

## АВАРИЙНЫЕ ОТКАЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАРАБОТКИ УСТАНОВОК ПОГРУЖНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

### Research of density of emergency refusals of affected by the operating time of diving centrifugal pumps installations of centrifugal from their operating time

Emergency refusals of installations погружных centrifugal pumps have more intensive character in initial one hundred days of operation the period. Change of density of emergency refusals of an operating time has the polynomial law. It testifies, that failures occur before development(manufacture) of a service life and are due to curving weariness. It is shown, that curving the weariness is connected to occurrence of shock forces at movement of the bottom part of configuration with variable acceleration on an ellipse.

Р.Н. Пономарев,  
ЗАО «Центрофорс»,  
г. Нижневартовск,  
Н. М. Ишмурина,  
ООО «Газнефтегетехнология»,  
г. Уфа

ЗАО Центрофорс осуществляет сервисные услуги по ремонту и промышленному обслуживанию установок погружных центробежных насосов как российского, так и импортного производства на Самотлорской группе месторождений, и для анализа зависимости аварийных отказов от наработки установок погружных центробежных насосов располагает первоисточными промышленными данными.

Основная добыча нефти в ОАО СНГДУ-2 производится установками погружных центробежных насосов (УЭЦН). Основным показателем работы оборудования является наработка на отказ. Однако в последние годы участились случаи аварийных отказов, осложненных полетом оборудования на забой (РС — отказы).

В связи с этими изменениями возникла необходимость в проведении анализа работы УЭЦН с целью выявления фактора, степень влияния которого на аварийность носит определяющий характер. Для этого, прежде всего,

исследовали зависимость полетов оборудования от наработки на отказ. Эта зависимость дает возможность предварительно установить характер возникновения аварийных отказов, следовательно, найти направление поиска причин отказов и выработать мероприятия по их устранению.

Статус фонда скважин, оборудованных установками погружных центробежных насосов в СНГДУ-2 на 31.12.2005 г., приведен на рисунке 1, откуда видно, что эксплуатационный фонд скважин на момент аварий составил 2110 единиц, 83 из них приостановлены ввиду аварий оборудования в этих скважинах. В число эксплуатационного фонда входят также 370 скважин, оборудованных импортными установками фирмы REDA, Центрилифт, ОДИ.

В промежутке с 01.01.2004 до 31.12.2005 количество РС — отказов составило 90 случаев. При определении показателей надежности оборудования в условиях эксплуатации считается достаточным ограничиться продолжительностью наблюдений двумя годами. Это условие при обработке статистической информации о надежности оборудования при эксплуатации УЭЦН нами соблюдено. Собранная первичная статистическая информация об аварийных отказах оборудования подверглась систематизации, анализу, обобщению и предварительной обработке.



Рисунок 1. Распределение фонда скважин, оборудованных установками ЭЦН, по статусу.

Причины "полета"

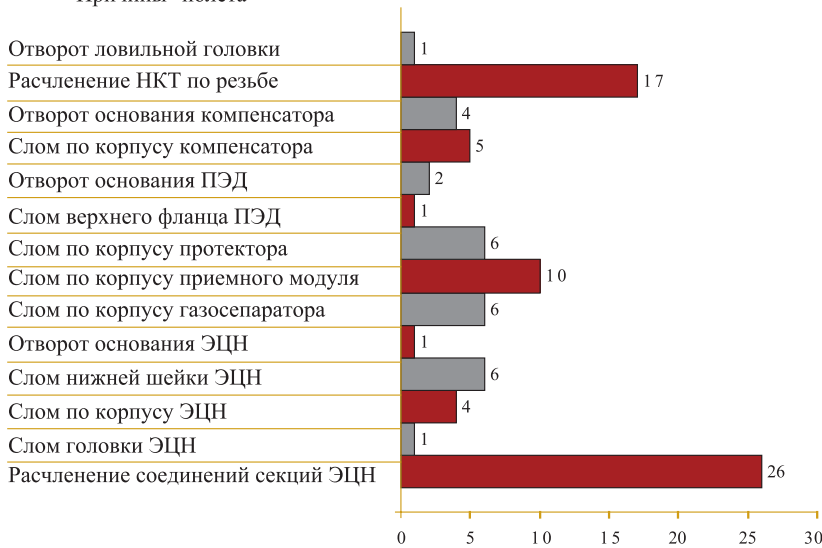


Рисунок 2. Количество и характер РС-отказов УЭЦН

Таблица 1. Аварийность оборудования от наработки УЭЦН.

Показатели	Численные значения											
	Интервалы наработки, сут											
Интервалы наработки, сут	0—100	101—200	201—300	301—400	401—500	501—600	601—700	701—800	801—900	901—1000	1001—1100	> 1100
Число аварий	37	20	13	6	2	2	0	2	3	2	2	1

Места расчленения, их характер, а также их количество по 90 РС-отказам оборудования УЭЦН приведены на рисунке 2, откуда видно, что наибольшее количество аварий происходит в соединениях узлов, меньшее количество — по корпусу оборудования, отказы по убывающей плотности которых составляют — слом по корпусу приемного модуля, слом нижней шейки

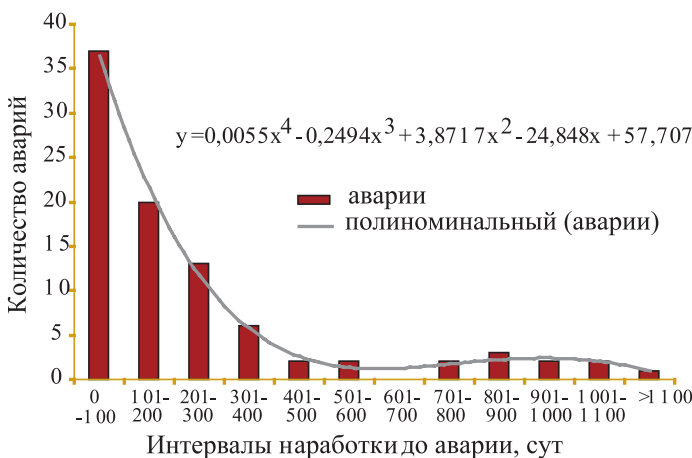


Рисунок 3. Распределение числа аварий в зависимости от наработки.

ЭЦН, слом по корпусу протектора, слом по корпусу сепаратора и слом по корпусу компенсатора. Отказы остальных узлов составляют менее 5% от общего количества отказов.

Анализ аварийности оборудования УЭЦН с целью установления основной характеристики распределения наработки до отказа представлен в таблице 1, графически на рисунке 3.

Из рисунка 3 видно, что аварийные отказы в зависимости от наработки до отказа распределены по полиномиальной закономерности и основное число аварий происходит за короткий промежуток времени эксплуатации, следовательно, до выработки межремонтного ресурса оборудования. При наработке оборудования более 400 суток аварийные отказы единичны.

Затем анализировалось распределение числа аварий в пределах ста суток (рис. 4), который также показал, что наиболее интенсивный характер аварий происходит в начальный период работы установок в скважине. Общую тенденцию изменений аварийных отказов в зависимости от наработки УЭЦН

можно аппроксимировать логарифмической эмпирической функцией. Исходя из быстротечности процессов, приведших к разрушению материала, можно предположить, что оно произошло под действием изгибно-переменных нагрузок. Только изгибная усталость, причем интенсивная и высоким уровнем вибрации вращающейся части и передающейся к корпусным изделиям, может вызвать излом крепежных деталей и оборудования УЭЦН за небольшой промежуток времени. Разрушение материала под действием переменных, особенно изгибно-переменных нагрузок, может произойти при напряжениях ниже предела текучести. Визуальное исследование мест обрывов оборудования также указывает на усталостный характер излома.

Даже статическое нецентральное, но неусталостного характера, нагружение шпильки обуславливает рост напряжения изгиба в ней многократно. Например, при малых значениях угла изгиба [2, с. 52] напряжение из-

гиба  $\sigma_n$  в сечении шпильки возрастает кратно в 7,5 раза по отношению к растягивающему напряжению  $\sigma_p$  без изгиба:  $\sigma_n \approx 7,5\sigma_p$ .

Распределение плотности данного вида отказов в зависимости от наработки УЭЦН аналогично с распределением в ОАО «Лукойл», приведенной в работе [1]. Однако, как и в других работах, механизм действия вибрации на обрывы крепежного изделия не раскрывается. Только известно, что источником возникновения вибраций в насосе является дисбаланс вращающейся части насоса. А обрывы происходят в корпусе или в его крепежных изделиях, следовательно, должно присутствовать попеременно повторяющееся изгибающее приложение сил там, где происходит излом.

Причина возникновения многократного повторного изгиба крепежной детали, который в состоянии расчленив секции УЭЦН в течение короткого промежутка времени, частично кроется в расположении осевых опор. В работе [3] показано, что наибольшее количество аварий происходит в нижней части насосной компоновки, причем в установках, где осевые опоры расположены в верхней части секций. Следовательно, высокий уровень вибрации, обуславливающий у насосов изгибно-усталостное разрушение связан с расположением осевых опор в верхней части секций и совершением нижней частью компоновки прецессионного движения. (рис. 5).

Неравномерное вращение вала, следовательно, частично и корпуса, по эллипсу приводит к изгибу компоновки, создают силу удара конца компоновки о внутреннюю стенку скважины,

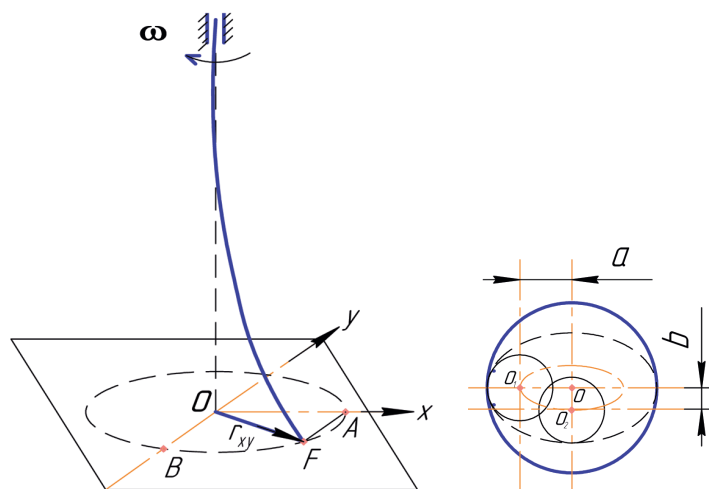


Рисунок 5. Траектория прецессионного движения низа насосной компоновки.

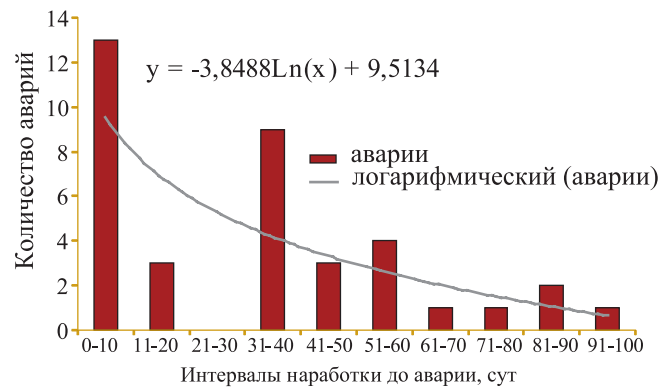


Рисунок 4. Распределение количества аварий в зависимости от наработки УЭЦН до аварийного отказа в период до 100 суток.

которую можно рассчитать по следующей формуле:

$$\Delta F = F_A - F_B = m \cdot \omega_n^2 \cdot r \frac{b^4}{a^2} \left( \frac{1}{r^2} - \frac{1}{(r + \Delta)^2} \right), \quad (1)$$

где  $\Delta F = F_A - F_B$  — разность инерционных сил, имеющих место в положении А и В нижней части компоновки;  $m$  — масса единицы длины нижней части компоновки;  $\omega_n$  — средняя угловая скорость вращения вала насоса;  $r$  — средний радиус вращения вала;  $a$  и  $b$  — главные оси эллипса вращения вала;  $\Delta$  — эксцентриситет вращения вала.

Из структуры формулы (1) видно, что с увеличением эксцентриситета вращения вала  $\Delta$  ударная сила  $\Delta F$  растет. Ударные силы и изгибающие моменты в концевой части компоновки в этом случае играют основную роль в возникновении вибрации, следовательно, усталости металла и его разрушению.

### Выводы

1. Аварийные отказы происходят в основном в начальный период работы УЭЦН до выработки оборудованием УЭЦН межремонтного ресурса.
2. Обзор состояния аварийности по промышленным данным показал на причинно-следственную связь между изгибной усталостью крепежного материала и его разрушением.
3. Основной причиной возникновения вибрации УЭЦН и ударной силы является прецессионное движение нижней части насосной компоновки с переменным ускорением.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Анализ «полетов» установок УЭЦН в Западной Сибири /М.А. Фардиев //Нефтепромысловое дело. — 2000. — № 3. — С. 23—26.

2 Иванов М.Н. Детали машин /Учебник для студентов механико-машиностроительных специальностей вузов. — М.: Высшая школа, 1964. — 447 с.

3. Анализ причин отказов установок погружных центробежных насосов в ООО «Лукойл-Западная Сибирь» /Р.Н. Пономарев, А.А. Ишмурзин //Нефтяное хозяйство. — 2001. — № 4. — С. 58—62.



*Пономарев  
Рамиль Наильевич,  
главный специалист  
ЗАО «Центрофорс»,  
тел./ факс (3466)  
62-54-02  
E-mail:  
office@cforce.ru*



*Ишмурзина  
Назыра  
Мухамеджановна,  
ООО «Газнефтех-  
нология»,  
к. т. н.,  
(8-3472)291-56-30  
gnt@ufacom.ru*

**www.ogbus.ru**

Жолумбаев М.Т.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОМЫСЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ АНОМАЛЬНО ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ**

[http://www.ogbus.ru/authors/Zholumbaev/Zholumbaev\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Zholumbaev/Zholumbaev_1.pdf)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.13 — «Машины, агрегаты и процессы (нефтегазовая отрасль)».

Цель работы — промышленная подготовка аномально высоковязкой нефти до высшей группы качества путем научно обоснованного оснащения оборудованием технологической схемы и усовершенствования конструктивных элементов основных аппаратов.

Гималетдинов Г.М., Саттарова Д.М.  
**СПОСОБЫ ОЧИСТКИ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ НАКОПЛЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В РЕЗЕРВУАРАХ**

[http://www.ogbus.ru/authors/Gimaletdinov/Gimaletdinov\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Gimaletdinov/Gimaletdinov_1.pdf)

В статье рассмотрены вопросы очистки вертикальных стальных и железобетонных резервуаров от высоковязких осадков и пиррофорных отложений.

Представлены отечественные и зарубежные методы очистки резервуара. Отмечены преимущества и недостатки существующих методов очистки. Как мера предотвращения накопления осадка в резервуаре рекомендуется использование смесительных устройств.

Кудашев Э.Р.

**РАЗРАБОТКА ПРОГРЕССИВНЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ**

[http://www.ogbus.ru/authors/Kudashev/Kudashev\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Kudashev/Kudashev_1.pdf)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.13 — «Машины, агрегаты и процессы (нефтегазовая отрасль)».

Цель работы — разработка метода оценки технического состояния ГПА, основанного на комплексных факторах и параметрах работы агрегата.

Гареев А.Г., Латыпова Г.И.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА НЕФТЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩЕГОСЯ В УСЛОВИЯХ ЦИКЛИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ**

[http://www.ogbus.ru/authors/Gareev/Gareev\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Gareev/Gareev_1.pdf)

Большое количество трубопроводов, машин и аппаратов нефтегазовой отрасли в процессе эксплуатации подвергается воздействию циклически изменяющихся нагрузок. Это приводит к развитию усталостных повреждений. Весьма важно выявлять очаги формирования трещин на ранней стадии развития. При обнаружении трещиноподобных дефектов возникает проблема о возможности дальнейшей эксплуатации оборудования.

Поэтому актуальной и важной задачей является прогнозирование остаточного ресурса нефтегазового оборудования с обнаруженным дефектом в виде трещины в условиях малоциклового нагружения.

Белобородов А.В.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ**

[http://www.ogbus.ru/authors/Beloborodov/Beloborodov\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Beloborodov/Beloborodov_1.pdf)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.19 — «Строительство и эксплуатация

нефтегазопроводов, баз и хранилищ».

Цель работы — разработать методику проектирования запорной арматуры с использованием численных методов, позволяющую выполнять оценку герметичности затвора с учетом нагрузок, возникающих в процессе эксплуатации.

Захаров Н.М., Вихляев Д.А.  
**ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПЕНСАТОРОВ ТИПА КМ**

[http://www.ogbus.ru/authors/Zakharov/Zakharov\\_8.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Zakharov/Zakharov_8.pdf)

В данной работе рассматривается вариант технологического оформления процесса изготовления компенсаторов многоцелевого типа КМ.

Назаров С.В.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ЩЕЛЕВОЙ ПЕРФОРАЦИИ**

[http://www.ogbus.ru/authors/Nazarov/Nazarov\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Nazarov/Nazarov_1.pdf)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.13 — «Машины, агрегаты и процессы (нефтегазовая отрасль)».

Цель работы — повышение работоспособности щелевого гидромеханического перфоратора путем поверхностного упрочнения накатного диска, совершенствования конструкции, технического обеспечения процесса с использованием вероятностно-статистических методов.

Степовиков С.Н.

**ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ И ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ СУХИХ ГАЗОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ**

[http://www.ogbus.ru/authors/Stepovikov/Stepovikov\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Stepovikov/Stepovikov_1.pdf)

Сухие газовые уплотнения применяются уже более 20 лет. В настоящее время свыше 80% парка центробежных компрессоров оснащено подобными системами. Однако, несмотря на многолетнюю историю, окончательный стандарт на их устройство API 614, «Lubrication, Shaft-Sealing, and Control Oil Systems and Auxiliaries for Petroleum, Chemical, and Gas Industry Services» был разработан американским институтом нефти только в 1999г. При проектировании подобных систем необходимо учитывать также требования стандарта API 617, «Axial and Centrifugal Compressors and Expander-compressors for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services».

**www.ogbus.ru**