

Утверждены на заседании
Правления Экспертного совета по
механизированной добыче нефти
24 декабря 2015 г.

Рекомендации

«Расчет межремонтного периода работы скважин.

Расчет наработки на отказ.

Расчёт средней наработки установок до отказа»

Экспертный совет по механизированной добыче нефти

Москва, 2015 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ.....	3
1.1. Общие сведения о документе.....	3
1.2. Назначение документа.....	3
1.3. Область применения.....	3
1.4. Вводимые определения, термины и сокращения.....	3
2. РЕКОМЕНДАЦИИ.....	4
2.1. Расчет межремонтного периода работы фонда скважин.....	4
2.2. Расчет наработки на отказ скважинного оборудования.....	5
2.3. Расчет средней наработки установок до отказа.	5
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Пример расчёта средней наработки установок до отказа.....	8

1. ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

1.1. Общие сведения о документе

Настоящий документ рекомендован к применению в нефтегазодобывающей отрасли.

1.2. Назначение документа

Целью настоящих Рекомендаций является качественное проведение анализа работы механизированного фонда скважин для повышения эффективности его эксплуатации.

Рекомендации устанавливают:

- расчёт межремонтного периода работы действующего механизированного фонда скважин;
- расчёт наработки на отказ скважинного оборудования;
- расчет средней наработки установок до отказа.

1.3. Область применения

Настоящий документ рекомендуется для использования должностными лицами, отвечающими за работу механизированного фонда скважин в нефтяных компаниях.

1.4. Вводимые определения, термины и сокращения

Таблица 1. Перечень сокращений

Сокращение	Расшифровка сокращения
ГНО	Глубинно-насосное оборудование, подземная часть установок механизированного фонда скважин
ПУ	Предвключенные устройства – входной модуль, газосепаратор, диспергатор, газосепаратор – диспергатор, мультифазный насос, фильтр – входной модуль и т.д.
МРП	Межремонтный период
НКТ	Насосно-компрессорные трубы
ННО	Наработка на отказ
МЭР	Месячный эксплуатационный рапорт
НО	Наземное оборудование, оборудование, смонтированное на поверхности земли (оборудования устья скважины, станок качалка, станция управления, трансформатор и т.д.)
ПЭД	Погружной электродвигатель – электродвигатель с гидрозащитой
ЭД	Погружной электродвигатель
ТМПН	Трансформатор маслonaполненный повышающий наружный
УШВН	Установка штангового винтового насоса
УЭВН	Установка электровинтового насоса
УЭДН	Установка электродиафрагменного насоса
УЭЛН	Установка скважинного электроприводного лопастного насоса
УШСН	Установка штанговая скважинная насосная

Таблица 2. Перечень терминов

Наименование термина	Определение термина
Механизированный фонд скважин	Фонд скважин, эксплуатируемый оборудованием, использующим энергию, подаваемую с поверхности земли
Межремонтный период	Показатель, характеризующий продолжительность работы скважины между датой вывода скважины на режим и датой ее остановки, по причине отказа ГНО
Наработка на отказ	Показатель, характеризующий работоспособность ГНО с момента кнопочного запуска до момента остановки скважины, по причине отказа, повлекшего за собой демонтаж ГНО
Наработка до отказа	Показатель, характеризующий надежность ГНО и дающий возможность прогноза отказа

Наименование термина	Определение термина
Отказ ГНО	1. Параметрический отказ – это отказ, характеризующийся отклонением значения хотя бы одного рабочего параметра системы за пределы допуска. 1.1. Параметрический отказ – когда восстановление параметров не требует демонтажа ГНО (например, промывка скважины или скребкование скважины). 1.2. Параметрический отказ – когда восстановление параметров без демонтажа ГНО невозможно (например, снижение изоляции кабеля) 2. Отказ функционирования – это отказ, при наступлении которого ГНО перестает выполнять свои функции. Дальнейшая эксплуатация возможна только после демонтажа и ремонта
УШВН	Установка, включающая газовый сепаратор, якорь, винтовой насос, колонну насосных штанг, наземный электропривод во взрывозащищенном исполнении
УЭВН	Установка, включающая в себя: винтовой насос с входным модулем или ПУ, гидрозащиту, ЭД, опорный узел, кабельную линию, обратный клапан, сливной клапан, крепежные пояса или кабельные протектора, станцию управления, ТМПП
УЭДН	Установка, включающая в себя: диафрагменный насос объемного действия, ПЭД, кабельную линию, обратный клапан, сливной клапан, крепежные пояса или кабельные протектора, станцию управления, ТМПП
УЭЛН	Установка, включающая в себя: лопастной насос с входным модулем или ПУ, гидрозащиту, ЭД, кабельную линию, обратный клапан, сливной (сбивной) клапан, крепежные пояса или кабельные протектора, станцию управления, ТМПП, оборудование устья скважины
УШСН	Установка, включающая скважинный насос, колонну штанг, работающая от наземного привода (станок-качалка, цепной привод и т.д.)

2. РЕКОМЕНДАЦИИ

2.1. Расчет межремонтного периода работы фонда скважин.

Настоящий расчет предназначен для определения и учета МРП по механизированному фонду действующих скважин.

Межремонтный период определяется по действующему механизированному фонду скважин.

Расчет МРП работы скважин производится за скользящий год, то есть за двенадцать месяцев с начала анализируемого периода, и также за текущий месяц (за 30 или 31 день с начала анализируемого периода).

При расчете МРП скважин пользуются формулой:

$$\text{МРП} = \frac{T_{\text{МРП}}}{N}, \text{ сут.} \quad (1)$$

где:

$T_{\text{МРП}}$ – суммарное отработанное время всего механизированного фонда действующих скважин за учитываемый период (месяц/год, используются данные из формы МЭР), сут.

N – количество отказов ГНО за отчетный период (текущий месяц, скользящий год), шт.

Отказы ГНО учитываются в том месяце, когда они произошли, вне зависимости от того, определена ли окончательно причина отказа.

За отказ ГНО принимают только:

1. Параметрический отказ, повлекший за собой демонтаж ГНО.
2. Отказ функционирования.

В расчете МРП не учитывают демонтажи исправного ГНО для проведения работ со скважиной. При этом время простоя скважины на данные операции в расчёт параметра «Т_{МРП}» не включают.

2.2. Расчет наработки на отказ скважинного оборудования.

Настоящий расчет предназначен для определения и учета наработки на отказ ГНО по механизированному фонду действующих скважин.

Расчет наработки на отказ производится за скользящий год, а также за текущий месяц (за 30 или 31 день с начала анализируемого периода). При расчёте наработки на отказ пользуются формулой:

$$\text{ННО} = \frac{\text{Т}_{\text{ННО}}}{\text{N}}, \text{ сут}, \quad (2)$$

где:

$\text{Т}_{\text{ННО}}$ – суммарное отработанное время ГНО только по скважинам с отказавшим оборудованием. За отработанное время принимают время с момента кнопочного запуска ГНО в работу до момента отказа, сут. Если отработанное время ($\text{Т}_{\text{ННО}}$) находится за пределами расчётного периода (скользящий год, месяц), то при подсчёте учитывается всё отработанное время с момента последнего кнопочного запуска ГНО до отказа, независимо от расчётного периода.

2.3. Расчет средней наработки установок до отказа.

Настоящая методика предназначена для определения надежности всех типов установок отмеченных выше, включая УЭЛН, и их узлов по результатам промышленной эксплуатации. В соответствии с нормативно-технической документацией погружные насосные системы являются невосстанавливаемыми ремонтируемыми изделиями. Согласно ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения» определение надежности таких изделий проводится путем расчета следующих показателей надежности:

1. Вероятность безотказной работы $P(t)$ (измеряется в долях единицы или в процентах) в момент времени t определяется как доля установок, отработавшая время t без отказов. Вероятность безотказной работы является основным показателем, дающим исчерпывающее описание надежности оборудования, характеризует изменение надежности установок в зависимости от наработки, см. рис.1.

2. Средняя наработка до отказа $T_{\text{ср}}$ (измеряется в сутках) – средняя наработка рассматриваемой группы изделий до наступления отказа.

Расчет показателей надежности проводится для конкретной выборки изделий. Выборкой является определенная группа объектов (полнокомплектных установок, либо отдельных их узлов) в определенных условиях эксплуатации, отобранная по требуемым признакам (например, определенный типоразмер, определенное конструкционное исполнение и т.п.).

Исходными данными для расчета показателей надежности являются значения наработок исследуемой выборки оборудования. Расчет показателей надежности проводится на основании значений всех наработок исследуемой выборки, при этом значения наработок разделяются на две группы:

1) Полная выборка – наработки установок (либо их узлов), эксплуатация которых завершена отказом. Полная наработка установок определяется с момента запуска до момента остановки по причине отказа подземного оборудования.

2) Неполная (цензурированная) выборка – наработки установок (либо их узлов), эксплуатация которых на момент расчета продолжается, либо завершена по причинам не связанным с исследуемым оборудованием. Неполная наработка определяется с момента запуска до момента проведения расчета, либо до момента прекращения эксплуатации данного изделия.

Расчет показателей надежности установок производится по формулам:

1. Вероятность безотказной работы $P(t)$:

В начале рассчитываются значения вероятности безотказной работы для моментов t_k , которая находится как произведение вероятностей безотказной работы на первом интервале, втором и т.д. до k -того:

$$\hat{P}_k = \left(1 - \frac{r_1}{s_1}\right) \left(1 - \frac{r_2}{s_2}\right) \dots \left(1 - \frac{r_k}{s_k}\right), \quad (3)$$

\hat{P}_k - оценка в момент времени t_k , r_i - число отказов, а s_i - число изучаемых объектов, наработка которых составила более t_{k-1} .

\hat{P}_k находится для каждого из интервалов от t_{i-1} до t_i , границы которых определяются ближайшими наработками исследуемой выборки.

Временная зависимость вероятности безотказной работы $P(t)$ аппроксимируется функцией:

$$P(t) = \exp(-a_1 t - a_2 t^2) \quad (4)$$

Где a_1 , a_2 - постоянные коэффициенты.

Аппроксимирующая функция (4) позволяет прогнозировать зависимость вероятности безотказной работы от времени за пределами изученного временного интервала и определить точность расчета, см. рис.1.

2. Средняя наработка до отказа $T_{\text{ср}}$:

$$T_{\text{ср}} = \int_0^{\infty} P(t) dt = \int_0^{\infty} \exp(-a_1 t - a_2 t^2) dt \quad (5)$$

В геометрическом смысле $T_{\text{ср}}$ представляет собой величину площади под графиком зависимости вероятности безотказной работы от наработки.

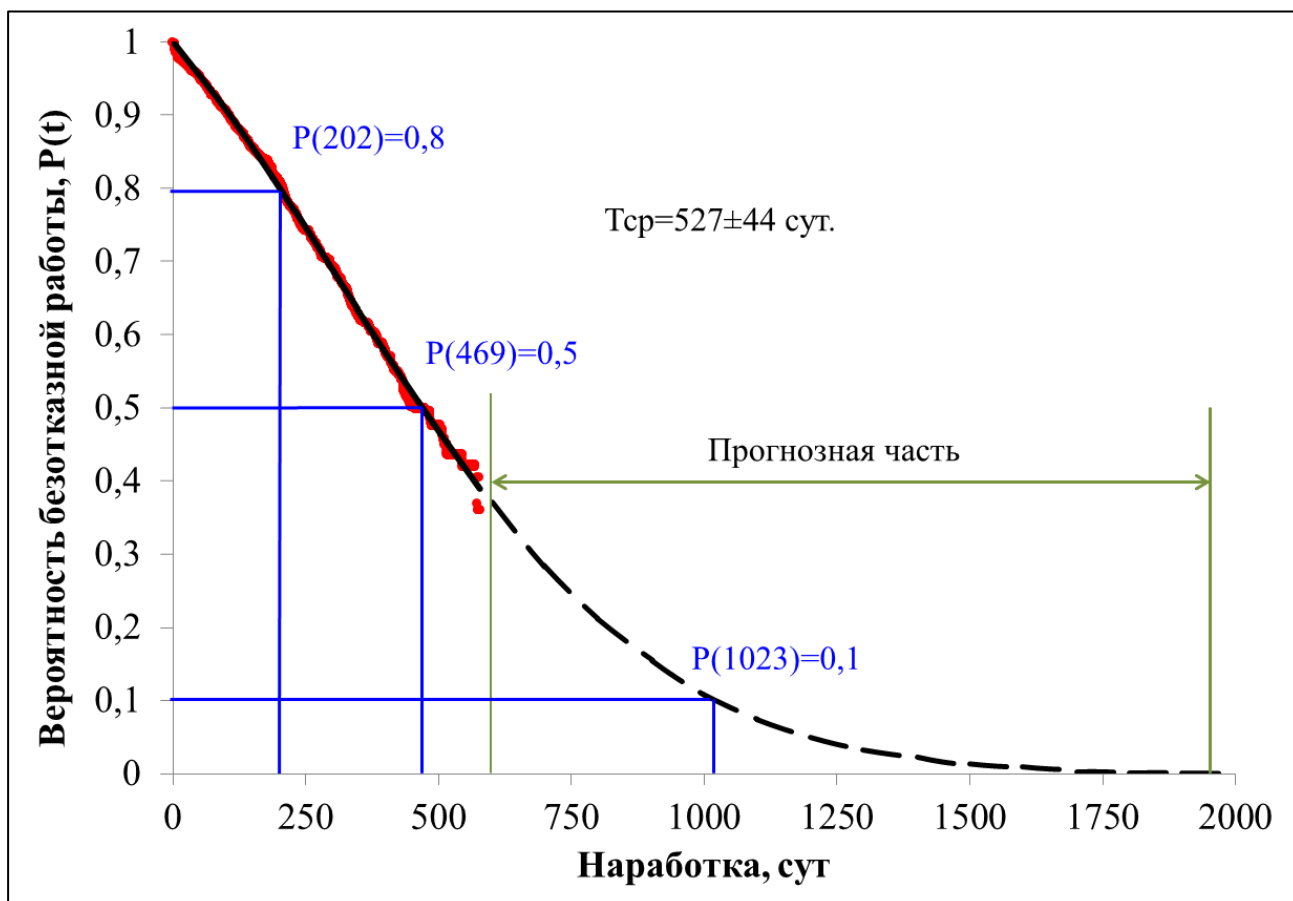


Рис.1. График зависимости вероятности безотказной работы от наработки.

Более подробное описание методики с приведением соответствующих математических расчетов, точности определения $P(t)$ и T_{cp} представлены в национальном стандарте Российской Федерации ГОСТ Р 56830-2015 "Нефтяная и газовая промышленность. Установки скважинных электроприводных лопастных насосов. Общие технические требования".

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Пример расчёта средней наработки установок до отказа.

Имеется следующая выборка наработок некоторой партии установок:

Полная выборка (наработки, завершившиеся отказом установок): 100, 200, 300, 400 и 500 сут.

Неполная (цензурированная) выборка (наработки, эксплуатация которых на момент расчета не завершена): 50, 150, 250, 350 и 450 сут.

Согласно (3) п.2.3 расчет вероятности безотказной работы для каждой из наработок:

$$P(0) = \left(1 - \frac{0}{10}\right) = 1$$

$$P(50) = \left(1 - \frac{0}{10}\right) \times \left(1 - \frac{0}{10}\right) = 1$$

$$P(100) = \left(1 - \frac{0}{10}\right) \times \left(1 - \frac{0}{10}\right) \times \left(1 - \frac{1}{10}\right) = 0.9$$

$$P(150) = \left(1 - \frac{0}{10}\right) \times \left(1 - \frac{0}{10}\right) \times \left(1 - \frac{1}{10}\right) \times \left(1 - \frac{0}{9}\right) = 0.9$$

$$P(200) = \left(1 - \frac{0}{10}\right) \times \left(1 - \frac{0}{10}\right) \times \left(1 - \frac{1}{10}\right) \times \left(1 - \frac{0}{9}\right) \times \left(1 - \frac{1}{8}\right) = 0.79$$

$$P(250) = \left(1 - \frac{0}{10}\right) \times \left(1 - \frac{0}{10}\right) \times \left(1 - \frac{1}{10}\right) \times \left(1 - \frac{0}{9}\right) \times \left(1 - \frac{1}{8}\right) \times \left(1 - \frac{0}{7}\right) = 0.79$$

$$P(300) = \left(1 - \frac{0}{10}\right) \times \left(1 - \frac{0}{10}\right) \times \left(1 - \frac{1}{10}\right) \times \left(1 - \frac{0}{9}\right) \times \left(1 - \frac{1}{8}\right) \times \left(1 - \frac{0}{7}\right) \times \left(1 - \frac{1}{6}\right) = 0.66$$

$$P(350) = \left(1 - \frac{0}{10}\right) \times \left(1 - \frac{0}{10}\right) \times \left(1 - \frac{1}{10}\right) \times \left(1 - \frac{0}{9}\right) \times \left(1 - \frac{1}{8}\right) \times \left(1 - \frac{0}{7}\right) \times \left(1 - \frac{1}{6}\right) \times \left(1 - \frac{0}{5}\right) = 0.66$$

$$P(400) = \left(1 - \frac{0}{10}\right) \times \left(1 - \frac{0}{10}\right) \times \left(1 - \frac{1}{10}\right) \times \left(1 - \frac{0}{9}\right) \times \left(1 - \frac{1}{8}\right) \times \left(1 - \frac{0}{7}\right) \times \left(1 - \frac{1}{6}\right) \times \left(1 - \frac{0}{5}\right) \times \left(1 - \frac{1}{4}\right) = 0.49$$

$$P(450) = \left(1 - \frac{0}{10}\right) \times \left(1 - \frac{0}{10}\right) \times \left(1 - \frac{1}{10}\right) \times \left(1 - \frac{0}{9}\right) \times \left(1 - \frac{1}{8}\right) \times \left(1 - \frac{0}{7}\right) \times \left(1 - \frac{1}{6}\right) \times \left(1 - \frac{0}{5}\right) \times \left(1 - \frac{1}{4}\right) \times \left(1 - \frac{0}{3}\right) = 0.49$$

$$P(500) = \left(1 - \frac{0}{10}\right) \times \left(1 - \frac{0}{10}\right) \times \left(1 - \frac{1}{10}\right) \times \left(1 - \frac{0}{9}\right) \times \left(1 - \frac{1}{8}\right) \times \left(1 - \frac{0}{7}\right) \times \left(1 - \frac{1}{6}\right) \times \left(1 - \frac{0}{5}\right) \times \left(1 - \frac{1}{4}\right) \times \left(1 - \frac{0}{3}\right) \times \left(1 - \frac{1}{2}\right) = 0.25$$

Далее согласно (4) определим вид аппроксимирующей функции вероятности безотказной работы:

$$P(t) = \text{Exp}(-0.00066102t - 0.0000067543t^2)$$

Согласно (5) рассчитав среднюю наработку до отказа получим $T_{\text{ср.}} = 352$ сут.

Графически полученные результаты представлены на рис. 2.

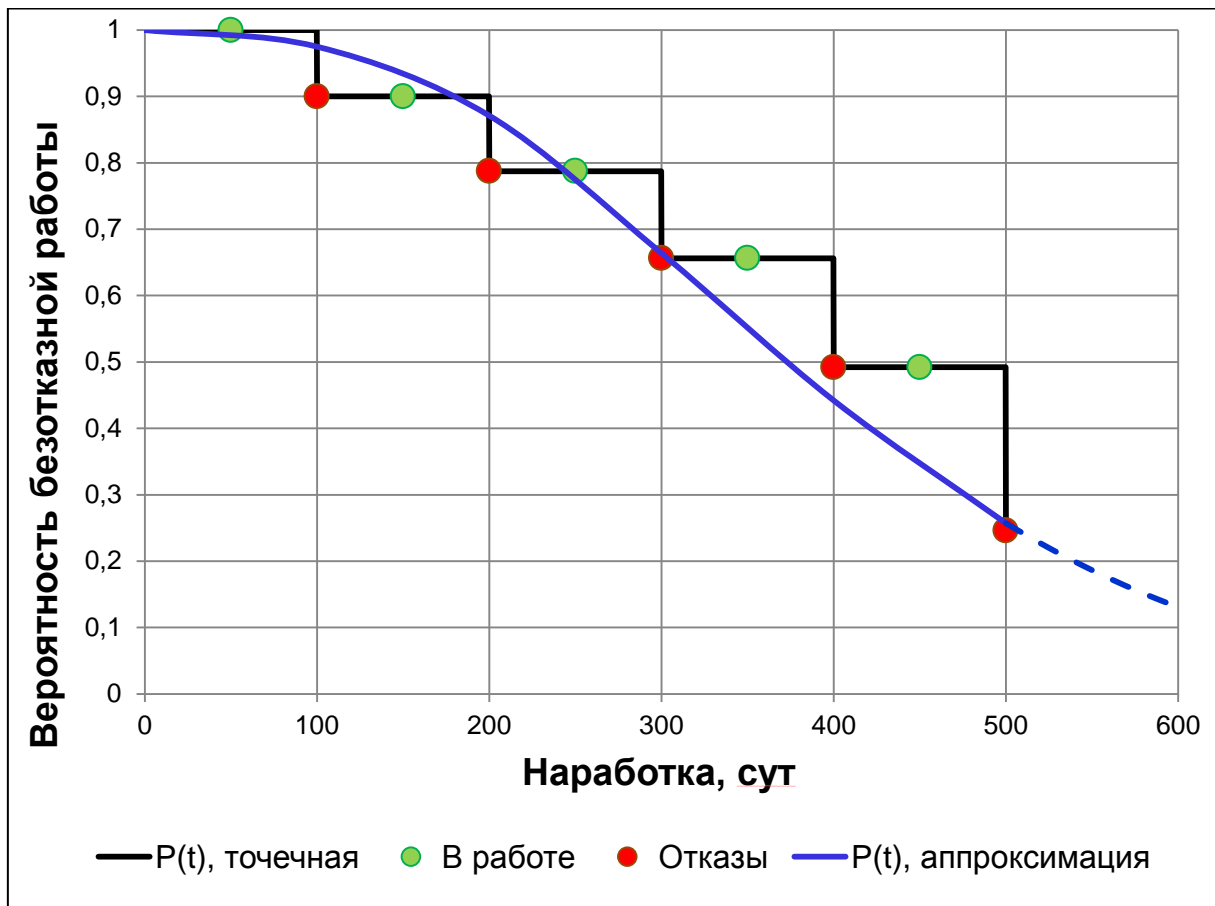


Рис. 2. График зависимости вероятности безотказной работы