭЦН по каким-либо причинам, что вызвало подъём её из скважины, но насос остался работоспособным, то насос следует промыть и снять напорную характеристику на стендовой скважине. Результаты замеров отразить на графике $Q - H$ и в таблице журнала подконт-

рольной эксплуатации. Если параметры насоса соответствуют требованиям ТУ, проверенный на стендовой скважине насос комплектуют с другим электродвигателем, гидрозащитой и кабелем и продолжают наблюдение до тех пор, пока не наступит отказ насоса.

5.10. Для последующего анализа и обработки данных, полученных при проведении подконтрольной эксплуатации, персоналу, проводящему ПЭ, следует оформить отдельный журнал на каждую партию испытываемых установок по формам, указанным в приложении 2 к данному документу.

6. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

6.1. Числовые значения показателей надежности, определяемые по результатам наблюдений за установками в условиях эксплуатации, называются оценками показателей надежности.

Точечные оценки показателей надежности и доверительные границы интервала, который с заданной доверительной вероятностью покрывает истинное значение показателя, определяются согласно ГОСТ 17509-72.

6.2. Установлено, что для электроцентробежных установок превалируют внезапные отказы и распределение времени безотказной работы подчиняется экспоненциальному закону.

6.3. Для экспоненциального закона распределения средняя наработка до отказа /средний ресурс, средний срок службы/ определяется по формуле:

$$T_{ср} = \frac{1}{\hat{\lambda}} \quad ;$$

Вероятность безотказной работы до первого отказа:

$$P = e^{-\hat{\lambda} t} \quad ;$$

Интенсивность отказов: $\hat{\lambda}$;

Гамма-процентный ресурс: $T_{\gamma} = \frac{1}{\hat{\lambda}} \left(-\ln \frac{\gamma}{100}\right)$.

6.4. Интенсивность отказов $\hat{\lambda}$ определяется в зависимости от плана наблюдений:

При плане $[N,U,N]$: $$\hat{\lambda} = \frac{N}{\sum_{i=1}^{N} t_i};$$

При плане $[N,U,r]$: $$\hat{\lambda} = \frac{r-1}{\sum_{i=1}^{N} t_i + (N-r)t_r};$$

При плане $[N,U,T]$: $$\hat{\lambda} = \frac{d}{\sum_{i=1}^{d} t_i + (N-d)T};$$

При плане $[N,R,T]$: $$\hat{\lambda} = \frac{d}{NT},$$

где d – число отказов за время наблюдений;

t_i – отдельные значения случайной величины наработки до отказа установки;

t_r – наработка изделия до получения r отказов.

6.5. Для проверки достоверности полученных точечных оценок следует рассчитать доверительные границы в соответствии с ГОСТ 17509-72. Доверительные границы с заданной доверительной вероятностью /односторонней/ β накроют истинное значение показателя надежности.

При плане $[N,U,r]$:

$$\lambda_{нижн} = \frac{\hat{\lambda}\chi^2_{\frac{1-\beta}{2},2r}}{2(r-1)}; \qquad \lambda_{верх} = \frac{\hat{\lambda}\chi^2_{\frac{1+\beta}{2},2r}}{2(r-1)}.$$

При плане $[N,U,N]$:

$$\lambda_{нижн} = \frac{\hat{\lambda}\chi^2_{\frac{1-\beta}{2},2N}}{2N}; \qquad \lambda_{верх} = \frac{\hat{\lambda}\chi^2_{\frac{1+\beta}{2},2N}}{2N}.$$

При плане [N,U,T]:

$$\lambda_{нижн} = \frac{\hat{\lambda} N \chi^2_{\frac{1+\beta}{2},2d}}{d\left(2N - d + \frac{1}{2}\chi^2_{\frac{1-\beta}{2},2d}\right)};$$

$$\lambda_{верх} = \frac{\hat{\lambda} N \chi^2_{\frac{1+\beta}{2},2d}}{d\left(2N - d + \frac{1}{2}\chi^2_{\frac{1+\beta}{2},2d+2}\right)}.$$

При плане [N,R,T]:

$$\lambda_{нижн} = \frac{\hat{\lambda}\chi^2_{1-\beta,2d+2}}{2d}; \quad \lambda_{верх} = \frac{\hat{\lambda}\chi^2_{\beta,2d+2}}{2d}.$$

где $\chi^2_{P,n}$ – квантиль χ^2 – распределения /величина табулированная/;

P – вероятность, принимающая значения: β, $1-\beta$, $\frac{1+\beta}{2}$, $\frac{1-\beta}{2}$;

n – число степеней свободы, принимает значения: $2N$, $2d$, $2d+2$.

При расчете границ следует значение β брать равным 0,8 согласно рекомендациям ВНИИГИДРОМАШ.

6.6. Расчетные значения показателей надежности УЭЦН и насоса следует сравнить с нормативными значениями показателей, установленными ТУ 26-06-916-75 "Установки погружных центробежных электронасосов УЭЦН и УЭЦНБ":

средняя наработка до отказа установки $T = 10000$ часов;

90-процентная наработка до отказа насоса $T = 10000$ часов.

7. ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 17526-72 "Надежность изделий машиностроения". Система сбора и обработки информации. Требования к содержанию форм учета наработок, повреждений и отказов".

2. ГОСТ 13377-75 "Надежность в технике. Термины и определения".

3. ГОСТ 17510-72 "Система сбора и обработки информации. Планирование наблюдений".

4. ГОСТ 6134-71 "Насосы динамические. Методы испытаний".

5. А.Н.Кезь, З.А.Ростэ "Результаты испытаний установок УЭЦН6-350-650", "Нефтяное хозяйство", № 8, 1969 г.

6. А.Н.Кезь, З.А.Ростэ. Изучение закономерностей работы центробежной электроустановки УЭЦН 160-750. "Нефтяное хозяйство", № 7, 1968 г.

7. Отчет по теме 49-77 МИНХ и ГП им. И.М.Губкина. Разработка и исследование теоретических основ повышения надёжности нефтедобывающих систем. 1979 г.

8. О.В.Яременко. Испытания насосов. Москва, Машиностроение. 1976 г.

9. ТатНИПИнефть. Отчет по теме 42/76. Исследование показателей эксплуатационной надежности механизированных способов добычи нефти.

10. Экспресс-информация ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, серия ХМ-4, №5, 1975г.

11. ГОСТ 16504-74. Качество продукции. Контроль и испытания. Основные термины и определения.

Зам.директора по научной работе В.П.Максимов

Начальник отдела техники добычи нефти Р.А.Максутов

Начальник отдела надежности Н.С.Горохов

Ответственные исполнители А.В.Смирнова

Н.А.Соловьёва

ПРИЛОЖЕНИЕ I.

Пример расчета показателей надежности
по результатам наблюдений /ГОСТ I7509-72/

План $[N,U,T]$, закон распределения экспоненциальный.

Под наблюдение поставлено 20 новых изделий. После отказа изделия не заменялись новыми. Наблюдения проводились в течение 2000 часов. За это время отказало 8 установок, то есть $N = 20$, $T = 2000$, $d = 8$.

Наработки каждого изделия следующие:

d	t_i
I	I00
2	I70
3	250
4	400
5	520
6	680
7	I200
8	I500

Требуется определить оценки показателей надежности изделий: среднюю наработку до отказа, вероятность безотказной работы за время $t = 500$ часов, интенсивность отказов, гамма-процентный ресурс при $\gamma = 90\%$.

Решение.

I. По формулам п. 6.4. и 6.5. для плана $[N,U,T]$ имеем:

$$\hat{\lambda} = \frac{d}{\sum_{i=1}^{d} t_i + (N-d)T} = \frac{8}{4820 + /20-8/ \cdot 2000} = 0{,}00028$$

$$\lambda_{нижн} = \frac{\hat{\lambda} N \chi^2_{\frac{1-\beta}{2},2d}}{d\left(2N - d + \frac{1}{2}\cdot\chi^2_{\frac{1-\beta}{2},2d}\right)}$$

где $\chi^2_{\frac{1-\beta}{2},2d}$ - квантиль χ^2 - распределения,

находим по таблице I справочного приложения 3 к ГОСТ I7509-72.

β - доверительная вероятность ; в нашем примере $\beta = 0,90$.

$$\lambda_{нижн} = \frac{0,00028 \cdot 20 \cdot 7,96}{8 \cdot \left(2 \cdot 20 - 8 + \frac{1}{2}7,96\right)} = 0,000I5$$

$\lambda_{верх} = 0,00044$

Итак, $0,000I5 < \lambda < 0,00044$

Таким образом, интервал / 0,000I5 + 0,00044 / с вероятностью 0,90 покрывает неизвестный параметр λ .

2. Средняя наработка изделия до отказа равна:

$$\hat{T}_{ср} = \frac{I}{\hat{\lambda}} = \frac{I}{0,00028} = 357I$$

$$T_{н} = \frac{I}{\lambda_{верх}} = \frac{I}{0,00044} = 2272$$

$$T_{в} = \frac{I}{\lambda_{нижн}} = \frac{I}{0,000I5} = 6667$$

Таким образом, интервал 2272 + 6667 с вероятностью 0,90 покрывает истинное значение средней наработки до отказа.

$$2272 < T_{ср} < 6667$$

3. Находим оценку вероятности безотказной работы изделия за время t = 500 часов, используя таблицу 5 ГОСТ I7509-72.

$$\hat{P}\,/500/ = e^{-0,00028 \cdot 500} = 0,87$$

$$\hat{P}\,/500/ = e^{-0,00044 \cdot 500} = 0,80$$

$$\hat{P}\,/500/ = e^{-0,000I5 \cdot 500} = 0,92$$

Следовательно, вероятность безотказной работы изделия приблизительно равна 0,87, а интервал 0,80 ÷ 0,92 покрывает её истинное значение с вероятностью 0,90.

4. Для оценки интенсивности отказов получаем:

$$\hat{\lambda}(t) = \hat{\lambda} = 0{,}00028 \ ,$$

то есть для экспоненциального закона распределения интенсивность отказов постоянна и не зависит от времени.

5. Для оценки 90% - ного ресурса находим:

$$\hat{T}_{P_\gamma} = \frac{1}{\hat{\lambda}} / - \ln \frac{\gamma}{100} / = \frac{1}{0{,}00028} / - \ln \frac{90}{100} / = 376$$

Таким образом можно утверждать, что 90% изделий имеют ресурс более 376 часов.

Для двусторонних доверительных границ с вероятностью 0,90 будем иметь:

$$T_{P_{\gamma н}} = \frac{1}{\lambda_{верх}} / - \ln \frac{\gamma}{100} / = \frac{1}{0{,}00044} / - \ln \frac{90}{100} / = 240$$

$$T_{P_{\gamma в}} = \frac{1}{\lambda_{нижн}} / - \ln \frac{\gamma}{100} / = \frac{1}{0{,}00015} / - \ln \frac{90}{100} / = 730$$

Итак, с вероятностью 0,90 интервал / 240 ÷ 730 / покрывает истинное значение 90% - ного ресурса.

Аналогично расчет можно провести по любому из предложенных планов наблюдений, используя формулы п.п. 6.3 ; 6.4 ; 6.5.

Приложение 2

Ж У Р Н А Л

подконтрольной эксплуатации установок ЭЦН

Подконтрольная эксплуатация УЭЦН

П.О. _____

НГДУ _____

Месторождение _____

Площадь _____

Форма учёта технических данных выборки установок ЭЦН

Таблица 1

№№ п/п	Состав выборки (партия) УЭЦН	Узлы установок ЭЦН																				Место и время проведения ПЭ		
		Насос			ПЭД			Кабель			Гидрозащита			Станц.упр.			Автотрансф.				Даты		
		Заводской номер	Завод-изготовитель	Дата изготовления	Заводской номер	Завод-изготовитель	Дата изготовления	Заводской номер	Завод-изготовитель	Дата изготовления	Заводской номер	Завод-изготовитель	Дата изготовления	Заводской номер	Завод-изготовитель	Дата изготовления	Заводской номер	Завод-изготовитель	Дата изготовления	№ скв	начало П.Э.	окончание П.Э.
1.																							
2.																							
3.																							
4.	и т.д.																						

Подпись лица, запо. ившего форму _____

Дата заполнения формы _____

Характеристика установки, снятая на стенде-скважине

Тип установки _____ № скважины _____

Таблица 2

Дата замера	Номер точки		Подача $м^3$/сут	Напор м	Напряжение в	Ток а	Потребляемая мощн. квт	Рабочая жидкость
	До спуска в скважину	I						
		2						
		3						
		4						
		5						
	Значения точек, полученные в результате пересчёта на натурную жидкость	I						
		2						
		3						
		4						
		5						
	После подъёма из скважины	I						
		2						
		3						
		4						
		5						

Таблица заполняется на каждую новую установку, входящую в партию

Подконтрольная эксплуатация УЭЦН

П.О._____
НГДУ_____
Месторождение_____
Площадь_____

Форма учета геолого-технических данных добывающей скважины №_____

Таблица 3

№№ п/п	Показатели	Единицы измерений	Даты замеров при подконтрольной эксплуатации			
1	2	3	4	5	6	7
1.	Продуктивность скважины	т/сут				
2.	Пластовое давление	кгс/см^2				
3.	Пластовая температура	^oC				
4.	Давление насыщения при пластовой температуре	кгс/см^2				
5.	Объемный коэффициент	-				
6.	Утвержденный технологический режим работы скважины:					
	а) дебит нефти	т/сут				
	б) забойное давление	кгс/см^2				
	в) устьевое давление	-"-				
	г) глубина установки насоса	м				
	д) тип насоса	шифр				

Таблица 3 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7
7.	Характеристика продукции скважин:					
	а) обводненность	%				
	б) содержание растворенного газа	$нм^3/м^3$				
	в) содержание механических примесей	-"-				
	г) содержание смол, асфальтенов, парафина	-"-				
	д) содержание солей	$мг/л^3$				
	е) содержание	%				
	ж) вязкость нефти в поверхности. условиях	спз				
	з) вязкость нефти в пластовых условиях	-"-				
	и) плотность сепарированной нефти	$т/м^3$				
	к) плотность нефти в пластовых условиях	-"-				
8.	Глубина с[illegible]ска УЭЦН	м				

Форму заполнил _____

(дата, должность, фамилия, и.о.)

Подконтрольная эксплуатация УЭЦН

Форма наблюдений за параметрами установки ЭЦН

П.О._____

НГДУ _____

Месторождение_____

Площадь _____

№ скважины _____

Таблица 4

Параметры	Буквенное обозначение	Размерность	Замер "___" ____ 198 г				Замер "___" ____ 198 г				
			1-й замер	2-й замер	3-й замер	среднее из 3-х замеров	1-й замер	2-й замер	3-й замер	среднее из 3-х замеров	и так далее
1	2	3	4	5	6	7	4	5	6	7	
1.Дебит скважины	Q	т/сут									
2.Давление в подъемных трубах на выкиде насоса, замеренное глубинным манометром	$P_н$	кгс/см^2									
3.Давление, замеренное через сифлер	$P_{суф}$	-"-									
4.Сопротивл. изоляции сист.: кабель-двигатель	R	мом									
5.Потребляемая мощность	N_y	квт									
6.Рабочий ток	J	а									
7.Напряжение в сети	U	в									
8.Частота тока в электросети	f	Гц									

Таблица 4 (продолжение)

I	2	3	4	5	6	7	4	5	6	7
9. Буферное давление	$P_б$	кгс/см^2								
10. Затрубное давление	$P_з$	-"-								
11. Температура на устье	T	^oC								

Форму заполнил _____
(дата, должность, фамилия, и.о.)

Подконтрольная эксплуатация УЭЦН

П.О.__ _____

НГДУ _____

Месторождение_____

Площадь _____

№ скважины _____

Форма-накопитель эксплуатационной информации для определения параметров работы установок ЭЦН.

Таблица 5

Параметры	Условное обозначение	Размерность	Даты наблюдений				Примечание
			"__" ____ I98 г	"__" ____ I98 г	"__" ____ I98	"__" ____ I98	
			числовое значение	числовое значение	числовое значение	числовое значение	
1	2	3	4	5	6	7	8
I.Дебит скважины	Q	т/сут					
2.Содержание воды	S	%					
3.Удельный вес добываемой воды	$\gamma_в$	г/см^3					
4.Удельный вес нефти при атмосф.условиях	$\gamma_н$	-"-					
5.Объемная усадка нефти в долях единиц	$И$	-					
Объемная подача	Q'	м^3/сут					

$$Q' = \frac{Q\frac{S}{100}}{\gamma_в} + \frac{Q(1-\frac{S}{100})}{\gamma_н}$$

Таблица 5 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8
6. Давление, замеренное через суфлёр	$P_{суф}$	кгс/см^2					
7. Давление в подъемных трубах на выкиде насоса	$P_н$	-"-					
8. Удельный вес добываемой жидкости	$\gamma_ж$	г/см^3					
Напор $H_н = \frac{(P_н - P_{суф})\,10}{\gamma_ж}$	$H_н$	м					
9. Мощность, потребляемая от сети	$N_у$	квт					
10. Сопротивление изоляции системы: кабель-двигатель	R	мом					
11. Рабочий ток	J	а					
12. Напряжение в электросети	U	в					
13. Буферное давление	$P_б$	кгс/см^2					
14. Затрубное давление	$P_з$	-"-					
15. Температура на устье	T	^oC					

Форму заполнил _____
(дата, должность, фамилия, и.о.)

Подконтрольная эксплуатация УЭЦН

И.О._____

НГДУ_____

Месторождение_____

Площадь_____

№ скважины_____

Форма учета отказов установки ЭЦН

Таблица 6

Запуск установки "__"_____198 г	Подъем установки "__"_____198 г	Наработка до отказа (в сутках)	Внешнее проявление отказа	Причина отказа	Примечание
1	2	3	4	5	6

Форму заполнил_____
(дата, должность, фамилия, и.о.)

Форма учёта узлов установки ЭЦН

Подконтрольная эксплуатация УЭЦН

П.О._____

НГДУ_____

Месторождение_____

Площадь_____

№ скважины_____

Таблица 7

Наименование узлов	Запуск "__"____198 г	Подъем "__"____198 г	Наработка (в сут.)	Ремонты	Запуск "__"____198	Подъем "__"____198 г	Наработка (сут)	Ремонт	и т.д.
I	2	3	4	5	2	3	4	5	2
Насос									
Гидрозащита									
ПЭД									
Кабель									

Примечание: в графе 5 знаком (+) отмечается какой узел отказал и подлежит ремонту

Форму заполнил_____
(дата, должность, фамилия, и.о.)

Подконтрольная эксплуатация УЭЦН

П.О._____
НГДУ _____
Месторождение _____
Площадь _____
№ скважины _____

Форма записи результатов обработки параметрических наблюдений за работой установок ЭЦН

Таблица 8

ПАРАМЕТРЫ	Буквенное обозначение	Размерность	Допустимое отклонение от значения параметра ТУ 26-06-916-75	Численное значение параметров		Изменение параметров за время проведения ПЭ	Отклонение значения параметров (графы 5) от параметров ТУ 26-06-916-75	Примечание
				В начале ПЭ	По окончании ПЭ			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Подача	Q	$м^3$/сут						
2. Напор	$H_н$	м. ст. жидк.						
3. Сопротивление изоляции системы кабельдвигатель	R	мом						
4. Рабочий ток	J	а						
5. Потребляемая мощность	$N_д$	квт						

Таблица 8 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8
6. Напряжение в сети	U	В					
7. Частота тока в сети	f	Гц					

Форму заполнил _____
(дата, должность, фамилия, и.о.)

Подконтрольная эксплуатация УЭЦН

ПО _____

НГДУ _____

Месторождение _____

Площадь _____

Форма записи результатов обработки информации по оценке показателей надежности установки ЭЦН

Тип установки _____, кол-во установок, находившихся под наблюдением _____ шт., период наблюдения _____

План наблюдений [ ]

Таблица 9

Наработка до отказа t_i	Вероятность безотказной работы $P(t)$	Средняя наработка до отказа $T_{ср.}$	Интенсивность отказов λ	Гамма-процентная наработка до отказа T_γ	Средний срок службы $T_{ср.сл.}$	Примечание
I	2	3	4	5	6	7
t_1						
t_2						
.						
.						
t_{10}						

Форму заполнил _____

(дата, должность, фамилия, и.о.)

Подконтрольная эксплуатация УЭЦН

ПО _____

НГДУ _____

Месторождение _____

Площадь _____

Тип установки _____

Марка насоса _____

ПЭД _____

кабеля _____

гидрозащиты _____

Форма записи результатов обработки информации по оценке показателей надежности узлов установки ЭЦН

Завод-изготовитель насоса _____

ПЭД _____

кабеля _____

гидрозащиты _____

Количество установок ЭЦН, за узлами которых проводилось наблюдение _____ шт.

План наблюдений _____

Таблица 10

Наименование узлов	Наработка до отказа t_i	Средняя наработка до отказа $T_{ср}$	Интенсивность отказов λ	Гамма-процентная наработка до отказа T_γ	Средний срок службы $T_{ср.сл}$	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
Насос	$t_1 \ldots t_{10}$					
ПЭД	$t_1 \ldots t_{10}$					
Кабель	$t_1 \ldots t_{10}$					
Гидрозащита	$t_1 \ldots t_{10}$					

Форму заполнил _____

"УТВЕРЖДАЮ":

Гл. инженер П.О._____

"__"_____I98__г.

А К Т_____I98__г.

на проведение подконтрольной эксплуатации
установок ЭЦН типа _____

в добывающих скважинах нефтяного
месторождения _____

НГДУ _____

производственного объединения_____

в _____годах

Комиссия в составе_____

_____

составила настоящий акт в том, что на месторождении_____

_____ проводилась подконтрольная эксплуатация

в период с "____"_____I98__г. до "____"_____I98__г.

установок ЭЦН типа _____

в количестве _____ штук

Заводы-изготовители узлов:

насоса _____

ПЭД _____

гидрозащиты_____

кабеля_____

При проведении подконтрольной эксплуатации выяснилось, что

_____

(результаты проведения подконтрольной эксплуатации)

_____

_____

Основными причинами отказов являются_____

_____

_____

_____

В целях повышения эксплуатационной надежности узлов установки ЭЦН и другого скважинного оборудования следует провести мероприятия:_____

_____

_____

_____

Члены комиссии: /подписи/

Представитель СТН управления "Нефтепромаппнефмонтаж" _____

Представитель ОН П.О. _____

Другие члены комиссии _____

_____

_____

_____

ОНТИ-ВНИИ - 80г.

Заказ 353. Тир. 260

А-45516

МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Всесоюзный нефтегазовый научно-исследовательский институт

(ВНИИ)

СОГЛАСОВАНО:

Начальник
ОКБ БН

_____ В. Л. Калишевский

"___" _____ 1980 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель директора по
научной работе

_____ В.П.Максимов

"___" _____ 1980 г.

У К А З А Н И Я

по проведению подконтрольной эксплуатации установок погружных центробежных электронасосов (УЭЦН)

(Пояснительная записка)

I. ОСНОВАНИЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РД

"Указания по проведению подконтрольной эксплуатации установок погружных центробежных электронасосов /УЭЦН/" разработаны на основании решения коллегии Миннефтепрома от 2.06.77 и тематического плана ВНИИ на 1979-1980г.г. /темы №301 и №382 соответственно/.

2. ЗАДАЧА РД И ЦЕЛЬ РАЗРАБОТКИ

Задачей настоящего РД является определение методического подхода к проведению подконтрольной эксплуатации, при котором можно было бы решить ряд вопросов, связанных с надёжностью УЭЦН в процессе эксплуатации.

Проведение подконтрольной эксплуатации на базе "Указаний" даст возможность решить следующие вопросы:

I. Оценить надежность УЭЦН и составляющих её элементов.

2. Оценить качество ремонта УЭЦН путем сравнения характеристик показателей надежности новых насосов и ремонтируемых.

3. Оценить соответствие параметров установки параметрам, записанным в нормативно-технической документации.

Круг поставленных данным документом задач ограничен выявлением эксплуатационной надежности ЭЦН в целом и не предусматривает определение степени надёжности и износа отдельных деталей двигателя, насоса, гидрозащиты и других узлов во времени. Подобная подконтрольная эксплуатация проводится разработчиками и изготовителями оборудования по специальной методике с целью совершенствования конструкции, улучшения технологии производства и замены материалов.

3. ВЫБОР ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

Под эксплуатационной надежностью понимается свойство установки безотказно работать в течение определенного интервала времени в заданных условиях эксплуатации при соблюдении установленных мероприятий технического обслуживания и текущего ремонта. При выборе показателей надёжности объекта важное значение имеет решение, которое принимается в случае отказа объекта. Если в рассматриваемой ситуации восстановление работоспособности данного объекта в случае его отказа по каким-либо причинам признается нецелесообразным или неосуществимым, то такой объект в данной ситуации является невосстанавливаемым ГОСТ 13377-75 [2]. Установки ЭЦН относятся к невосстанавливаемым объектам. Их отказы можно разделить на функциональные и параметрические. Отказ функционирования приводит к тому, что УЭЦН не может выполнять своих функций /двигатель не вращается, насос не подает жидкость и т.п./. Часто отказ функционирования связан с поломками или заклиниванием отдельных элементов изделия /установки/. Параметрический отказ приводит к выходу параметров изделия за допустимые пределы. Такие отказы, как снижение производительности насоса, уменьшение КПД установки и т.п. не ограничивает возможность дальнейшего функционирования установки. Однако, она становится неработоспособной с точки зрения требований, установленных техническими нормативами.

Поскольку установки ЭЦН - невосстанавливаемые объекты их надёжность количественно оценивается с помощью показателей: средняя наработка до отказа, средний ресурс, средний срок службы, гамма-процентный ресурс, вероятность безотказной работы до пер-

вого отказа, интенсивность отказов в соответствии с ГОСТ 13377-75. ТУ 26-06-916-75 "Установки погружных центробежных электронасосов УЭЦН и УЭЦНБ" регламентируют надежность установки с помощью показателя средней наработки до отказа, а надёжность насоса - 90%-ой наработкой до отказа. Одной из задач, поставленных данными указаниями является определение соответствия фактических значений этих показателей, полученных в результате проведения ПЭ, показателям, записанным вТУ 26-06-916-75.

Чтобы произвести оценку выбранного показателя надежности по результатам ПЭ, необходимо выбрать план проведения испытаний и определить закон распределения случайной величины /средней наработки до отказа/, так как этими двумя факторами определяется стратегия проведения подконтрольной эксплуатации и методика обработки полученных результатов.

Разработчиками указаний на базе ГОСТ 16504-74 и ГОСТ 17510-72 предлагаются следующие планы для проведения подконтрольной эксплуатации.

[N,U,r]- план испытаний, согласно которому одновременно испытывают N установок одного типоразмера; отказавшие во время испытаний установки не восстанавливают и не заменяют; испытания прекращают, когда число отказавших установок достигло r.

[N,U,N]- план испытаний, согласно которому одновременно испытывают N установок одного типоразмера. В процессе наблюдений за установками данные об их работоспособности фиксируются в журнале. При наступлении отказа какой-либо установки её отправляют в ремонт и продолжают наблюдение за оставшимися пока они все не откажут. / Например, из 10 установок 2 отказали, наблюдение продолжается за оставшимися 8 до тех пор, пока все 8 не откажут/. Значок "U" означает, что в процессе испытаний отказавшие установки не заменяются и не восстанавливаются.

[N,U,T]- план испытаний, согласно которому испытывают N установок в течение заданной продолжительности испытаний T. Отказавшие установки не заменяются и не восстанавливаются.

[N,R,T]- план испытаний, согласно которому начинают испытания N установок одного типоразмера и планируют их испытывать в течение заданного времени испытаний Т. Если за это время какая-либо установка отказала, то её заменяют такой же / о чем говорит значок "R "/ и продолжают испытания до истечения времени Т.

Выбор плана проведения испытаний зависит от специфики технико-экономических возможностей каждого объединения, которое будет проводить подконтрольную эксплуатацию установок ЭЦН по предлагаемым указаниям.

План [N,R,T] более трудоемкий с точки зрения организации проведения ПЭ, так как при его реализации надо следить не только за работой подопытных установок, но и за тем, чтобы при отказе установки на её место была бы спущена точно такая же установка.

Преимущество же этого плана в том, что его реализация позволяет собрать более полную статистическую информацию, чем при планах [N,K] [N,U,N] и [N,U,T] за одно и то же время.

Согласно исследованиям, проведенным в ТатНИПИнефть [9] показано, что закон распределения времени безотказной работы УЭЦН подчиняется экспоненциальному закону, [illegible]. Расчет показателей надежности УЭЦН для различных планов проведения испытаний и экспоненциального закона распределения времени безотказной работы установки приводится в данном РД.

4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОЛИЧЕСТВА УСТАНОВОК ЭЦН ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДКОНТРОЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Исчерпывающую информацию о надёжности установки дает знание

законов распределения времени её безотказной работы и восстановления. Построение функций распределения возможно лишь при наличии выборки исходных данных об отказах и восстановлениях достаточного объёма. Анализ, проведенный в МИНХ и ГП [7] показывает, что получение выборки указанного объёма невозможно при рассмотрении отдельной скважины, так как с одной стороны при больших МРП / 150-200 сут. / требуется рассмотрение длительного периода времени, с другой стороны, за это время происходит изменение условий эксплуатации. Решение проблемы возможно двумя путями:
объединением скважин в группы по каким-либо характерным признакам;
применением методов оценки функций распределения по малым выборкам
Рассчитаем необходимое количество установок для проведения подконтрольной эксплуатации при экспоненциальном законе распределения вероятности безотказной работы.
Используем таблицу 4 приложения I ГОСТ 17510-72 [3].
Функция плотности вероятности при экспоненциальном законе распределения имеет вид:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

Коэффициент вариации $\nu = 1$; $\beta = 1$.
Обратимся к номограммам [3].
По заданной относительной погрешности определение показателя надежности $\delta = 0{,}8$ и доверительной вероятности $\gamma = 0{,}8$ определяем количество установок по номограмме: $N \approx 8$.

5. ОБОСНОВАНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ ЗАМЕРОВ

В процессе подконтрольной эксплуатации необходимо осуществлять постоянный контроль за установкой ЭЦН. Периодически следует проводить измерение дебита, давления на приеме насоса и в

НКТ, величины сопротивления изоляции системы кабельная линия - ПЭД, потребляемую мощность, рабочий ток. Значения этих эксплуатационных параметров или сами характеризуют работоспособность установки или входят составляющими в расчетные формулы параметров, характеризующих работоспособность. Периодичность этого контроля, на основании исследований, проведенных во ВНИИгидромаше, устанавливается так, чтобы количество измерений между постепенными отказами было не менее пяти. На основании этого и с учетом данных по межремонтным периодам работы УЭЦН в разных объединениях устанавливается следующая периодичность измерения параметров: 20 суток во всех районах, кроме Азербайджана, 5 суток - для Азербайджана.

6. ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Разработка проекта РД базировалась на следующих материалах:

1. ГОСТ 17526-72 "Надежность изделий машиностроения. Система сбора и обработки информации. Требования к содержанию форм учета наработок, повреждений и отказов".

2. ГОСТ 13377-75 "Надежность в технике. Термины и определения".

3. ГОСТ 17510-72 "Система сбора и обработки информации. Планирование наблюдений".

4. ГОСТ 6134-71 "Насосы динамические. Методы испытаний".

5. А.Н.Кезь, З.А.Ростэ "Результаты испытаний установок УЭЦН6-350-650", "Нефтяное хозяйство", №8, 1969г.

6. А.Н.Кезь, З.А.Ростэ. Изучение закономерностей работы центробежной электроустановки УЭЦН 160-750. "Нефтяное хозяйство", №7, 1968г.

7. Отчет по теме 49-77 МИНХ и ГП им. И.М.Губкина. Разработка и исследование теоретических основ повышения надёжности нефтедобывающих систем. 1979г.

8. О.В.Яременко. Испытания насосов. М.Машиностроение, 1976 г.
9. ТатНИПИнефть. Отчет по теме 42/76. Исследование показателей эксплуатационной надежности механизированных способов добычи нефти.
10. Экспресс-информация ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, серия ХМ-4, № 5,1975г.
11. ГОСТ 16504-74. Качество продукции. Контроль и испытания. Основные термины и определения.

Начальник отдела техники
добычи нефти Р.А.Максутов

Начальник отдела надежности
оборудования и ремонта скважин Н.С.Горохов

Ответственный исполнитель А.В.Смирнова

ОНТИ-ВНИИ -80г.
Зак. 353. Тир.260
Д-45515

gost.e-ecolog.ru