

СУХОТЕПЛЫЙ Вадим Петрович

Начальник сервисной службы ООО «РИТЭК-ИТЦ»



ПРИВОДЫ НА ОСНОВЕ ВЕНТИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В СОСТАВЕ УЭЦН ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАЛОДЕБИТНОГО ФОНДА СКВАЖИН

Вентильный привод погружных насосных установок для добычи нефти, работы по созданию которого были начаты в 1995 году, сегодня занимает прочные позиции в перечне оборудования, используемого нефтяниками для повышения эффективности нефтедобычи на малодебитном фонде. Внедрение вентильных двигателей позволяет перевести скважины из периодического режима в постоянный, увеличить отбор продукции, повысить энергоэффективность добычи нефти из малодебитных скважин.

Количество скважин, эксплуатируемых УЭЦН и УЭВН с вентильными приводами конструкции и производства ООО «РИТЭК-ИТЦ», выросло с 74 в 2003 году до 1129 в 2010 году. В 2010 году в скважинах, оборудованных УЭЦН, эксплуатировалось 918 вентильных приводов, УЭВН — 211 приводов.

Вентильные приводы обладают совокупностью характеристик, позволяющих не только снизить энергопотребление УЭЦН, но и решить ряд технологических задач, например, таких, как добыча нефти из малодебитных скважин.

При работе УЭЦН с малой и нестабильной подачей асинхронный ПЭД из-за нарушений нормативных скоростей потоков охлаждающей жидкости представляет собой «слабое звено» системы установка — пласт, тогда как ВД в тех же условиях функционируют гораздо более эффективно (см. «Энергетические и тепловые характеристики асинхронных и вентильных приводов УЭЦН»).

Отбор продукции установками погружных электронасосов с малой подачей сегодня осуществляется тремя основными способами. Во-первых, посредством применения ЭЦН с малыми подачами — 15, 18, 20 и 25 м³/сут и работой в левой части характеристики Q — H. Во-вторых, переходом на периодическую эксплуатацию скважин. В-третьих, внедрением УЭВН. Вентильные двигатели позволяют эффективно эксплуатировать малодебитные скважины с использова-

нием всех перечисленных технологий (см. «Преимущества приводов на основе вентильных электродвигателей при эксплуатации скважин с малыми дебитами»).

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СКВАЖИН УЭЦН С ВД В ПОСТОЯННОМ РЕЖИМЕ

Широко распространено мнение о том, что периодический способ эксплуатации — это вынужденная мера, на которую следует идти только в случае, когда скважина непригодна для эксплуатации в непрерывном режиме.

Внедрение ВД позволяет перевести скважины из периодического режима в постоянный. Первыми начали использовать преимущества вентильных приводов при эксплуатации малодебитных скважин в ООО «ЛУК-Ойл-Пермь», где значительное число скважин эксплуатировалось в периодическом режиме. Замена в УЭЦН асинхронных электродвигателей на вентильные позволила перевести часть скважин на непрерывную

Энергетические и тепловые характеристики асинхронных и вентильных приводов УЭЦН

Показатель	Тип двигателя	
	Вентильный ВД32-117	Асинхронный ПЭД32-117
Ток, А:		
номинальный I_n	21	26
пусковой	$< I_n$	$(5 - 6) I_n$
холостого хода	< 2	11
КПД, %	91,2	83,5
Температура перегрева обмотки статора, °С	20 — 25	40 — 45
Удельное тепловыделение, кВт/м ²	3,2	5,5
Скорость охлаждающей жидкости, м/с, не менее	0,04	0,08
Возможность регулирования частоты вращения	есть	есть
Зависимость момента от частоты вращения	нет	есть

Преимущества приводов на основе вентильных электродвигателей при эксплуатации скважин с малыми дебитами

Показатель	Режим эксплуатации*					
	Стандартный режим		Периодическая эксплуатация		Эксплуатация УЭВН	
	ВД	ПЭД	ВД	ПЭД	ВВД	ПЭД
Ток, А:						
- номинальный	+	-	+	-		
- пусковой	+	-	+	-		
КПД, %	+	-	+	-		
Температура перегрева обмотки статора, °С	+	-	+	-		
Удельное тепловыделение, кВт/м ²	+	-	+	-		
Скорость охлаждающей жидкости, м/сек, не менее	+	-	+	-		
Возможность регулирования частоты вращения	+	+	+	+	+	-
Независимость момента от частоты вращения					+	-

* + лучше; — хуже

эксплуатацию с обеспечением относительно высоких наработок (см. «Сведения о работе КП ВД в УЭЦН производительностью до 20 м³/сут в ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь» на 11.06.10»).

Сегодня ВД в составе УЭЦН5-25 эксплуатируются в ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь», ОАО «РИТЭК», ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтегаз» с текущими наработками до 1350 суток.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СКВАЖИН УЭЦН С ВД В ПЕРИОДИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

Сегодня мнение о неэффективности периодической эксплуатации не столь категорично. Появились

методы эксплуатации УЭЦН, которые хоть и называются «повторно-кратковременный», «метод циклических отборов», но по сути являются методами периодической эксплуатации. Применяемые в рамках этих методов режимы отбора продукции скважин позволяют для определенной их категории повысить эффективность добычи.

Ранее периодический способ эксплуатации скважин считался неэффективным. Это мнение было основано не только на том, что при данном способе отбор продукции скважин меньше, чем при непрерывном, но и на том, что из-за многократных запусков при больших значениях пусковых токов и динамических нагрузок на узлы УЭЦН происходит снижение ресурса ПЭД и кабеля. С появлением станций управления с плавным запуском и возможностью регулировать частоту вращения эти недостатки перестали быть определяющими в технологии периодической эксплуатации.

При периодической эксплуатации асинхронный ПЭД работает практически без охлаждения потоком откачиваемой из пласта жидкости, в связи с чем возможен его перегрев и, как следствие, снижение ресурса. Вентильный двигатель имеет более низкую темпе-

Сведения о работе КП ВД в УЭЦН производительностью до 20м³/сут в ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь» на 11.06.10

№ п/п	Номер скважины	Дата запуска	Насос	Двигатель	п, об/мин	Q _ж , м ³ /сут	Скорость охл. жид., м/с	Нарботка, сут
1	455	28.01.07	ЭЦН5-18-1100	ВД32-117	2700	6,4	0,029	1230
2	42	10.02.07	ЭЦН5-18-1350	ВД32-117	2400	7,7	0,035	1217
3	60	24.04.07	ЭЦН5-18-1550	ВД32-117	3000	8,0	0,037	1144
4	426	03.05.07	ЭЦН5-20-1950	ВД32-117	2500	15	0,069	1135
5	36	15.06.07	ЭЦН5-20-1950	ВД32-117	2500	17	0,078	1092
6	202	14.11.07	ЭЦН5-18-1350	ВД32-117	2900	12	0,055	940
7	177	20.03.08	ЭЦН5-20-1350	ВД32-117	2600	11	0,050	813
8	401	04.04.09	ЭЦН5-18-1350	ВД32-117	1950	7,5	0,034	433

Сведения о работе КП ВД в УЭЦН производительностью до 20 м³/сут на Талинском месторождении ОАО «ТНК-Нягань»

№ скв.	Дата запуска	Насос	Частота вращения, об/мин	Ip, А	Нд, м	Q _ж , м ³ /сут	Число отработ. суток	Режим эксплуатации
6704	20.01.08	44-2350	2700	11	1550	10,3	884	н/д
6857	27.01.08	79-2400	2700	11	1034	16,0	877	н/д
6226	04.04.08	44-2350	3000	12	962	17,0	809	н/д
6701	04.07.08	44-2350	2700	11	1290	15,2	718	н/д
10747	15.03.09	59-2400	2800	11	628	16,7	464	н/д
6859	15.04.09	44-2350	2600	17	1031	12,0	433	н/д
49836	04.05.09	79-2400	3000	14	1870	19,8	414	н/д
6634	08.05.09	44-2350	2600	15	1065	9,0	410	н/д
10531	09.05.09	44-2350	2800	13	1038	16,0	409	62м/55м
4951	11.05.09	79-2400	2900	13	1317	20,0	407	н/д
10062	14.05.09	44-2350	2900	11	1486	6,6	404	50м/130м
5262	19.05.09	44-2350	2700	11	1118	14,2	399	68м/62м
1745	02.06.09	44-2400	2800	12	1008	6,0	385	86м/80м
7770	05.06.09	44-2350	2600	19	1869	20,0	382	н/д

ратуру перегрева обмотки, чем асинхронный (у ВД $\Delta T = 20-25^\circ\text{C}$, у ПЭД $\Delta T = 40-45^\circ\text{C}$), а, как известно, ресурс изоляции снижается вдвое на каждые 10°C повышения ее температуры.

В настоящее время ВД нашего производства используются в 50 скважинах ОАО «ТНК-Нягань», оборудованных УЭЦН и работающих в режиме МЦО с нестабильным притоком, высоким газовым фактором, осложненных солеотложениями. Используется насос с номинальной подачей, в 2-3 раза превышающей подачу насоса, который ранее использовался для отбора продукции при непрерывной работе УЭЦН. Внедрение этой технологии в ОАО «ТНК-Нягань» позволило в два раза и более повысить наработки оборудования УЭЦН и снизить расход электроэнергии на 40-60% без снижения добычи (см. «Сведения о работе КП ВД в УЭЦН производительностью до 20 м³/сут на Талинском месторождении ОАО «ТНК-Нягань»; «Результаты эксплуатации КП ЭЦН ВД в ОАО «ТНК-Нягань»).

ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВИНТОВЫХ НАСОСОВ

В отдельных случаях установки винтовых насосов выступают единственно возможной техникой добычи высоковязкой нефти. На сегодняшний день подавляющая часть такого фонда эксплуатируется установками винтовых насосов с поверхностным приводом. Рабочий диапазон частот вращения винтовых насосов с поверхностным приводом, широко применяемых в нефтедобыче, находится в интервале 100-500 об/мин. Некоторые производители даже ограничивают верхнее значение частоты вращения уровнем 350 об/мин.

Вместе с тем надо отметить, что эффективная эксплуатация установок винтовых насосов с поверхностным приводом (УВНПП) ограничивается рядом факторов, в частности, прочностью приводных штанг, особенно в наклонных и сильно искривленных скважинных колоннах. В таких скважинах целесообразно использовать установки погружных винтовых электронасосов, которые, правда, пока не получили широкого распространения из-за отсутствия высоконадежного и сравнительно недорогого низкооборотного привода.

Ведущие мировые производители погружных установок — Baker Hughes (установка Centrilift), Schlumberger (REDA) — и другие компании предлагают на рынке привод винтовых насосов, состоящий из стандартного асинхронного ПЭД и понижающего редуктора, установленного между насосом и двигателем. Однако в силу низкого ресурса редуктора, обусловленного невозможностью его обслуживания в процессе эксплуатации, и габаритов, ограничивающих возможности его размещения в ЭК, приводы УЭВН с редукторами не получили широкого распространения при использовании в пяти- и шестидюймовых колоннах.

Замена в УЭВН существующего привода, состоящего из асинхронного ПЭД и понижающего редуктора, на регулируемый низкооборотный электродвигатель, который напрямую обеспечивает требуемую частоту вращения насоса, могла бы существенно повысить надежность погружного насосного агрегата. Однако до настоящего времени погружной асинхронный электродвигатель, который бы работал стабильно в регулируемом интервале частоты вращения 250-1000 об/мин, создать не удалось.

Результаты эксплуатации КП ЭЦН ВД в ОАО «ТНК-Нягань»

Погружное оборудование	Q _ж , м ³ /сут	Q _н , т/сут	Потребление электроэнергии		Погружное оборудование	Q _ж , м ³ /сут	Q _н , т/сут	Потребление электроэнергии		Доп. добыча нефти, т/сут	Экономия электроэнергии кВт.ч/т нефти
			кВт.ч/м ³ жидкости	кВт.ч/т нефти				кВт.ч/м ³ жидкости	кВт.ч/т нефти		
СШН	10	6,5	50,19	76,89	ВНН44-2350 2ВД40-117В5	13,2	9,9	13,9	17,32	3,4	59,57
СШН	9,5	7,3	23,67	30,83	ВНН79-2400 2ВД64-117В5	18,8	14,7	9,25	11,64	7,4	19,19
ЭЦН15-2000	11	8,1	52,48	74,96	ВНН79-2400 2ВД64-117В5	20	15,9	4,65	5,75	7,8	69,21
ЭЦН25-2000	12	6,8	54,12	94,86	ВНН44-2350 2ВД40-117В5	18,3	12,9	18,36	24,12	6,1	70,74
ЭЦН30-20	12	9,2	38,56	61,92	ВНН44-2350 2ВД40-117В5	23,4	18,1	10,46	13,72	8,9	48,2
СШН	4	1,9	47,58	100,66	ВНН44-2350 2ВД40-117В5	3,8	2,6	23,34	34,97	0,7	65,69
Э-25-2000	10,8	7,5	56,68	81,61	ВНН44-2350 2ВД40-117В5	15,1	10,9	14,65	19,71	3,4	61,6
СШН	2	1,3	51,28	78,9	ВНН44-2350 2ВД40-117В5	6,8	4,5	22,34	28,67	2,2	50,23

Попытки использовать редукторы производства ОАО «Борец» и обеспечить регулирование частоты вращения асинхронных электродвигателей в диапазоне 1000 об/мин и менее с помощью ПЧ производства ЗАО «Электон» закончились безрезультатно.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СКВАЖИН, ОБОРУДОВАННЫХ УЭВН С ВВД

Независимость момента от частоты ВД при регулировании частоты вращения позволила «РИТЭК-ИТЦ» создать первый в мире безредукторный низкооборотный высокомоментный ПЭД для привода погружных

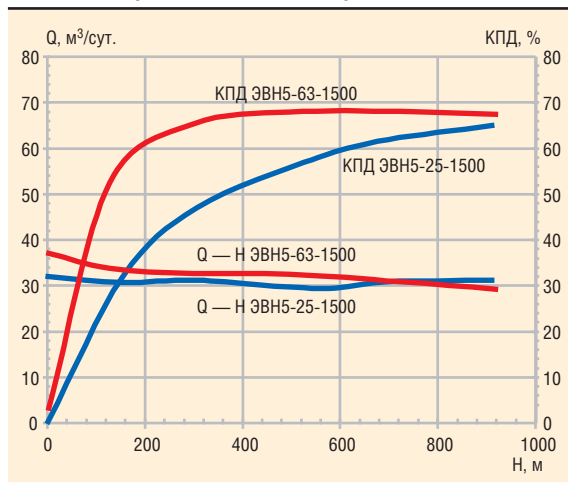
винтовых насосов. Их внедрение началось в 2003 году на скважинах ООО «ЛУКОЙЛ-Коми», где ранее в качестве приводов использовались асинхронные четырехполюсные электродвигатели с частотой вращения 1380 об/мин. Низкооборотный высокомоментный вентильный электродвигатель (ВВД) сегодня представляет собой безальтернативный вариант приводов установок погружных винтовых насосов. По состоянию на июнь 2010 года УЭВН с ВВД эксплуатировались в 211 скважинах общества.

Создание низкооборотных ВВД по срокам опередило появление на российском рынке низкооборотных прямоточных винтовых насосов, поэтому мы предлагаем применять низкооборотный вентильный привод в комплекте со сдвоенными винтовыми насосами производства ОАО «Ливгидромаш». Последние рассчитаны на номинальную частоту вращения 1380 об/мин. На стенде ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» были сняты характеристики этих насосов при частоте вращения ниже номинальной (см. «Напорные характеристики и КПД ЭВН производства ОАО «Ливгидромаш», полученные при тестировании на стенде производства ОАО «Борец»).

Конечно, при снижении частоты вращения напор сдвоенных насосов ЭВН в отличие от одноточных снижается из-за роста перетоков, однако в некоторых случаях его величина оказывается достаточной для подъема продукции и ее транспортировки до ГЗУ.

Например, характеристика Q — H насоса ЭВН5-63-1500 при частоте вращения 500 об/мин практически совпадает с таковой насоса ЭВН5-25-1500, работающего с серийным асинхронным четырехполюсным

Напорные характеристики и КПД ЭВН производства ОАО «Ливгидромаш», полученные при тестировании на стенде производства ОАО «Борец»



Сведения об эксплуатации ЭВН производительностью 12-25 м³/сут в ООО «ЛУКОЙЛ-Коми»

№ скв.	Дата запуска	Оборудование		Частота вращения, об/мин	Раб. ток, А	Q _ж , м ³ /сут
		ЭВН	Двигатель			
8123	16.08.07	25-1500	ВВД22-117В5	350	6	5
1322	31.05.08	12-1500	ВВД22-117В5	500	5	4
3062	07.12.08	25-1500	ВВД22-117В5	600	3	8
1186	19.03.09	25-1500	ЗВВД22-117В5	600	13	10
2854	22.03.09	25-1500	2ВВД22-117В5	350	5	4
3063	18.07.09	25-1500	2ВВД30-117В5	400	3	7
1309	09.12.09	25-1500	2ВВД24-117В5	400	6	7
7052	10.01.10	25-1500	ВВД22-117В5	600	6	10
3001	19.01.10	25-1500С	ВВД22-117В5	400	5	9
3070	20.01.10	25-1500С	ВВД22-117В5	400	8	9
1598	15.02.10	12-1500	ВВД22-117В5	700	4	5
2665	25.02.10	25-1500С	ВВД22-117В5	600	7	10
4599	05.03.10	12-1500	ВВД30-117В5	800	3	7
3005	07.03.10	25-1500	2ВВД22-117В5	300	5	4
2809	12.03.10	12-1500	ЗВВД22-117В5	600	5	6
1122	13.03.10	12-1500	ЗВВД22-117В5	800	4	5
2949	16.03.10	12-1500	ВВД22-117В5	600	5	6

ПЭД с частотой вращения 1380 об/мин. При этом КПД ЭВН5-63-1500 и установки при напорах до 1000 м выше КПД ЭВН5-25-1500.

При использовании в составе УЭВН насосов с номинальной подачей 12, 16 и 25 м³/сут при номинальной частоте вращения 1380 об/мин путем снижения частоты вращения можно снизить подачу до требуемой величины (см «Сведения об эксплуатации ЭВН производительностью 12-25 м³/сут в ООО «ЛУКОЙЛ-Коми»).

Снижение частоты вращения ЭВН, эластомерная обойма винтовой пары которых выполнена из материала не самого высокого качества, обеспечило существенное повышение ННО с 750 до 1450 суток.

Кроме широкого применения сдвоенных винтовых электронасосов отечественного производства, у компании есть опыт эксплуатации высоконапорных прямоточных одновинтовых насосов зарубежного и российского производства.

Повсеместному внедрению импортных винтовых насосов препятствует их относительно высокая стоимость. Причем дорогостоящими являются не только сами насосы, но и дополнительные опорные узлы, которые не требуются для ЭВН сдвоенного типа.

Несколько российских компаний занимаются разработкой таких насосов в течение нескольких лет, однако их продукция не нашла применения в промышленных масштабах. В декабре 2008 года в ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» были начаты промысловые испытания винтовых насосов, разработанных и изготовленных ОАО «Завод им. Гаджиева» — предприятия с большим опытом производства судовых насосов. Получены положительные результаты: ННО одного из насосов, находящегося в подконтрольной эксплуатации, по состоянию на июнь 2010 года достигла 555 суток. В мае 2010 года в ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» в эксплуатацию запущены в комплекте с низкооборотными вентиляльными электродвигателями еще пять таких установок.

Таким образом, с появлением высоконадежных российских прямоточных винтовых насосов эффективность эксплуатации УЭВН с низкооборотным вентиляльным электродвигателем должна повыситься. ➤

ВЫДЕРЖКИ ИЗ ОБСУЖДЕНИЯ

Вопрос: Вадим Петрович, насколько можно снизить расход электроэнергии при замене в УЭЦН и УЭВН асинхронных электродвигателей на вентиляльные?

Вадим Сухотелпый: По результатам внедрения ВД в таких компаниях, как «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь», «ЛУКОЙЛ-Пермь», «Татнефть» и «ТНК-Нягань», снижение потребления энергии составило от 10 до 60%.

Эти результаты получены за счет более высоких значений КПД и меньших значений рабочих токов ВД, чем аналогичных параметров ПЭД равной мощности, что обеспечивает снижение потерь мощности в кабельной линии. Кроме того, достичь сокращения энергопотребления стало возможным вследствие регулирования частоты вращения, что в свою очередь позволило оптимизировать режим работы скважины с одновременным снижением энергопотребления.

Вопрос: Не переоцениваете ли вы преимущества вентиляльных электродвигателей?

В.С.: При оценке преимуществ ВД мы стараемся быть объективными. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей гораздо менее эффективно по сравнению с регулированием частоты ВД.

Если говорить об оценке со стороны НГК, надо помнить, что критерий истины есть практика. Нефтяной компании ничего не мешает взять пробную партию оборудования и оценить эффективность его работы и уже после этого решить вопрос о дальнейшем внедрении ВД.