ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЭД, ЭЦН 5-й ГРУППЫ*, ФАЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И ВИХРЕВЫХ ГАЗОСЕПАРАТОРОВ В УСЛОВИЯХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТНК-ВР

ЛУНЕВ Никита Вячеславович
Руководитель группы по внедрению оборудования ООО «ПК «Борец»

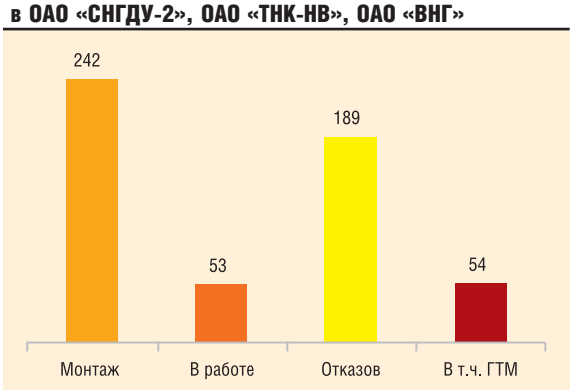
Курс на динамичное увеличение МРП добывающего фонда, средней наработки на отказ (СНО) УЭЦН, который многие российские добывающие компании реализуют все последние годы, требует применения новых высокоэффективных технических решений. В прошедшие несколько лет на добывающих предприятиях ТНК-ВР внедрялся ряд новых разработок компании «Борец», в том числе погружные вентильные электродвигатели, ЭЦН 5-й группы и модульные фазопреобразователи. К широкомасштабному внедрению готовятся вихревые газосепараторы. В предлагаемом вашему вниманию материале проанализированы результаты эксплуатации этого оборудования, обобщен полученный опыт, а также результаты сравнительных стендовых и других испытаний.

ВЕНТИЛЬНЫЙ ПРИВОД

История внедрения погружных вентильных электродвигателей (ВЭД) производства ПК «Борец» началась в 2005 году в ОАО «ТНК-Нижневартовск». С тех пор компанией «Борец» произведено уже более тысячи приводов этого типа, половина которых эксплуатируются в скважинах основного заказчика, ТНК-ВР.

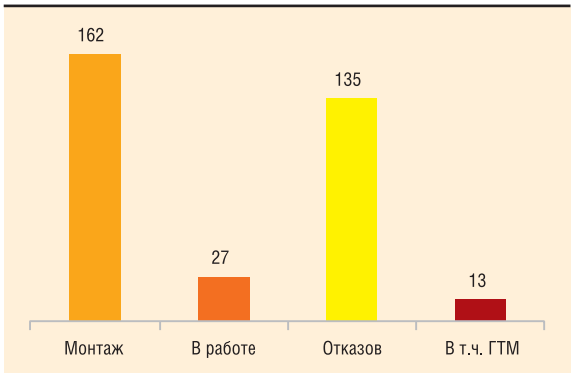
В течение четырех лет на промыслах Нижневартовской группы предприятий ТНК-ВР: ОАО «СНГДУ-2», ОАО «ТНК-Нижневартовск» (ТНК-НВ) и ОАО «Варьеганнефтегаз» (ВНГ) было проведено 242 монтажа новых установок, из которых на начало 2011 года 53 оставались в работе (рис. 1). Общая средняя наработка новых ВЭД составила 606 сут, средняя наработка 189 отказавших установок по разным причинам – 353 сут, а максимально достигнутая наработка составила 847 сут.

Рис. 1. Текущее состояние новых ВЭД в ОАО «СНГДУ-2», ОАО «ТНК-НВ», ОАО «ВНГ»



Кроме того, за тот же период выполнено 162 монтажа новых ВЭД на фонде ОАО «ТНК-Нягань» (рис. 2). По состоянию на начало текущего года из этого числа продолжали работать 27 установок. Общая средняя наработка составила 212 сут, средняя наработка отказавших установок по разным причинам – 206 сут, максимальная – 858 сут.

Рис. 2. Текущее состояние новых ВЭД в ОАО «ТНК-Нягань»



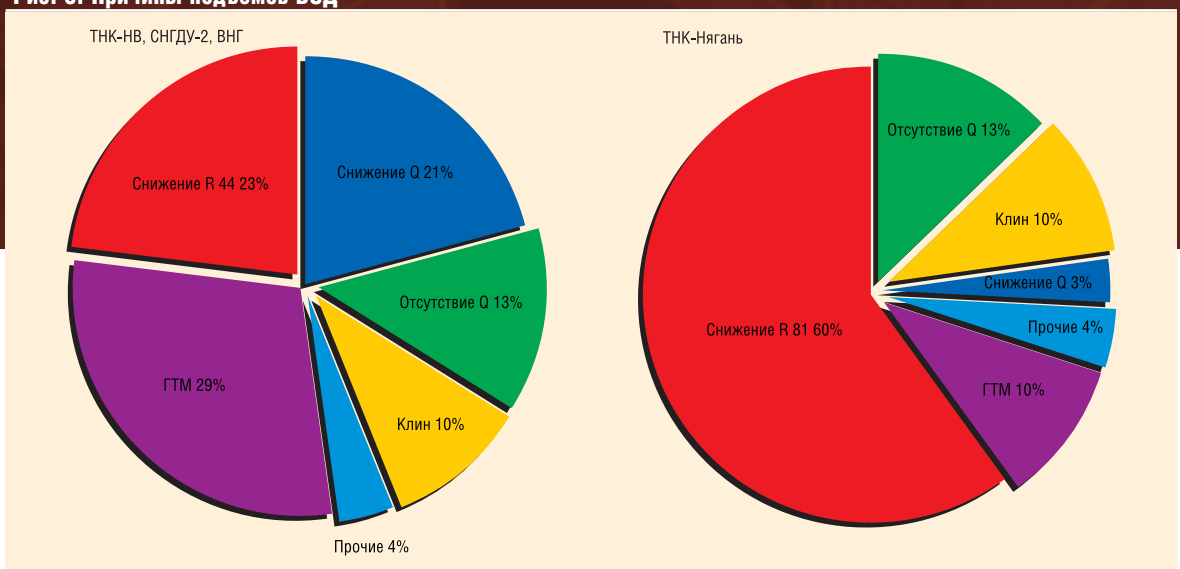
Если исключить подъемы, связанные с ГТМ, то основной причиной отказов установок с ВЭД в скважинах как Нижневартовского, так и Няганского регионов стало нарушение изоляции системы «Кабель – ВЭД» (рис. 3). Причем если в случае Нижневартовска доля таких подъемов составила только 23%, то в Нягани отказы из-за ухудшения изоляции достигают 60% от общего числа подъемов. В то же время процент отказов по причине нарушения изоляции ВЭД (в том числе по вине гидрозащиты) примерно одинаковый, а основная часть проблем связана с кабельной линией.

Сравнительный анализ результатов эксплуатации УЭЦН с ВЭД и асинхронными ПЭД с частотными преобразователями (ЧП) в СНГДУ-2, ТНК-НВ и ВНГ начиная с 2008 года показывает более высокие наработки установок с ВЭД (рис. 4). Учитывались только новые установки. В свою очередь, рассчитанная по Нижневартовским предприятиям ТНК-ВР доля остановок скважин по отказам ВЭД также снижается (рис. 5).

На фоне «ТНК-Нягань» о выраженной положительной динамике показателей ВЭД пока говорить преждевременно, но результаты прошлого года выше предыдущих (рис. 6 и 7).

* насосов коррозионностойкого и абразивостойкого исполнения

Рис. 3. Причины подъемов ВЭД



В анализе эксплуатации фонда не отслеживаются данные по энергозатратам. Между тем проведенные при участии специалистов ТНК-ВР сравнительные испытания показали преимущества ВЭД в этом отношении (табл. 1). В среднем экономия составляет 10% с увеличением до 15% при снижении скорости вращения вала и снижении загрузки двигателя.

Наша компания постоянно ведет работу по совершенствованию конструкции ВЭД. В начале 2009 года был заменен тип применяемых в роторе магнитов. В июле 2010 года мы изменили конструкцию и схему расположения подшипников, а также схему стопорения роторных пакетов.

ЭЦН 5-й ГРУППЫ

Принципиальным отличием «пакетной» схемы от традиционной с «плавающими» ступенями является установка групп (пакетов) по 10–15 ступеней, в ко-

Рис. 4. Динамика наработки на отказ фонда скважин с ВЭД и ПЭД с ЧП в СНГДУ-2, ТНК-НВ, ВНГ

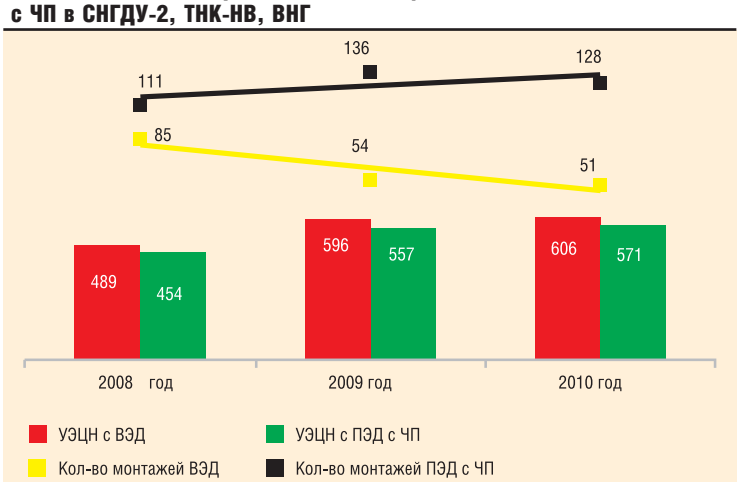


Рис. 5. Распределение причин отказов УЭЦН с ВЭД в СНГДУ-2, ТНК-НВ, ВНГ

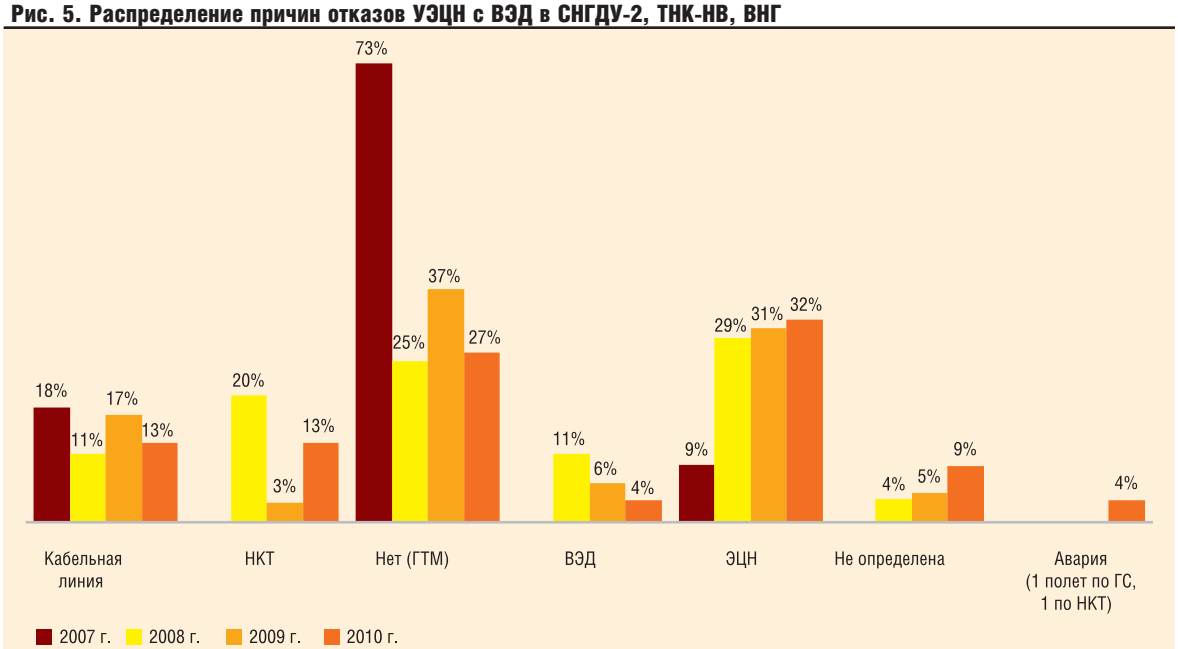


Рис. 6. Динамика наработки на отказ фонда скважин с ВЭД и ПЭД с ЧП в «ТНК-Нягани»

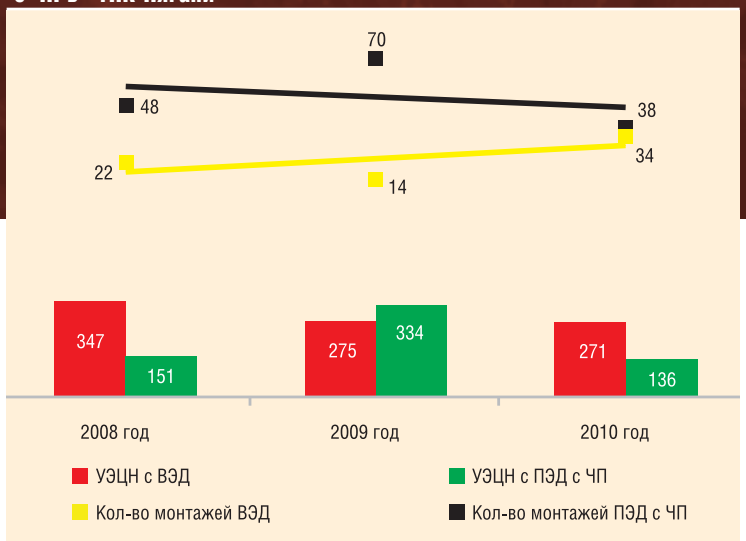


Таблица 1

Сравнительные испытания ВЭД и асинхронного ПЭД

Вентильный привод: 9.1ВЭДБТ36-117 с СУ «Борец-ВД105»
Асинхронный привод: 4ЭДБТ36-117 с СУ «Борец-04-250» с фильтром «ФВЗ-250»

Момент на валу $H_м$	Экономия, % (1- $P_{удвп}/P_{удапф}$) x100%, при частоте вращения, Гц (об/мин)					
	40 (2400)	45 (2700)	50 (3000)	55 (3300)	средне-е	
57	15,2	14,7	12,6		14,2	
85	11,1	10,4	9,2	7,0	9,4	
97	11,1	10,1	8,8	7,6	9,4	
114	11,5	10,0	9,3	9,0	10,1	
Среднее	12,2	11,3	10,0	7,9		**10,3**
					10,7	

Свидерский С.В.
Директор по механизированной добыче, УТД БН РиД ОАО «ТНК-ВР Менеджмент»

В свое время мы делали очень большую ставку на УЭЦН 5-й группы. Надеялись, что их более высокая стоимость будет компенсироваться повышением наработки вследствие более высокой надежности этого узла. К сожалению, этого не произошло и мы до недавнего времени по пятой группе получали наработки на уровне третьей, а зачастую даже и ниже. Поэтому работа по доведению этой конструкции до максимального ресурса очень важна для нас.

Большие надежды возлагали мы и на внедрение вентильных двигателей, предполагая, что получим заявленное заводами-производителями снижение энергопотребления на уровне 20%. К сожалению, анализ результатов эксплуатации ВЭД в наших скважинах не подтвердил эти ожидания. Поэтому ПК «Борец», в том числе по нашей просьбе, сегодня изучает причины такой низкой эффективности, чтобы в дальнейшем изменить ситуацию к лучшему. Эту работу необходимо продолжать. В частности, было бы целесообразно на пяти-десяти уже оборудованных ВЭД скважинах в «ТНК-Нижневартовске» и «Самотлорнефтегазе» проверить эффективность смены алгоритмов, использования каких-то более результативных параметров эксплуатации. И соответственно получить ответ на вопрос, что нужно сделать для того, чтобы не на стенде, а в реальных скважинах получать заявленный эффект.

Также открытым остается вопрос совершенствования сепараторов. Тема очень важная, поскольку значительная часть «полетов» УЭЦН продолжает оставаться за сепараторами. Это единственное, с чем мы пока еще не научились эффективно бороться. Поэтому работа, которая проведена в компании «Борец» в этом отношении, очень важна с точки зрения повышения надежности этого узла.

И, наконец, фазопреобразователи – это, наверное, та альтернатива газосепараторам, которую мы можем использовать, получая еще и какой-то дополнительный эффект по энергосбережению. И это замечательно.

Рис. 7. Распределение причин отказов УЭЦН с ВЭД в «ТНК-Нягани»

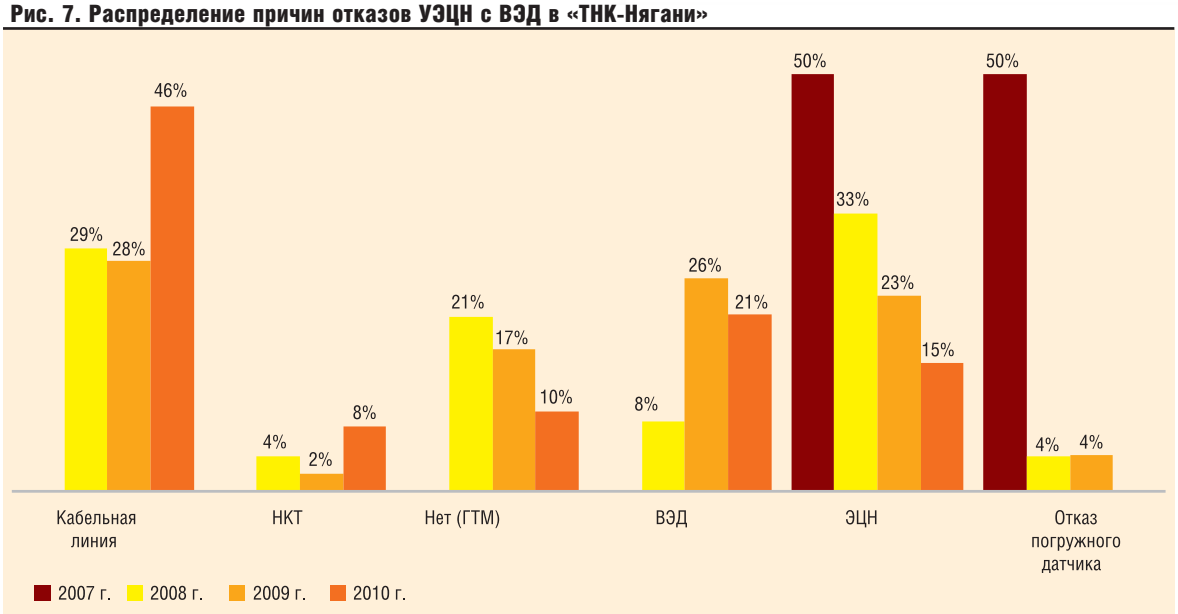


Рис. 8. ЭЦН пакетной сборки – выбор конструкции

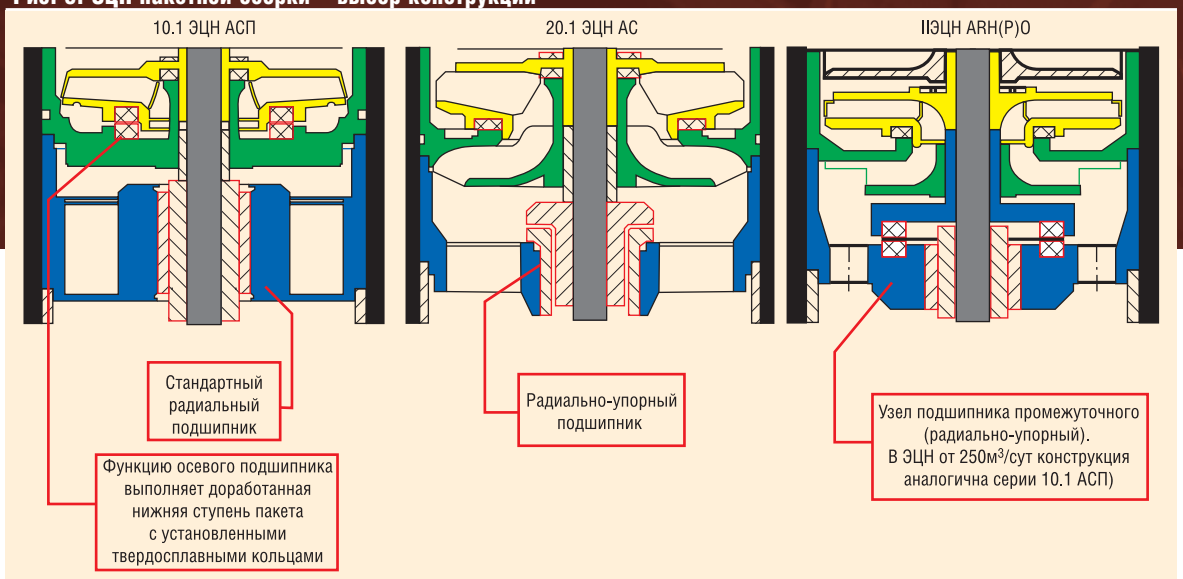
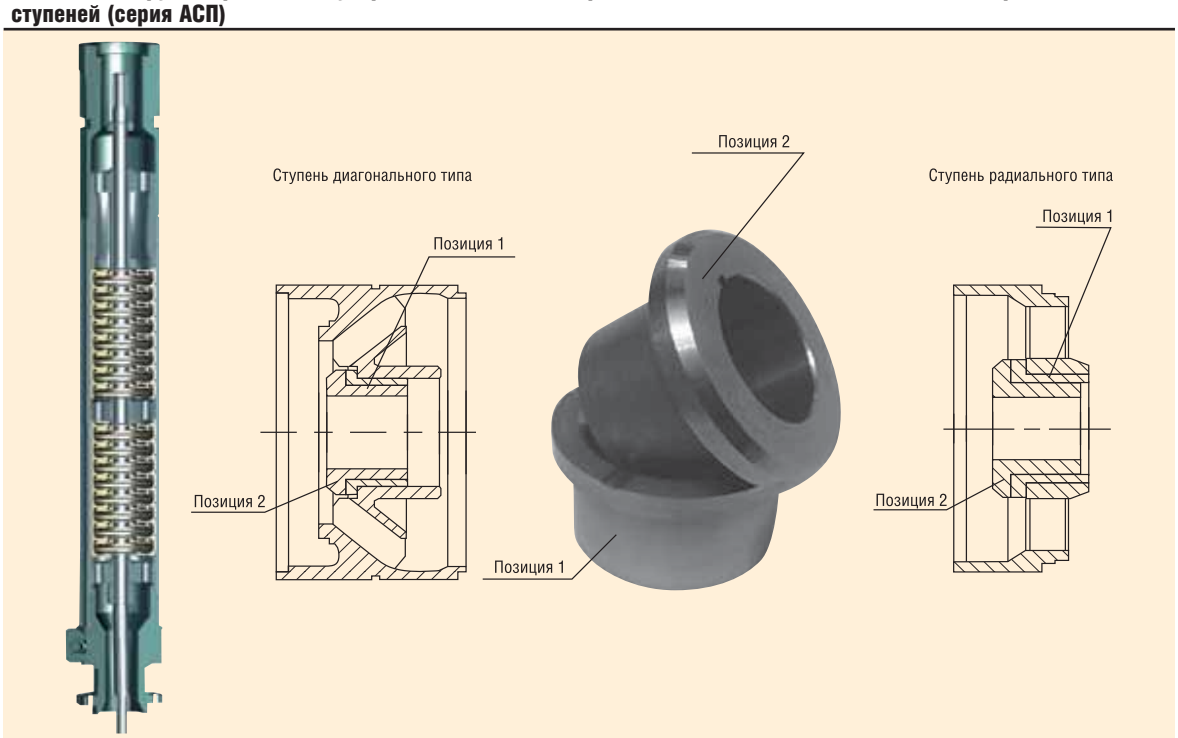


Рис. 9. Конструкция радиально-упорного подшипника абразивостойких насосов с «пакетной» сборкой ступеней (серия АСП)



торых рабочие колеса имеют ограниченную возможность взаимного перемещения из-за минимальных зазоров между их ступицами. Это обеспечивает по мере износа опорных шайб рабочих колес смыкание всех рабочих колес пакета в плотную «гребенку» и передачу их суммарной осевой нагрузки на групповую осевую опору с парой трения из твердых сплавов или карбида кремния. Групповая радиально-осевая опора конструктивно выполняется в виде отдельного подшипника или встраивается в нижний направляющий аппарат пакета. Ограниченный шаг установки радиально-осевых опор пакета обеспечивает также сохранение радиальной устойчивости ротора насоса даже в случае повышенного износа радиальных опор ступеней при перекачивании пластовых сред с предельным или кратковременно аномальным содержанием механических примесей.

Изначально были разработаны три конструкции ЭЦН пакетной сборки. По результатам внедрения в 2008 году с последующей подконтрольной эксплуатацией была определена наиболее надежная конструкция, на основе которой с 2009 года изготавливается унифицированная серия насосов пакетной сборки (рис. 8).

Пакетная сборка ступеней разгружает шайбы рабочих колес от осевой нагрузки, чему в том числе способствует оригинальная конструкция радиально-упорных подшипников из твердого сплава (рис. 9).

Рис. 10. Движение новых УЭЦН с насосами 5-й группы в СНГДУ-2, ТНК-НВ и ВНГ

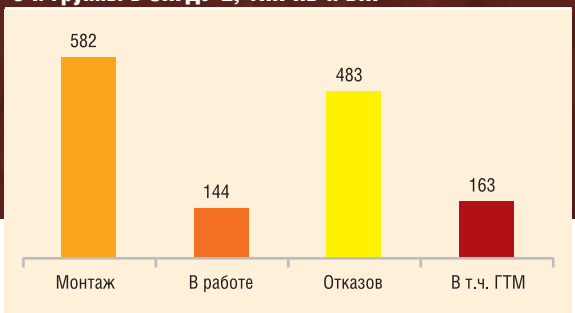


Рис. 11. Движение новых УЭЦН с насосами 5-й группы в «ТНК-Нягани»

Рис. 12. Динамика по отказавшим узлам УЭЦН 5-й группы в ТНК-НВ, СНГДУ-2 и ВНГ

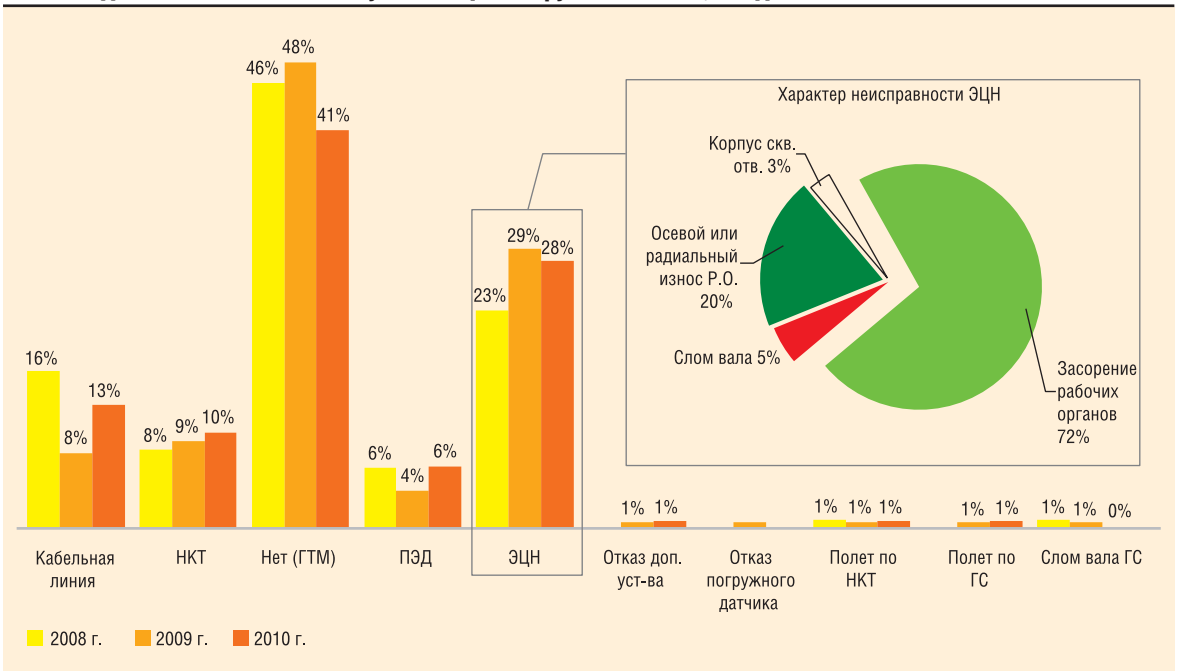


Рис. 13. Динамика по отказавшим узлам УЭЦН 5-й группы в «ТНК-Нягани»

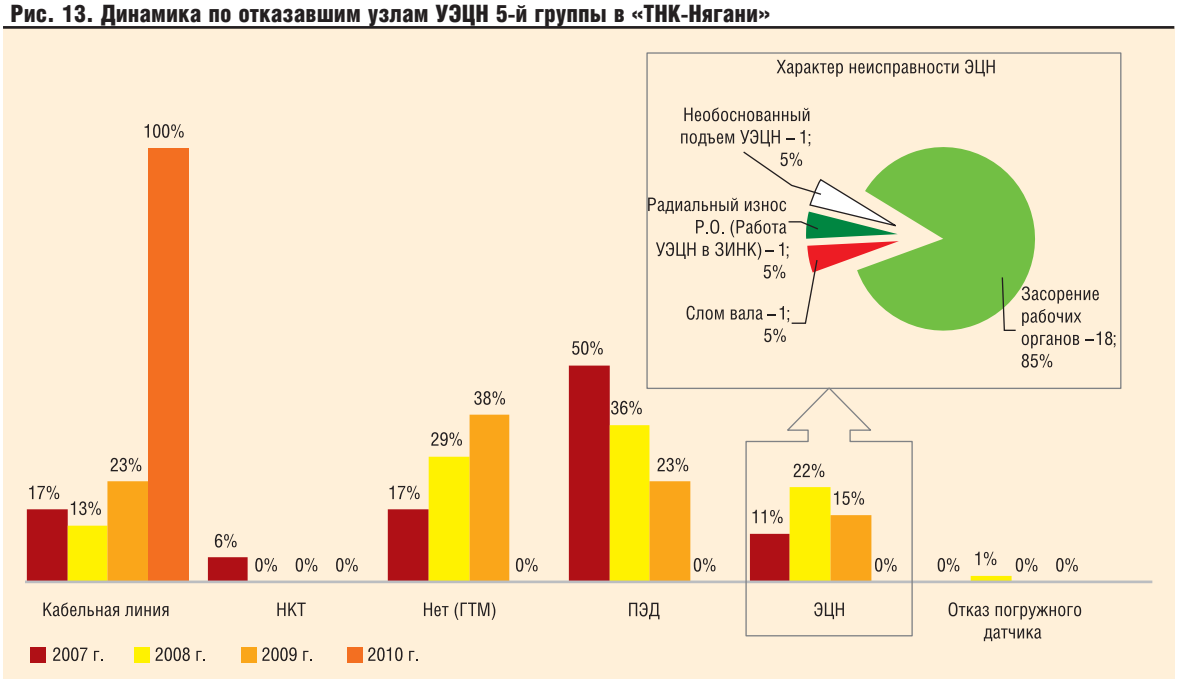
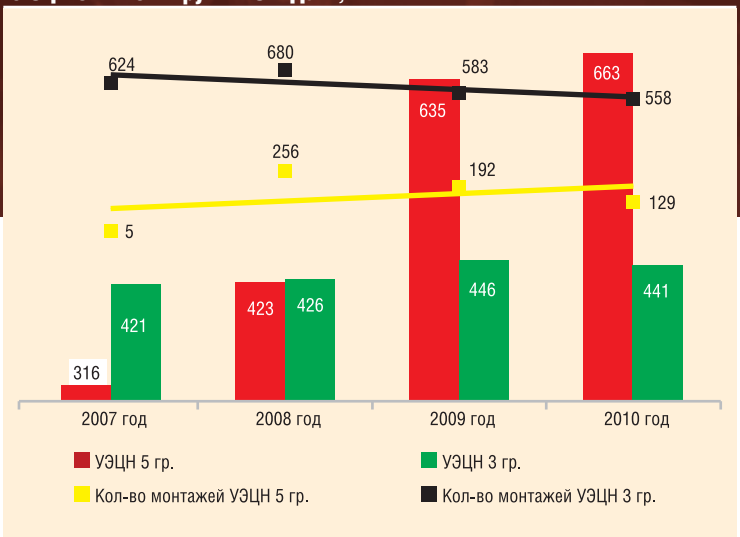


Рис. 14. Динамика средней наработки на отказ фонда скважин с ЭЦН 5-й и 3-й групп в СНГДУ-2, ТНК-НВ и ВНГ



Такая конструкция в форме втулки грибкового типа обладает рядом достоинств. Во-первых, такие подшипники выдерживают как осевые, так и радиальные нагрузки. Во-вторых, конструкция подшипника ограничивает попадание абразива в его рабочую область, тем самым обеспечивая повышенную надежность подшипника.

За прошедшие четыре года значительное число насосов 5-й группы – 582 установки – были внедрены на Нижневартовских предприятиях ТНК-ВР – СНГДУ-2, ТНК-НВ и ВНГ (рис. 10). К началу 2011 года средняя наработка на отказ составила 663 сут, максимальная наработка – 854 сут.

В Нягани за тот же период проведено 119 монтажей (рис. 11). К началу 2011 года в работе оставались две УЭЦН; средняя наработка на отказ составила 942 сут, максимальная наработка – 958 сут.

Из общего количества отказов УЭЦН с насосами 5-й группы в среднем в 12% случаев в Нягани и в 26% случаев в Нижневартовске первым отказавшим узлом становился ЭЦН. Основной причиной выхода из строя ЭЦН в обоих регионах было засорение рабочих органов – 72% и 85% случаев соответственно. На отказы по причине слома вала приходится 5% случаев (рис. 12 и 13).

Сравнительный анализ средней наработки на отказ УЭЦН 3-й и 5-й групп (новое оборудование) со всей очевидностью показывает преимущество последней (рис. 14 и 15). В последние два года произошел существенный рост наработки при почти одинаковом количестве отказов.

Рис. 15. Динамика средней наработки на отказ фонда скважин с ЭЦН 5-й и 3-й групп в «ТНК-Нягани»

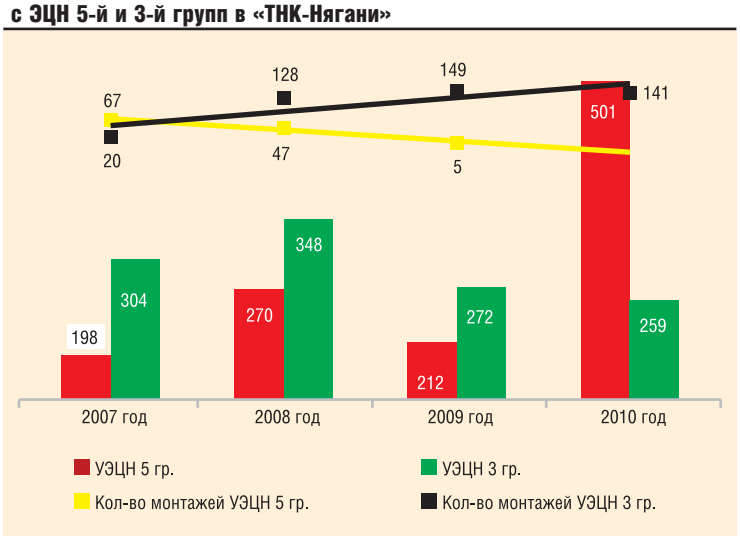


Рис. 16. Текущая наработка в период подконтрольной эксплуатации УЭЦН 30.2ЭЦНМИ5а-800-1500 АСП

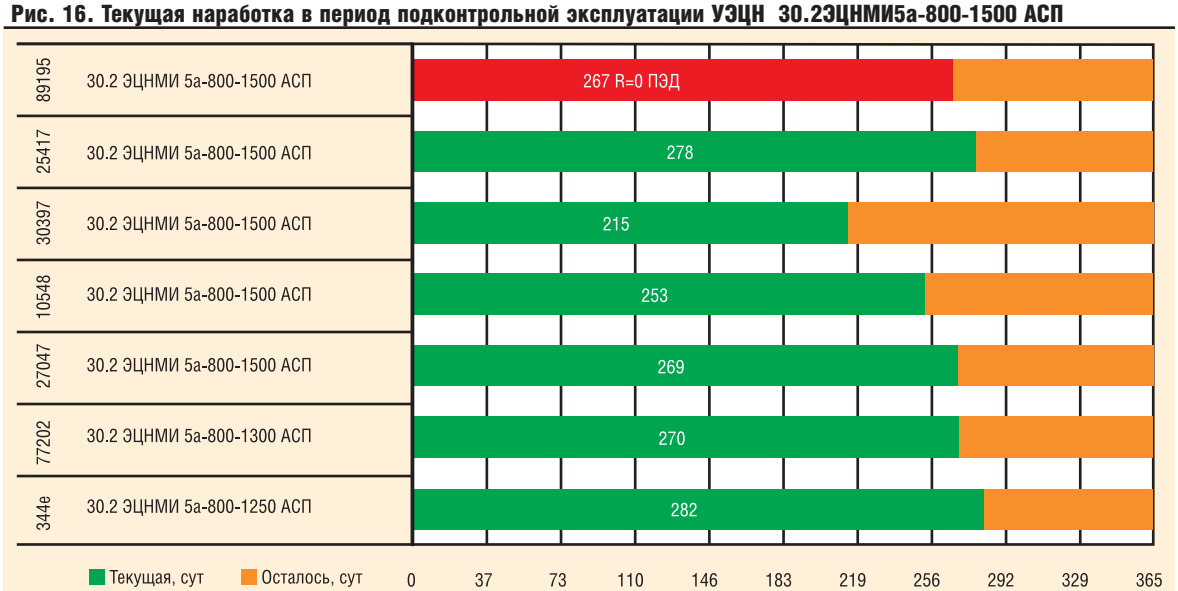
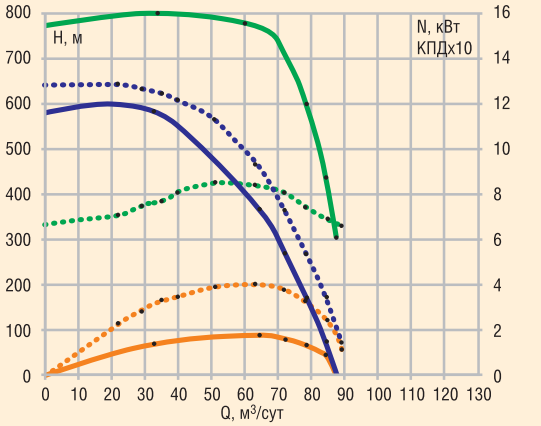


Рис. 17. Испытания на износостойкость ЭЦН5-50-500 3-й группы (с плавающими рабочими колесами)

Результаты 20-часового цикла испытаний на износ

Изменение рабочих характеристик установки после испытаний на износ



Напор секций насоса (H):
- змеренный при F 50 Гц до износа;
- измеренный при F 50 Гц после износа.

Потребляемая мощность (N):
- измеренная при F 50 Гц до износа;
- измеренная при F 50 Гц после износа.

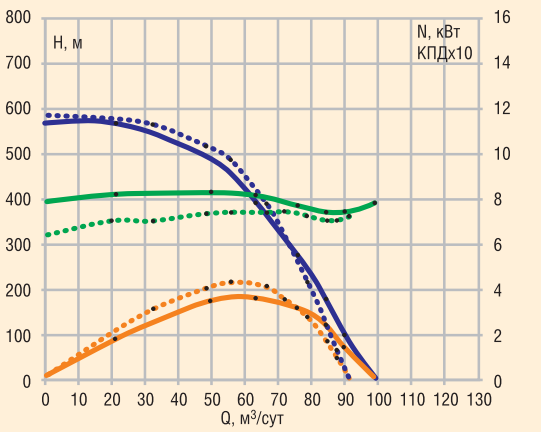
Коэффициент полезного действия (КПД):
- измеренный при F 50 Гц до износа;
- измеренный при F 50 Гц после износа.

55% снижение КПД ЭЦН (относительные)

Рис. 18. Испытания на износостойкость ЭЦН5-50-500 АСП 5-й группы (пакетная сборка)

Результаты 20-часового цикла испытаний на износ

Изменение рабочих характеристик установки после испытаний на износ



Напор секций насоса (H):
- измеренный при F 50 Гц до износа;
- измеренный при F 50 Гц после износа.

Потребляемая мощность (N):
- измеренная при F 50 Гц до износа;
- измеренная при F 50 Гц после износа.

Коэффициент полезного действия (КПД):
- измеренный при F 50 Гц до износа;
- измеренный при F 50 Гц после износа.

14% Снижение КПД ЭЦН (относительные)

Помимо этого, с апреля 2010 года в «Самотлорнефтегазе» проводится подконтрольная эксплуатация семи насосов пакетной сборки типа 30.2ЭЦНМИ5А-800-1500 АСП. В настоящий момент шесть установок остаются в работе, одна с двигателем другого производителя отказала по причине R=0 ПЭД, отработав 267 сут (рис. 16).

ИСПЫТАНИЯ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ

Компания «Борец» провела в РГУ им. И.М. Губкина сравнительные испытания насосов 5-й и 3-й групп производительностью 50 и 400 м³/сут по методике, разработанной специалистами университета.

Методика проведения испытаний включала:

– два цикла по 10 часов каждый, при которых содержание мехпримесей в прокачивавшейся через насосы жидкости постепенно возрастало с 2 г/л в

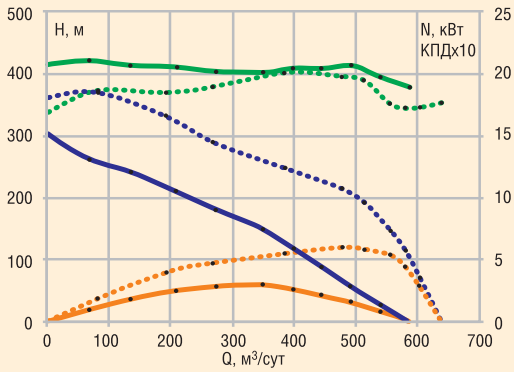
Рис. 19. Испытания на износостойкость ЭЦН5А-400-240 3-й группы (с плавающими РК)

Результаты 20-часового цикла испытаний на износ

Рис. 20. Испытания на износостойкость ЭЦН5А-400-240 АСП 5-й группы (пакетная сборка)

Результаты 20-часового цикла испытаний на износ

Изменение рабочих характеристик установки после испытаний на износ



Напор секций насоса (H):
- измеренный при F 50 Гц до износа;
- измеренный при F 50 Гц после износа.

Потребляемая мощность (N):
- измеренная при F 50 Гц до износа;
- измеренная при F 50 Гц после износа.

Коэффициент полезного действия (КПД):
- измеренный при F 50 Гц до износа;
- измеренный при F 50 Гц после износа.

54% Снижение КПД ЭЦН (относительные)

Рис. 21. Модули насосные фазопреобразователи (МНФБ)

Содержание свободного газа на приеме

50–90%

- Установлены пакеты ступеней осевого типа;
- АСП – исполнение со встроенным входным основанием;
- АСП-БП – исполнение для соединения с газосепаратором.

3 Тип	Подача, м³/сут	Допустимое газосодержание (с ГС), %
3.30МНФБ(К)5-250АСП(-БП)	80…200	50…70 (70…90)
3.30МНФБ(К)5А-420АСП(-БП)	125…320	

35–80%

- На входе установлен диспергирующий узел, выше – пакеты серийных диагональных ступеней

2 Тип	Подача, м³/сут	Допустимое газосодержание (с ГС), %
2.30МНФБ(К)5А-400АСП	60…200	35…50 (65…75)
2.30МНФБ(К)5А-700АСП	160…500	40…60 (70…80)

30–65%

- Установлены пакеты КДС по всей длине корпуса

1 Тип	Подача, м³/сут	Допустимое газосодержание (с ГС), %
1.30МНФБ(К)-П5-125АСП	35…80	30…40 (55…65)
1.30МНФБ(К)-Д5А-60АСП	25…35	
1.30МНФБ(К)-Д5А-150АСП	45…100	

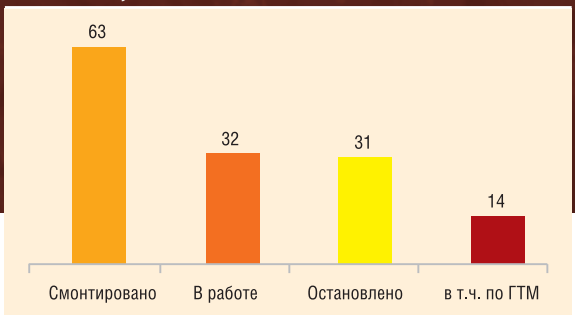
первый час до 40 г/л в последний час. Изменение КВЧ производили через каждый час без остановки испытаний с использованием смеси кварцевого песка и проппанта в соотношении 50/50. Периодически в течение одного часа с последующим перерывом на один час на прием газосепаратора подавался воздух из расчета 25% по объему;

– двадцатичасовой цикл испытаний на износ ЭЦН5-50-500 3-й группы с плавающими рабочими колесами показал характерный износ (рис. 17). Все рабочие колеса (РК) и направляющие аппараты (НА) были незначительно засорены частями карбонитовых шайб. У части РК наблюдался характерный конический износ ступиц, местами до шпоночного паза. Карбонитовые шайбы отсутствовали. На направляющих аппаратах наблюдался износ опор в местах сопряжения с опорными шайбами РК. Также фиксировался износ ступиц НА, РК и защитных втулок вала. После дефектации и разбора насос вновь собрали, после чего была снята напорно-расходная характеристика (НРХ). Относительное снижение КПД насоса по сравнению с паспортным значением в номинале составило 55%.

После аналогичных испытаний ЭЦН5-50 5-й группы у втулки нижнего радиального подшипника наблюдался незначительный характерный износ (рис. 18). У втулок каждого первого НА пакетов и ступиц РК – конический износ. Незначительный износ был отмечен у втулки верхнего радиального подшипника и предшествующих втулок. Точно так же после испытаний сняли НРХ, получили относительное снижение КПД на 14%, против 55% по 3-й группе.

После испытаний на износостойкость ЭЦН5А-400 3-й группы НРХ снять не удалось в связи с высоким

Рис. 22. Общий объем внедрения УЭЦН с 1.10МНФБ, 1.30МНФБ, 3.30МНФБ в ТНК-ВР



уровнем вибрации и значительным износом (рис. 19). После испытаний вал не вращался, втулки подшипников имели характерный износ, многие РК имели разрушение ступицы. Значительному износу подверглись НА в местах сопряжения с рабочими колесами.

Насос пакетной сборки показал себя гораздо лучше (рис. 20). Износ также наблюдался, но был незначительным. После дефектации вращение вала оставалось свободным, у втулок промежуточных подшипников наблюдался незначительный износ, у некоторых РК была изношена или разрушена ступица при частичном отсутствии опорных шайб. Был также отмечен незначительный износ НА с частичным их засорением фрагментами текстолитовых шайб. Относительное снижение КПД составило 54%.

МОДУЛИ НАСОСНЫЕ ФАЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ТИПА МНФБ

Модули насосные фазопреобразователи (МНФБ) представляют собой предвключенные секции насоса, которые предназначены для подготовки и проталкивания газожидкостной смеси через основной насос с определенным давлением. МНФБ диспергируют газ, уменьшая его свободный объем и обеспечивая его полезную работу за счет снижения плотности газированного столба жидкости в НКТ.

В настоящее время изготавливаются три типа МНФБ: первый – на базе радиальных ступеней, второй – на базе диагональных и третий – на базе осевых ступеней (рис. 21). Выпускаемая линейка преобразователей перекрывает практически весь диапазон подач изготавливаемых насосов.

Все МНФБ собираются по схеме пакетной сборки без осевой опоры вала. Их существенное преиму-

Рис. 23. Количество монтажей и демонтажей УЭЦН с 1.10МНФБ, 1.30МНФБ, 3.30МНФБ по предприятиям

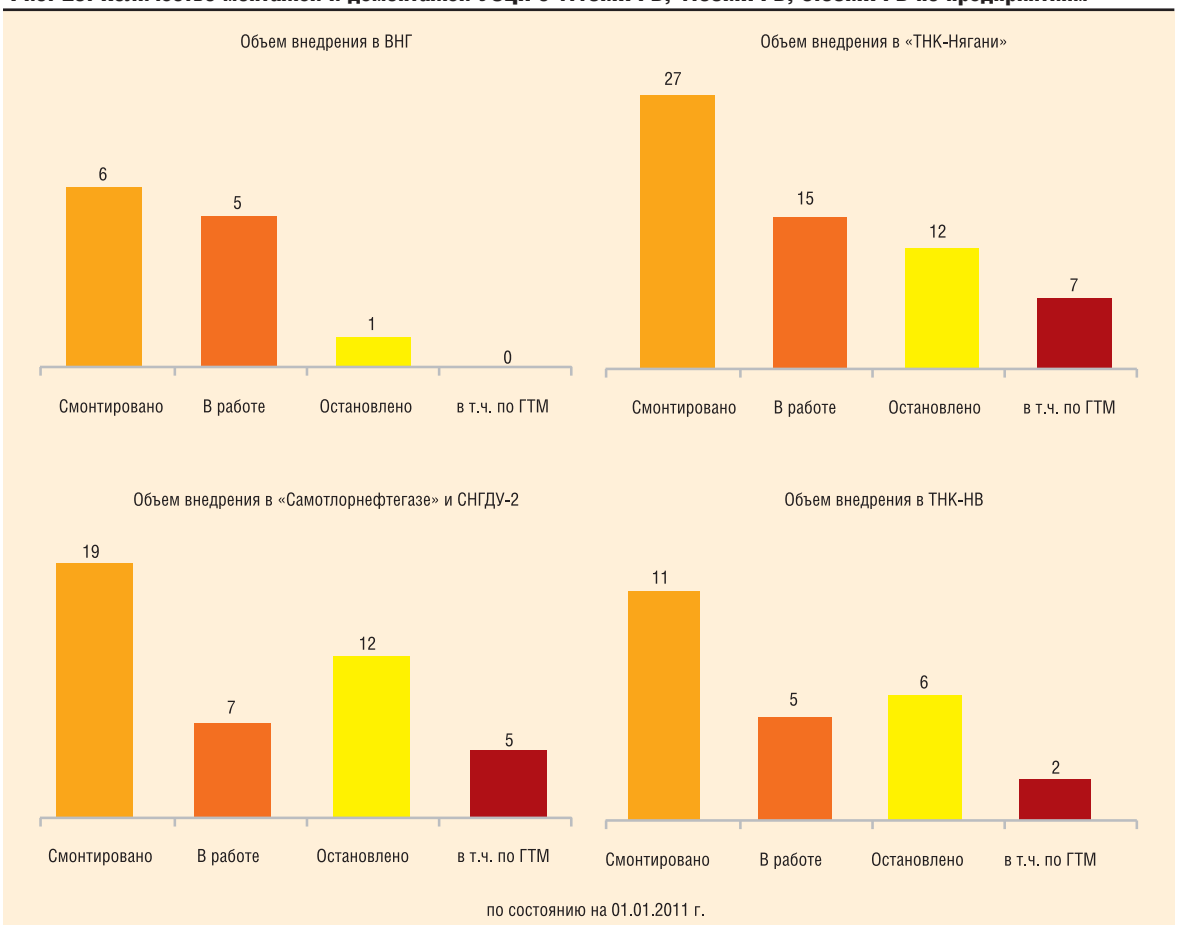
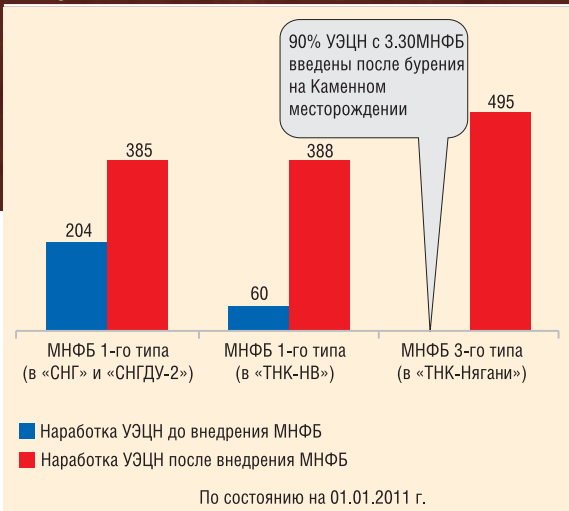


Таблица 2

Параметры технологических режимов работы УЭЦН с МНФБ

Регион	**ТНК-Нягань**	**ТНК-Нягань**	**ТНК-Нягань**	**СНГ**	**СНГ**	**СНГДУ-2**	**ТНК-НВ**
Параметр / № скв.	**4279**	**4253**	**4254**	**30051**	**30042**	**3981б**	**6611д**
Тип УЭЦН	10.1ЭЦНДИ5А-250-1550	10.1ЭЦНДИ5-200-1450	10.1ЭЦНДИ5-200-1450	ЭЦН			
5-80-1000	ЭЦН						
5-80-1200	1ЭЦНДИ5А-35-1600	ВНН5-79-1800					
Тип фазопреобразователя	3.30МНФБ5А-420АСП-БП-07	3.30МНФБ5-250АСП-БП	3.30МНФБ5-250АСП-БП	1.10 МНФБ5.1-150 АСП-02	1.10 МНФБ5.1-150 АСП-02	1.10 МНФБ 5А-150	1.10 МНФБ5-150 АСП
Тип газосепаратора	3.10МНГЛ5АМ	3.10МНГЛ5ИМ	3.10МНГЛ5ИМ	Входной модуль	Входной модуль	3МНГДБ5А	МНКГСЛ5-250
Н спуска УЭЦН, м	1683	1856	1890	1550	1620	1823	2030
Q жидкости, м^3/сут	68	88	79	75	85	55	75
Q газа, м^3/сут (ГЗУ)	21700	12816	10435	не замер-ся	не замер-ся	9504	не замер-ся
$Н_{дин}$ (пена), м	763	1137	246	1299	1080	1756	1709
Р затрубное, атм	22	23	20	12,3	8,5	16	9,9
Частота, Гц	57	50	50	51	50	50	50
Свободный газ в МНФБ, %	64	56,6	31,4	34,3	25,5	15,6	44,1
Свобод. газ на приеме ГС, %	86,8	79,4	62,3	без г/сеп.	без г/сеп.	52,8	70,5
Max. газосодерж. с МНФБ+ГС, %	90	90	90	65	65	65	65
Р на приеме, атм	41	37	43	35	35	20	42
Р забойное, атм	42	43	54	45	42	28	58
Р насыщения, атм	57	57	84	92	92	90	100
Газовый фактор, м^3/м^3	329	169	121	76	85	70	138
Вывод по режиму работы	Насос работает за рабочей областью в левой зоне НРХ	Насос работает за рабочей областью в левой зоне НРХ	Насос работает за рабочей областью в левой зоне НРХ	Насос работает в рабочей области НРХ	Насос работает в рабочей области НРХ	Насос работает в рабочей области НРХ	Насос работает в рабочей области НРХ

Рис. 24. Сравнение наработки УЭЦН до и после внедрения МНФБ



щество по сравнению с газосепараторами заключается в исключении размыва корпуса при длительной эксплуатации.

К середине февраля 2011 года общий объем внедрения МНФБ на предприятиях ТНК-ВР составил более 60 единиц, из которых в работе оставались 32 установки (рис. 22). Больше всего модулей было смонтировано в «ТНК-Нягани» (рис. 23).

По результатам эксплуатации, наработка УЭЦН с МНФБ значительно превысила среднюю наработку на отказ установок без фазопреобразователей (рис. 24). В «Самотлорнефтегазе» и ТНК-НВ эксплуатировались МНФБ первого типа. Третий тип модулей применялся только в «ТНК-Нягани». Сравнение с наработкой по предыдущим установкам сделать не удалось, поскольку основная часть МНФБ монтировались здесь в скважинах, введенных после бурения на Каменном месторождении.

Рис. 26. Влияние газосепараторов на изменение характеристики насоса ЭЦНД5-125 при газосодержании 60% (1 ступень)

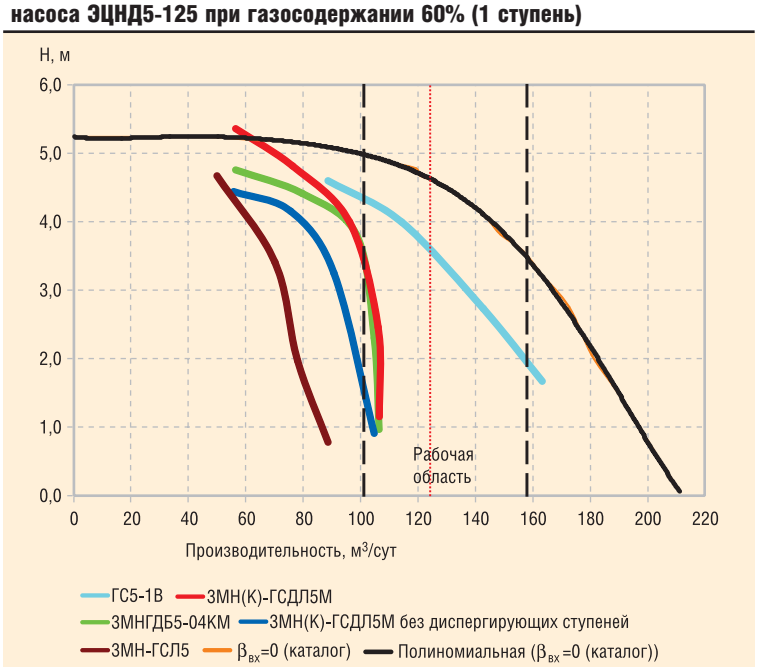


Рис. 25. Основные параметры вихревого газосепаратора ГС5-1В при работе на воде плотностью 1000 кг/м³

Параметр	Значение параметра
Максимальная подача однофазной жидкости, м³/сут	250
Напор, м	0,4
Мощность, кВт – потребляемая при максимальной осевой нагрузке – передаваемая	 0,9 9,5
Частота вращения (синхронная), об/мин	3000

В ходе проведения подконтрольной эксплуатации проявили себя некоторые преимущества насосных систем с МНФБ и газосепараторами (табл. 2). Так, во-первых, МНФБ 3-го типа обеспечивает стабильную работу УЭЦН при повышенном содержании газа на приеме до 70%, а с газосепаратором – до 90%.

Во-вторых, применение МНФБ позволяет эксплуатировать ЭЦН в левой части НРХ за счет диспергации газожидкостного потока и сжатия свободного попутного газа, обеспечивая заполнение объема насоса мелкодисперсным потоком жидкости. Последний, выходя из насоса, разделяется на фракции, при этом выделившийся в НКТ газ создает газлифтный эффект, что позволяет снизить требуемый напор насоса. Кроме того, исключена возможная «отдавка» динамического уровня, что случается при применении газосепаратора в скважинах с высоким газовым фактором при замерзании обратного клапана в устьевом оборудовании.

В процессе эксплуатации максимальное газосодержание на приеме УЭЦН с МНФБ и газосепаратором составило: для МНФБ первого типа – 50,4%; для МНФБ 3-го типа – 86,8%. Для обеспечения равнонадежности секций ЭЦН и МНФБ специалисты компании «Борец» рекомендуют использовать МНФБ с насосами пакетной сборки.

ГАЗОСЕПАРАТОР ВИХРЕВОЙ

Газосепартор вихревой ГС5-1В, предназначенный для сепарации газа с использованием эффекта свободного вихря, конструктивно отличается от серийно выпускаемых газосепараторов отсутствием сепарационного барабана (рис. 25). Как показали испытания, использование ГС5-1В с насосом производительностью 125 м³/сут оказывает положитель-

Таблица 3

Результаты испытания газосепараторов при комплектации с насосом ЭЦНД5-125

Типоразмер газосепаратора	Коэффициент сепарации при содержании свободного газа на приеме модуля, %								
	20	30	40	45	50	60	65	70	75
ЗМН-ГСЛ5	0,36–0,69	0,50–0,65		Срыв подачи					
ГС5-1В	0,70	0,76		0,82–0,88			0,88–0,60		Срыв подачи

ное влияние на НРХ УЭЦН при высоком газосодержании, тогда как газосепараторы других типов существенно «заваливают» ее (рис. 26).

Испытания ГС5-1В проводились в сравнении с ротационным газосепаратором. В ходе испытаний при увеличении содержания свободного газа ЭЦН с ротационным газосепаратором «сорвал подачу» при достижении 45% объема свободного газа на приеме (табл. 3). ЭЦН с сепаратором вихревого типа «продержался» до 75%, что коррелирует с данными по коэффициентам газосепарации (рис. 27). Стабильная работа ЭЦН обеспечивается при содержании свободного газа на приеме насоса до 70%.

Кроме того, проведены сравнительные испытания износостойкости газосепараторов ротационного типа и ГС5-1В. Результаты инструментального контроля и разбора позволяют сделать вывод о том, что среди различных газосепараторов ротационного типа данного габарита вихревой газосепаратор ГС5-1В обладает повышенной износостойкостью и пригоден для внедрения в скважинах с высокой КВЧ (рис. 28).

После окончания испытаний партию из четырех ГС5-1В спустили в скважины для опытно-промысловых испытаний. По состоянию на 1 февраля 2011 года, текущие наработки двух установок составили 90 и 72 сут соответственно. Одна установка была поднята с наработкой 87 сут для проведения ГТМ в скважине, другая – в связи с отказом ЭЦН («клин») по истечении четырех суток работы. После разбора и дефектации газосепараторы были признаны годными к дальнейшей эксплуатации, при этом количество свободного газа на приеме составляло от 43% до 49%.

Рис. 27. Изменение коэффициента сепарации газосепараторов при испытаниях с ЭЦНД5-125 при газосодержании 60%

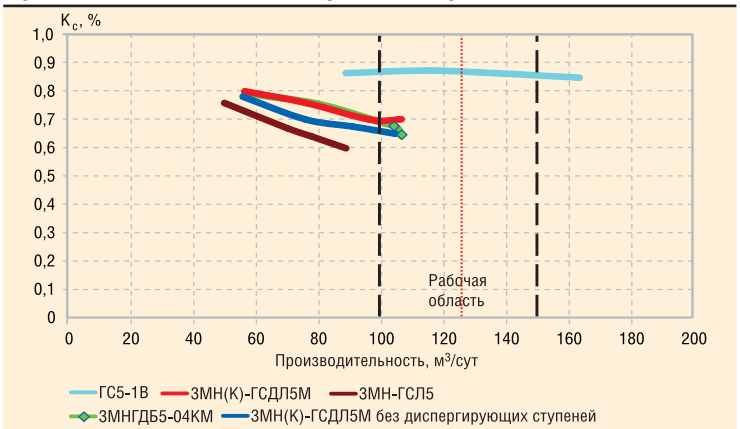
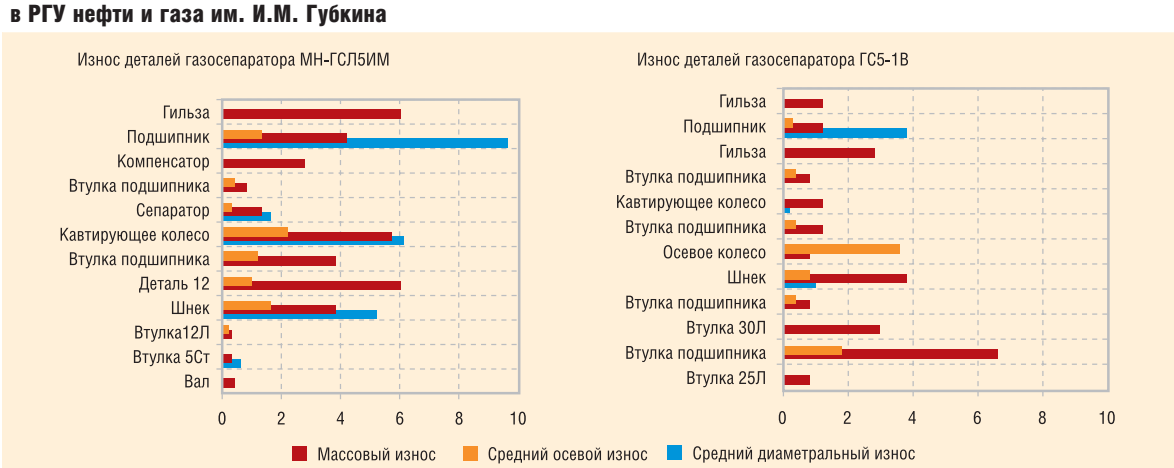


Рис. 28. Результаты сравнительных испытаний на износостойкость МН-ГСЛ5ИМ и ГС5-1В в РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина



Скорость износа гильзы газосепаратора МН-ГС5ЛИМ в самом тонком месте – 0,375 мкм/час *
Прогнозируемая наработка до полного прорезания гильзы – 13333 часов*

Скорость износа гильзы газосепаратора ГС5-1В в самом тонком месте – 0,125 мкм/час *
Прогнозируемая наработка до полного прорезания гильзы – 38400 часов*

* Пересчет для КВЧ 200 мг/л.

Газосепаратор	Износостойкость узлов, %	Износостойкость гильзы, %
МН-ГСЛ5ИМ	86	23
ГС5-1В	91	76