

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-І-433-80

Москва - 1980 г.

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 1980 г. срок введения установлен с 15.10.80 г.

Настоящие "Указания" распространяются на проведение подконтрольной эксплуатации УЭЦН, изготавливаемых 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 I7526-72/.

1. ЦЕЛЬ РАЗРАБОТКИ

Целью проведения подконтрольной эксплуатации УЭЦН является:

- I.1. 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.

1.4. 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 13377-75.

3. ПАРАМЕТРЫ РАБОТЫ УЭЦН

3.1. Основными параметрами, характеризующими работоспособность установок ЭЦН являются:

подача насоса Q' / м³/сут /;

напор насоса H_N / 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:

$$Q' = \frac{Q \frac{S}{100}}{\gamma_B} + \frac{Q(1 - \frac{S}{100})}{\gamma_H(1 - I)} \quad / \text{ м}^3/\text{сут} /$$

/ з.1 /

где, S - содержание воды, % вес ;

Q - дебит скважины, т/сут ;

γ_B - удельный вес воды, т/м³ ;

γ_H - удельный вес нефти при атмосферных условиях, т/м³ ;

I - объемная усадка нефти в долях единицы.

3.3. Напор развиваемый насосом, следует рассчитывать по формуле:

$$H_N = \frac{(P_N - P_{\text{суф}}) 10}{\gamma_{\text{ж}}}$$

где: H_N - напор, развиваемый насосом в м ст. добываемой жидкости;

P_N - давление в подъемных трубах, приведенное к уровню приема насоса, кгс/см²;

$P_{\text{суф}}$ - давление в затрубном пространстве на уровне приема насоса, измеренное глубинным манометром через суфлер или иным способом, кгс/см²;

$\gamma_{\text{ж}}$ - удельный вес добываемой жидкости, т/м³.

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 "Нефтепроммашнефмонтаж".

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:

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

При плане $[N, U, \tau]$ 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 τ . / В частном случае $\tau = N$, 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 $T = 10\ 000$ 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 $T = 10\ 000$ 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 $[N, u, v]$ и $[N, u, T]$ за исследуемый период.

5.4. Агрегаты, комплектуемые 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 онятия 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 /мегаометром станции управления/;
потребляем. й мощности /амперметром и вольтметром/;
рабочего тока /амперметром станции управления/.
Величина измеряемых 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 напсра 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 какой-либо установки ЭЦН по каким-либо причинам, что вызвало подбём 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 преобладают 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:

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

Вероятность безотказной работы до первого отказа:

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

Интенсивность отказов:

$$\hat{\lambda} \quad ;$$

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:

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

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

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

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

где d - число отказов за время наблюдений ;

t_i - отдельные значения случайной величины наработки до отказа установки ;

t_{τ} - наработка изделия до получения τ 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 $[N, U, \tau]$:

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

При плане $[N, U, N]$:

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

При плане $[N, U, T]$:

$$\lambda_{\text{нижн}} = \frac{\hat{\lambda} N \chi_{\frac{1-\beta}{2}, 2d}^2}{d(2N-d + \frac{1}{2} \chi_{\frac{1-\beta}{2}, 2d}^2)} ;$$

$$\lambda_{\text{верх}} = \frac{\hat{\lambda} N \chi_{\frac{1+\beta}{2}, 2d}^2}{d(2N-d + \frac{1}{2} \chi_{\frac{1+\beta}{2}, 2d+2}^2)} ;$$

При плане $[N, R, T]$:

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

где $\chi_{R, n}^2$ - квантиль χ^2 - распределения /величина табулированная/;

R - 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 ВНИИТЦПРОМАШ.

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.Кеэз, Э.А.Роств "Результаты испытаний установок УЭЦН6-350-650", "Нефтяное хозяйство", № 8, 1969 г.
6. А.Н.Кеэз, Э.А.Роств. 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. ТатНИПнефть. 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

Начальник отдела техники добычи

Начальник отдела надежности

Ответственные исполнители

В.П.Максимов В.П.Максимов

Р.А.Максутов Р.А.Максутов

Н.С.Горохов

А.В.Смирнова А.В.Смирнова

Н.А.Соловьёва Н.А.Соловьёва

ПРИЛОЖЕНИЕ I.

Пример расчета показателей надежности
по результатам наблюдений /ГОСТ Г7509-72/

План $[N, n, T]$, 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
1	100
2	170
3	250
4	400
5	520
6	680
7	1200
8	1500

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 $[N, n, T]$ имеем:

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

$$\lambda_{\text{нижн}} = \frac{\hat{\lambda} N \chi_{\frac{1-\beta}{2}, 2d}^2}{d(2N-d + \frac{1}{2} \cdot \chi_{\frac{1-\beta}{2}, 2d}^2)}$$

Стр. 12 Рц 89-1-433-80

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

находим по таблице I справочного приложения 3 к ГОСТ 17509-72.

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

$$\lambda_{\text{нижн}} = \frac{0,00028 \cdot 20 \cdot 7,96}{8 \cdot \left(2 \cdot 20 - 8 + \frac{1}{2} \cdot 7,96 \right)} = 0,00015$$

$$\lambda_{\text{верх}} = 0,00044$$

Итак, $0,00015 < \lambda < 0,00044$

Таким образом, интервал $/ 0,00015 + 0,00044 /$ с вероятностью 0,90 покрывает неизвестный параметр λ .

2. Средняя наработка изделия до отказа равна:

$$\hat{T}_{\text{ср}} = \frac{I}{\lambda} = \frac{I}{0,00028} = 3571$$

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

$$T_{\text{B}} = \frac{I}{\lambda_{\text{нижн}}} = \frac{I}{0,00015} = 6667$$

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

$$2272 < T_{\text{ср}} < 6667$$

3. Находим оценку вероятности безотказной работы изделия за время $t = 500$ часов, используя таблицу 5 ГОСТ 17509-72.

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

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

$$\hat{P} / 500 / = e^{-0,00015 \cdot 500} = 0,92$$

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:

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

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

5. Для оценки 90% - ного ресурса находим:

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

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

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

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

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

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.

Стр. 14 РД 39-1-433-80

Приложение 2

Ж У Р Н А Л
подконтрольной эксплуатации установок ЭЦН

Подконтрольная
эксплуатация УЭЦН

П.О. _____

ИГДУ _____

Месторождение _____

Площадь _____

Форма учёта технических данных выборки
установок ЭЦН

Таблица 1

№ п/я	Состав выборки (партия) уэцн	Узлы установок ЭЦН										Место и время про- ведения ПЭ						
		Ивсос	ПЭД	Кабель	Гидрозащита	Станц.упр.	Автотрансф.	№ СКМ	№ ДБН									
		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
1.																		
2.																		
3.																		
4.																		

и т.д.

Подпись лица, зап. имвшего форму _____
Дата заполнения формы _____

РЛ 39-1-435-80

Стр. 15

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	Потребляе- мая мощн. квт	Рабочая жидкость
!	До спуска в скважину	1	!	!	!	!	!
		2	!	!	!	!	!
		3	!	!	!	!	!
		4	!	!	!	!	!
		5	!	!	!	!	!
!	Значения точек, полученные в ре- зультате пересчё- та на натурную жидкость	1	!	!	!	!	!
		2	!	!	!	!	!
		3	!	!	!	!	!
		4	!	!	!	!	!
		5	!	!	!	!	!
!	После подъёма из скважины	1	!	!	!	!	!
		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				
			4	5	6	7	
1	Продуктивность скважины	т/сут					
2	Пластовое давление	кгс/см ²					
3	Пластовая температура	°С					
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)

Стр. 18

РД 39-1-43-80

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 скважина УЭЦН	м				

Форму заполнил _____

(дата, должность, фамилия, и.о.)

Подконтрольная
эксплуатация УЭЦНФорма наблюдений за параметрами уста-
новки ЭЦН

П.О. _____

НГДУ _____

Месторождение _____

Площадь _____

№ скважины _____

Таблица 4

Параметры	Буквенное обозначение	Размерность	Замер " " 198 г				Замер " " 198 г				и так далее
			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	
I	2	3	4	5	6	7	4	5	6	7	

1. Дебит скважины Q т/сут2. Давление в подъемных трубах на выкиде насоса, замеренное глубинным манометром P_H кгс/см²3. Давление, замеренное через диффер $P_{суд}$ "-"4. Сопротивл. изоляции сист.: кабель-двигатель R мом5. Потребляемая мощность N_y квт6. Рабочий ток J а7. Напряжение в сети U в8. Частота тока в электросети f Гц

Таблица 4 (продолжение)

I	1	2	3	4	5	6	7	4	5	6	7
9. Буферное давление	P_8		кгс/см ²								
10. Затрубное давление	P_3		-"-								
11. Температура на входе	T		°C								

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	Д а т ы н а б л ю д е н и й				Примечание
			" " 198 г.	" " 198 г.	" " 198	" " 198	
			числовое значение	числовое значение	числовое значение	числовое значение	
1	2	3	4	5	6	7	8

1. Дебит скважины	Q	т/сут					
2. Содержание воды	S	%					
3. Удельный вес добываемой воды	γ_B	г/см ³					
4. Удельный вес нефти при атм.условиях	γ_H	" "					
5. Объемная усадка нефти в долях единиц	I	-					
Объемная подача	Q'	м ³ /сут					

$$Q' = \frac{Q \frac{S}{100}}{\gamma_B} + \frac{Q(1 - \frac{S}{100})}{\gamma_H}$$

Таблица 5 (продолжение)

	1	2	3	4	5	6	7	8
6. Давление, замеренное через суфлёр		$P_{\text{суф}}$	кгс/см ²					
7. Давление в подъемных трубах на выкиде насоса		$P_{\text{н}}$	" "					
8. Удельный вес добываемой жидкости		$\gamma_{\text{ж}}$	г/см ³					
$H_{\text{н}} = \frac{\text{Напор} (P_{\text{н}} - P_{\text{суф}}) 10}{\gamma_{\text{ж}}}$		$H_{\text{н}}$	м					
9. Мощность, потребляемая от сети		$N_{\text{ц}}$	квт					
10. Сопротивление изоляции системы: кабель-двигатель		R	мом					
11. Рабочий ток		J	а					
12. Напряжение в электросети		U	в					
13. Буферное давление		$P_{\text{б}}$	кгс/см ²					
14. Затрубное давление		$P_{\text{з}}$	" "					
15. Температура на устье		T	°с					

Форму заполнил

(дата, должность, фамилия, и.о.)

Стр. 22

РД 89-1-433-80

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 _____

Стр. 24 ДЛ 39-1-433-80

Таблица 7

Наименование узлов	Запуск " " 198 г	Подъем " " 198 г	Наработ- ка (в сут.)	Ремонты	Запуск " " 198 г	Подъем " " 198 г	Наработ- ка (сут)	Ремонт	и т.д.
1	2	3	4	5	2	3	4	5	2

Насос

Гидрозащита

НЭД

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	Численное значение параметров	Изменение параметров за время проведения ПЭ	Отклонение значений параметров (табл 5) от параметров ту 26-06-916-75	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Подача	Q^1	м ³ /сут					
2. Напор	H_N	м. ст. жидк.					
3. Сопротивление изоляции системы кабельдвигатель	R	ком					
4. Рабочий ток	J	а					
5. Потребляемая мощность	N_y	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.)

Стр. 26
 РД 39-1-433-80

Подконтрольная
эксплуатация УЭЦН

ПО _____

НГДУ _____

Месторождение _____

Площадь _____

Тип установки _____, кол-во установок, находившихся

под наблюдением _____ шт., период наблюдения _____

План наблюдений [_____]

Форма записи результатов обработки информации по оценке показателей надежности установки УЭЦН

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
1	2	3	4	5	6	7	
t_1							
t_2							
\vdots							
t_n							

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 _____

Стр. 28
РД 39-1-433-80

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

План наблюдений _____

Таблица 10

Наименование узлов	Наработка до отказа t_i	Средняя нара- ботка до отка- за $T_{ср}$	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	$t_1 \dots t_{10}$					
ПЭД	$t_1 \dots t_{10}$					
Кабель	$t_1 \dots t_{10}$					
Гидрозащита	$t_1 \dots t_{10}$					

Форму заполнил _____

"УТВЕРЖДАЮ":

Гл. инженер П.О. _____
" " _____ 198 г.

А К Т _____ 198 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 " " _____ 198 г. до " " _____ 198 г.

установок ЭЦН типа _____

в количестве _____ штук

Заводы-изготовители узлов:

насоса _____

ЦЭД _____

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:

/подпись/

Представитель СТИ управления
"Нефтепроммашинефмонтаж"

Представитель ОН П.О.

Другие члены комиссии

ОИТИ-ВНИИ - 80г.

Заказ 353. Тир. 260

Л-45516

МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Всесоюзный нефтегазовый научно-исследовательский институт
(ВНИИ)

СОГЛАСОВАНО:

Начальник
ОКБ ВНИИ

 В. Л. Калишевский

_____ 1980 г.

УТВЕРЖДАЮ:

 Заместитель директора по
научной работе

В. П. Максимов 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:

1. Оценить надёжность УЭЦН и составляющих её элементов.
2. Оценить качество ремонта УЭЦН путем сравнения характеристик показателей надёжности новых насосов и ремонтируемых.
3. Оценить соответствие параметров установки параметрам, записанным в нормативно-технической документации.

Круг поставленных данным документом задач ограничен выявлением эксплуатационной надёжности ЭЦН в целом и не предусматривает определение степени надёжности и износа отдельных деталей двигателя, насоса, гидрозатвора 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 надежности 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 невозстанавливаемым ГОСТ 13377-75 [2].

Установки ЭЦН относятся к невозстанавливаемым 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 - невозстанавливаемые объекты их надежность 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 надежность 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 в ТУ 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 методики обработки полученных результатов.

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

[N, И, Ч]- 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 **Ч**.

[N, И, И] 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 "**И**" означает, что в процессе испытаний отказавшие установки не заменяются и не восстанавливаются.

[N,CT] - 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 T . Если за это время какая-либо установка отказала, то её заменяют такой же / о чем говорит значок "R" / и продолжают испытания до истечения времени T .

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,C]** **[N,C,N]** и **[N,CT]** за одно и то же время.

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

4. ОСНОВАНИЕ 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 объема. Анализ, проведенный в МНХ и ГП [7] показывает, что получение выборки указанного объема 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 I75I0-72 [3].

Функция плотности вероятности при экспоненциальном законе распределения имеет вид :

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

Коэффициент вариации $v = 1$; $\delta = 1$.

Обратимся к номограммам [3].

По заданной относительной погрешности определение показателя надежности $\delta = 0,3$ 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

На 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.Гостя "Результаты испытаний установок УЭЦН 350-650", "Нефтяное хозяйство", №6, 1969г.
6. А.Н.Кезь, З.А.Гостя. Изучение закономерностей работы центробежной электроустановки УЭЦН 160-750. "Нефтяное хозяйство", №7, 1968г.
7. Отчет по теме 49-77 М-НХ и ПИ им. И.М.Губкина. Разработка и исследование теоретических основ повышения надежности 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

№-45515