

АНАЛИЗ АВАРИЙНЫХ ОТКАЗОВ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ КОНСТРУКЦИЯМИ СКВАЖИНЫ И УСТАНОВОК ПОГРУЖНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Пономарев Р.Н.
ООО «Центрофорст»

Ишмурзин А.А.
Уфимский государственный нефтяной технический университет

Анализ влияния факторов, обусловленных конструкциями скважины и установок погружных центробежных насосов на аварийность, укажет пути снижения аварийных отказов на нефтяных промыслах. Для проведения анализа по Самотлорской группе месторождений приняты следующие факторы: конструкции осевых опор и радиальных подшипников вала насоса, габариты УЭЦН, угол наклона интервала спуска насоса.

1. Влияние конструкций осевых опор и радиальных подшипников вала насоса на аварийность

По утверждению многих авторов, исследующих аварийность оборудования УЭЦН, износ осевых опор и радиальных подшипников вала насоса являются основной причиной возникновения аварийных ситуаций.

Осевая сила, действующая на рабочие колеса, прихваченные к валу из-за наличия в пластовой жидкости коррозионно-активных элементов и механических примесей, передается через осевые опоры на корпус насоса, и далее воспринимаются крепежными деталями соединительных узлов. Осевые усилия в отечественных насосах воспринимаются осевой опорой вала самого насоса, в насосах импортного производства - осевой опорой гидрозащиты.

Радиальные нагрузки, возникающие при вибрационной работе насоса, воспринимает радиальный подшипник ЭЦН. Радиальный подшипник состоит из втулки подшипника и втулки защитной, которые вращаются вместе с валом. В каждом модуле-секции насоса обычного исполнения вал имеет два радиальных подшипника – верхний и нижний. В модуле-секции насосов износостойкого исполнения кроме перечисленных радиальных подшипников используются промежуточные радиальные опоры, установленные на половине полуволны изгиба вала насоса.

Достаточно широко используется конструкция насоса с «плавающим низом», при которой осевая нагрузка, действующая на ротор секции насоса, воспринимается частью (около 40%) верхних ступеней, рабочие колеса которых жестко закреплены

на валу, рабочие же колеса нижних ступеней выполнены плавающими. За счет такой конструкции в модуль-секции насоса образуется гребенчатая пята.

Распор ступиц рабочих колес достигается вращением специальной гайки относительно втулки, имеющей наружную резьбу. Упором для специальной гайки служат два полукольца, помещенные в верхнюю расточку вала.

Еще одним вариантом является конструкция насоса с закрепленными на валу, распертыми рабочими колесами. В этом варианте все рабочие колеса модуль-секции фиксируются на валу. Обычно такое исполнение выполняется на коротких модуль-секциях длиной до 2,4 м, которые могут помещаться над модуль-секцией насоса, выполненным с плавающим низом, когда гребенчатая пята воспринимает осевую силу этой модуль-секции. При ином конструктивном исполнении осевая сила, действующая на ротор секции насоса с «плавающим низом», передается на осевую опору протектора.

Радиальные усилия в секции насоса, предназначенного для откачки неабразивной жидкости, воспринимаются двумя концевыми радиальными подшипниками, корпуса которых размещены в головке и корпусе входного модуля или в нижней части секции. В радиальных подшипниках использована пара трения скольжения, материал которой зависит от условий эксплуатации.

Кроме того, поперечные усилия в секции воспринимаются радиальными подшипниками, функции которых выполняют пары трения, образованные ступицами рабочих колес и расточками направляющих аппаратов.

Для создания высоконапорных скважинных центробежных насосов в насосе приходится устанавливать множество ступеней (до 450). При этом они не могут разместиться в одном корпусе, поскольку длина такого насоса достигает 15÷20 метров и затрудняет транспортировку, монтаж на скважине и изготовление корпуса. Высоконапорные насосы состоят из нескольких секций. Длина корпуса в каждой секции не более 6 м. Корпусные детали отдельных секций соединяются фланцами с болтами или шпильками, а валы — шлицевыми муфтами. Каждая секция насоса имеет верхнюю осевую опору вала, вал, радиальные опоры вала, ступени.

В насосе имеются пары трения: текстолит по чугуну в осевых опорах рабочего колеса в ступени; латунная втулка, надетая на вал между рабочими колесами, или удлиненная чугунная ступица рабочего колеса по чугуну направляющего аппарата; прорезиненный и графитизированный бельтинг по закаленному и шлифованному стальному подпятнику в пяте насоса. Все эти пары трения достаточно долговечны при соответствующих условиях эксплуатации. При большой обводненности они работоспособны в течение 100 -200 сут., а при достаточно большом количестве нефти в отбираемой жидкости насос может работать без ремонта от года до

нескольких лет. Есть примеры работы агрегатов ЭЦН без подъема из скважин в течение 3 - 5 лет.

Для отбора жидкости с большим содержанием песка, отбора сильно обводненной жидкости с повышенной коррозионной агрессивностью. предназначены износостойкие насосы. Они рассчитаны на отбор жидкости с содержанием 0,05 % (0,5 г/л) механических примесей. При отборе жидкости с песком абразив разрушает диски и лопатки рабочего колеса и части направляющего аппарата, особенно в местах, где происходят изменения направления движения струи жидкости. В местах трения деталей, у текстолитовой опоры, у ступицы колеса попадающий в зазор песок также изнашивает эти детали, причем ступицы стираются до вала. Длинный гибкий вал при вращении получает несколько полувольт изгиба, и на его поверхности места износа четко показывают форму, которую он принимает при работе насоса.

При отборе жидкости, которая содержит большое содержание песка, в настоящее время в конструкцию насоса внесены следующие основные изменения, которые привели к заметному снижению аварийности УЭЦН:

1. Чугунные рабочие колеса заменены пластмассовыми из полиамидной смолы или углепластика, износостойких при работе в среде со свободным абразивом и не набухающей в воде.
2. Одноопорная конструкция рабочего колеса заменена двухопорной конструкцией.
3. Текстолитовая опора колеса заменена резиновой, а в направляющем аппарате опорой для этой резиновой шайбы служит стальная термообработанная втулка.
4. Для удержания вала в прямолинейном состоянии и уменьшения износа ступиц рабочих колес и вала ставятся дополнительные промежуточные радиальные опоры, которые устанавливаются на расстоянии друг от друга, равном половине полувольт изгиба вала.

В насосах типа ЭЦН и ЭЦНК используются ступени с одними и теми же проточными частями. Ступени в насосах разных исполнений отличаются друг от друга материалами рабочих органов, пар трения и некоторыми конструктивными элементами.

В модуль-секции насоса обычного исполнения применяется упорный подшипник, состоящий из кольца, устанавливаемого между двумя гладкими шайбами. Кольцо с сегментами изготавливается из графитизированного бельтинга, гладкие шайбы – из стали 40Х13. Упорные подшипники допускают удельные нагрузки до 3 МПа.

В осевых опорах износостойких насосов используются более износостойкие материалы трущихся пар: силицированный графит СГ-П по силицированному графиту СГ-П или карбид кремния по карбиду кремния.

Конструктивно модуль-секции у всех типов насосов выполняются с плавающими рабочими колесами. Осевые усилия, действующие на торец вала, передаются на упорный подшипник, помещенный в протекторе.

2. Анализ аварийности от габаритов УЭЦН

Анализ аварийности от габаритов УЭЦН (таблица 1, рисунок 1) показывает, что влияние фактора практически отсутствует. Это, очевидно, объясняется тем, что габариты насоса подбираются по внутреннему диаметру обсадной колонны, поэтому зазор между насосом и колонной величина сравнительно постоянная. Отсюда, уровень вибрации для всех габаритов насосов также одинаков. Для наглядности при сравнении габаритных размеров скважины и насосов в таблице 2 приведены некоторые параметры погружных агрегатов ЭЦН [1]. Размеры эксплуатационной колонны известны.

Таблица 1

Количество аварий в зависимости от габаритов УЭЦН

Количество	Габариты УЭЦН (Группа насоса)				Всего
	УЭЦН5	УЭЦН5А	УЭЦН6	УЭЦН6Б	
Аварий	62	28	-	-	90
Всего насосов	1443	649	12	6	2110
Аварии, %	4,30	4,31	0	0	8,61

Таблица 2

Некоторые параметры погружных агрегатов ЭЦН

Диаметр обсадной колонны, мм		Данные насосного агрегата	Диаметральный зазор между насосом и обсадной колонной, мм
Номинальный	Наименьший внутренний	Диаметральные габариты, мм	
5 - 146	122	113	9
5А - 146	130	117, 126	13, 4
6 - 168	144	137	7
6Б - 168	148	140	8

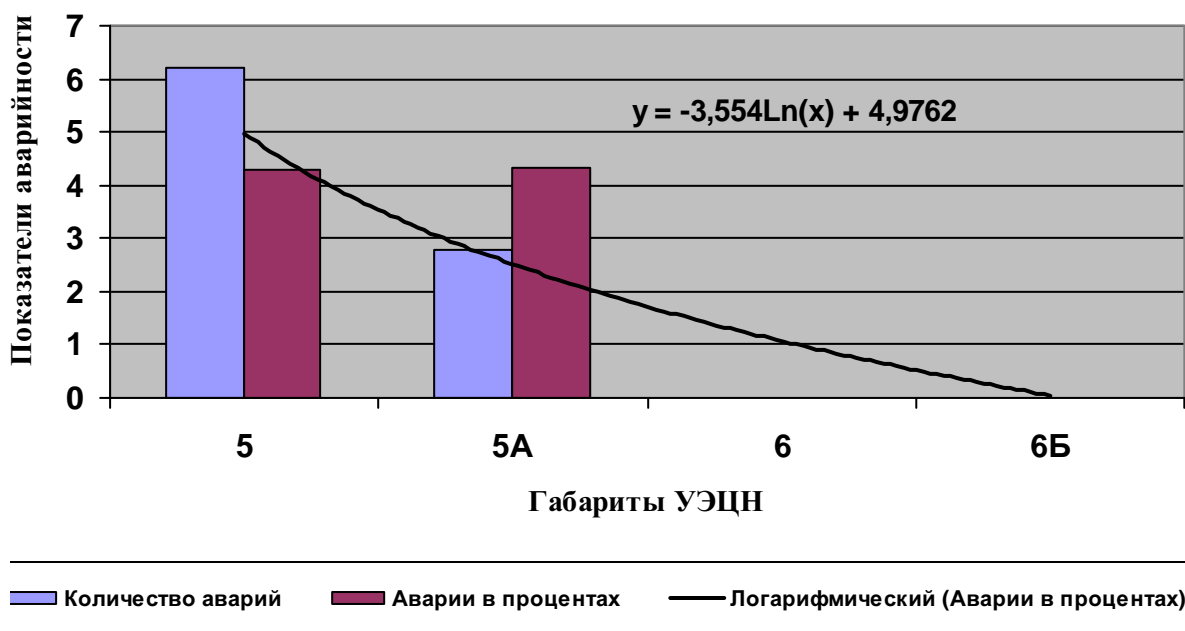


Рисунок 5 – Количество аварий в зависимости от габаритов УЭЦН

Примечание. Количество аварий на рисунке 5 уменьшено в 10 раз.

Отсутствие аварий с насосами условного габарита 6 и 6Б, очевидно, связано с малым количеством в работе.

3. Зависимость числа аварий от угла наклона интервала спуска насоса

Данные для анализа зависимости числа аварий от угла наклона интервала спуска насоса представлены в таблице 2, а графическое изображение этой зависимости на рисунке 2.

Таблица 2

Зависимость числа аварий от угла наклона интервала спуска насоса

Количество	Угол наклона в интервале спуска насоса, град.										
	0-5	5,01-10	10,01-15	15,01-20	20,01-25	25,01-30	30,01-35	35,01-40	40,01-45	45,01-50	Свыше 50
Аварий	11	17	16	18	14	9	2	2	1	0	0

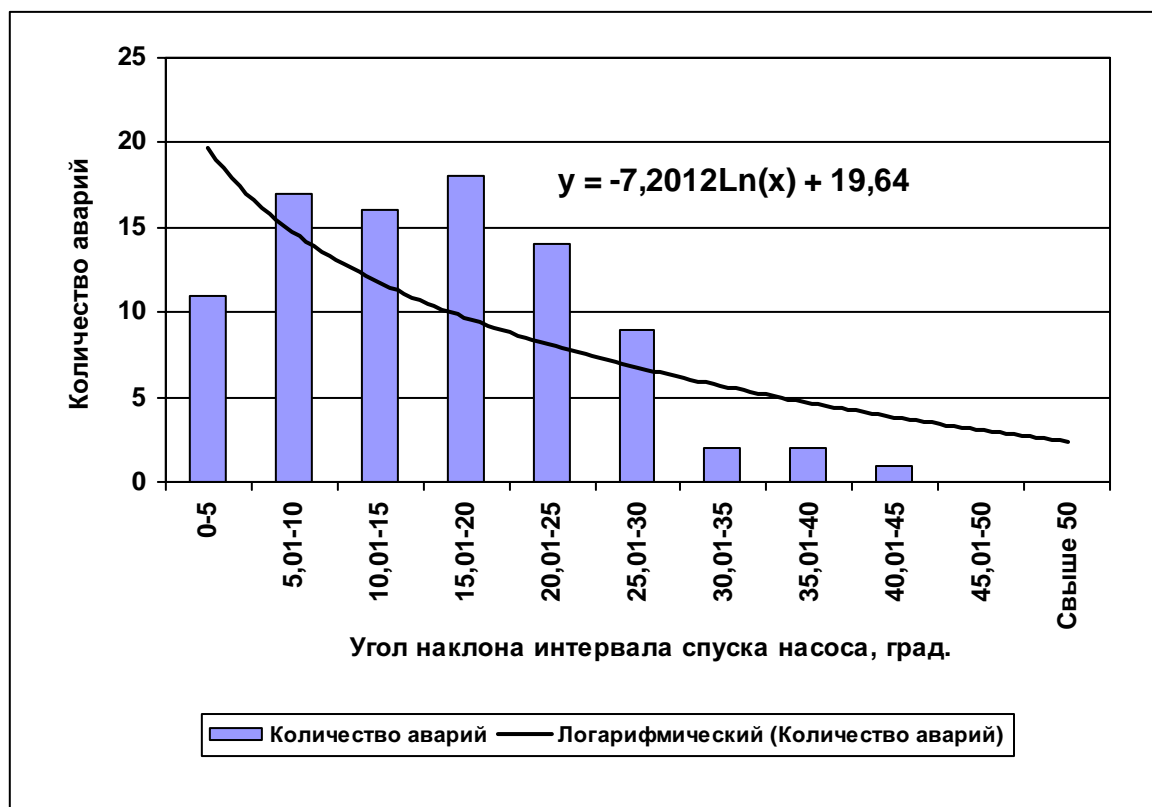


Рисунок 2 - Зависимость числа аварий от угла наклона интервала спуска насоса

Увеличение угла наклона в интервале спуска насоса снижает аварийность оборудования УЭЦН. Это можно объяснить тем, что степень свободы у лежащего насоса снизу ограничена стенкой обсадной колонны. Здесь следует напомнить, что все американские фирмы рекомендуют принимать минимальный зазор между обсадной колонной и агрегатом и он находится в пределах 3...6 мм.

Из рассмотренных показателей по аварийности УЭЦН в зависимости от материалов и конструктивных особенностей узлов можно сделать следующие выводы.

1. Аварийность в скважинах, обслуживаемых ЗАО «Центрофорс» снижается за счет применения новых технологий, прежде всего за счет применения новых материалов для рабочих пар ступеней.

2. Анализ аварийности от габаритов УЭЦН показывает, что влияние фактора практически отсутствует. Отсутствие аварий с насосами условного габарита б и бБ, очевидно, связано с малым количеством в работе.

3. Увеличение угла наклона в интервале спуска насоса снижает аварийность оборудования УЭЦН.

Литература

1. Установки центробежных насосов для добычи нефти. Международный транслятор-справочник. //Под научной редакцией Алекперова В.Ю., Кершенбаумана В.Я. - М.: Наука и техника, 1999.