

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0028-2448

OIL INDUSTRY

НЕФТЯНОЕ ХОЗЯЙСТВО

ФЕВРАЛЬ
FEBRUARY

2'2007



УЧАСТНИКИ ИЗДАНИЯ

УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА



ЖУРНАЛ ОСНОВАН В 1920 ГОДУ

Инновационные технологии ОАО «РИТЭК» в области создания приводов нефтяного оборудования



В.И. Павленко, М.Я. Гинзбург
(ООО «РИТЭК-ИТЦ»)

Актуальность задачи энергосбережения

В топливно-энергетическом комплексе страны для решения задачи энергосбережения в первую очередь должны быть усовершенствованы высокоэнергоемкие технологические процессы, такие как добыча нефти установками центробежных электронасосов (УЭЦН), которыми извлекается около 80 % нефти. В 2005 г. на добычу УЭЦН 351,1 млн. т нефти было израсходовано 23,5 млрд. кВт·ч электроэнергии на сумму 20 млрд. руб. Дальнейшее увеличение энергозатрат в насосной добыче определяется стабильной тенденцией роста тарифов на потребляемую электрическую мощность и обводненности добываемой продукции. К 2010 г. удельный расход электроэнергии на добычу нефти УЭЦН с учетом прогнозируемого роста обводненности на 1 % возрастет по сравнению с 2005 г. в 1,5 раза, а удельные затраты на электроэнергию с учетом ежегодного роста тарифов на потребляемую электрическую мощность на 10 % - в 2,8 раза и составят 67,7 млрд. руб. [1].

Несмотря на совершенствование конструкции и технологии производства УЭЦН, внедрение различных компьютерных программ для подбора оборудования и проектирования режимов его работы, позволяющих оптимизировать отбор скважинной продукции, за последние годы не было принципиальных технических решений, направленных на снижение издержек на энергопотребление в добыче нефти с помощью УЭЦН. Средний к.п.д. этих установок с учетом потерь мощности в кабеле не превышает 40 %, т.е. более 60 % электрической мощности расходуется непроизводительно, а выделяемое в процессе работы тепло существенно уменьшает ресурс оборудования, в первую очередь погружного электродвигателя (ПЭД).

Использование в составе УЭЦН станций управления с преобразователем частоты в сочетании с системой телеметрии позволяет не только решать технологические задачи, но и снизить энергопотребление при оптимизации работы системы насос - пласт за счет замены «штупцирования» регулированием частоты вращения. Однако частотно-регулируемые приводы не обеспечивают универсального повышения эффективности использования УЭЦН, так как погружные асинхронные ПЭД при определенных режимах работы из-за относительно невысоких к.п.д. перегреваются, что существенно снижает их ресурс и установки в целом.

Таким образом, повышение к.п.д. двигателя является основной задачей, решение которой обеспечит снижение энергопотребления УЭЦН и рост их ресурса.

Очевидно, что возможности дальнейшего повышения к.п.д. асинхронных погружных электродвигателей типа ПЭД практически исчерпаны, поэтому задача снижения энергопотребления при добыче нефти УЭЦН решается в основном за счет организационно-технических мероприятий, а также применения энер-

Innovation techniques of RITEK JSC in the creation of oil equipment drives

V.I. Pavlenko, M.Ya. Ginzburg
(RITEK-ITC LLC)

Drives on the basis of Permanent Magnet Motors are considered. First-ever dimensional line of Permanent Magnet Motor Drives for Progressive Cavity Pump Systems and Electric Submersible Pump Systems has developed, and they are produced now. Advantages of Submersible pump systems on the basis of Permanent Magnet Motors application and results of their operation are presented.

госберегающих методов повышения нефтеотдачи, не связанных с увеличением объемов попутно извлекаемой воды.

Энергоэффективные приводы на основе вентильных электродвигателей

«Идеальный» электродвигатель для УЭЦН должен обладать совокупностью характеристик, позволяющих реализовать оптимальный технологический режим отбора продукции из скважин с минимальными энергозатратами и максимальным ресурсом. Наиболее полно этим требованиям отвечают вентильные электродвигатели (ВД) с постоянными магнитами в роторе. В отличие от регулируемого привода с асинхронным электродвигателем (АД) вентильный электродвигатель не может работать без преобразователя частоты и системы управления.

Приводы, состоящие из электродвигателя, ротор которого выполнен на постоянных магнитах, и станции управления, питающей обмотку статора по специальному алгоритму, начали применяться несколько десятилетий назад, однако широкое распространение получили благодаря достижениям последних лет в развитии силовой, микропроцессорной электроники и программных средств управления, а также развитию мирового производства постоянных магнитов для таких приводов. В ВД с постоянными магнитами в роторе мощность не расходуется на передачу энергии ротору и отсутствуют соответствующие потери в короткозамкнутой обмотке роторов АД. В связи с этим к.п.д. вентильных двигателей значительно выше, чем асинхронных, а значения рабочих токов и токов холостого хода - значительно ниже.

В соответствии с принятой в последнее время международной классификацией наименование такого рода исполнительных двигателей - Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM), в русской редакции - синхронные двигатели с постоянными магнитами (СДПМ).

Вентильные приводы

Учитывая актуальность задачи снижения энергозатрат в неф-

тедобыче, в 1995 г., когда перспективность применения ВД в качестве приводов в УЭЦН была далеко не очевидной, ОАО «ЛУКОЙЛ» включил их разработку в перечень важнейших для компании НИОКР. Проведенные в 1998 г. промышленные испытания УЭЦН с приводом на основе ВД, разработанного по техническому заданию компании и при участии ее специалистов, в скважинах ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» и ОАО «РИТЭК» подтвердили целесообразность их использования. В 2000 г. ОАО «РИТЭК», занимающееся разработкой и внедрением новых технологий в нефтедобыче, создало в своем составе Инновационно-технологический центр с функциями разработки, изготовления и сервисного обслуживания новых типов приводов нефтяного оборудования, который в январе 2003 г. был преобразован в ООО «РИТЭК-ИТЦ».

Разработка и исследование новых типов приводов нефтяного оборудования

Возможность реализации любой частоты вращения ВД ставит перед разработчиком задачу выбора номинальной частоты вращения и диапазона ее регулирования, значения которых определяют ресурсные, энергетические и функциональные характеристики УЭЦН. Влияние частоты вращения на совокупность качественных характеристик приводов и всей установки определялось на основе анализа структуры потерь и зависимостей, по которым они рассчитываются [2].

Увеличение частоты вращения двигателя и насоса позволяет существенно сократить массогабаритные параметры УЭЦН, что делает возможными спуск и расположение УЭЦН в обсадных колоннах с повышенной кривизной и дефектами. Актуальность проблемы снижения продольных габаритов УЭЦН возрастает также в связи с увеличением объемов использования высоконапорных многосекционных насосов и многосекционных электродвигателей большой мощности. По пути создания высокоскоростных УЭЦН пошли разработчики КБ «Нефтемаш» (УЭЦН АКМ) и ОАО «Алмас» (226УЭЦНАКО5-100-1400-3).

Несмотря на то, что техническая возможность увеличения частоты вращения серийных ПЭД реализована более 20 лет назад, УЭЦН, выпускаемые ведущими мировыми производителями, не были переведены на более высокую номинальную частоту вращения.

Высокоскоростные УЭЦН имеют следующие недостатки.

1. При работе УЭЦН с повышенной частотой вращения снижается ресурс деталей, подвергающихся динамическим нагрузкам, и в первую очередь деталей проточной части ЭЦН [4].

2. Высокоскоростные электродвигатели имеют меньшую длину по сравнению с серийными ПЭД равной мощности. Уменьшение площади теплообмена поверхности корпуса двигателя с потоком откачиваемой скважинной продукции приводит к более высокой температуре его перегрева по сравнению с температурой окружающей среды, что снижает ресурс изоляции обмотки [4].

3. Гидромеханические потери в маслозаполненных двигателях ПЭД увеличиваются с повышением частоты вращения, поэтому энергетическая эффективность высокоскоростных электродвигателей ниже, чем двигателей, работающих с меньшей частотой вращения.

4. Переход на высокооборотный привод связан с необходимостью создания новых насосов с использованием в них более износостойких материалов, что существенно повышает их стоимость.

5. Недостаточно изучен вопрос работы насосов при повышенных частотах вращения в реальной водонефтегазожидкостной среде.

Таким образом, по энергетическим и ресурсным параметрам высокоскоростные вентильные электродвигатели уступают двигателям, работающим с меньшей частотой вращения. Поэтому в ООО «РИТЭК-ИТЦ» был принят к разработке привод УЭЦН на

основе вентильного электродвигателя типа ВД с номинальной частотой вращения 3000 мин^{-1} и диапазоном регулирования $500-3600 \text{ мин}^{-1}$. Частота вращения 2910 мин^{-1} - это принятая в России частота вращения насоса, двигателя и гидрозаклочки, при которой обеспечивается ресурс оборудования, указанный в документации разработчика и подтвержденный результатами многолетней эксплуатации. Частота вращения 3600 мин^{-1} - это номинальная частота вращения насосов, выпускаемых фирмами США, в которых основные конструктивные решения и применяемые материалы идентичны конструкциям и материалам российских УЭЦН.

Принятый диапазон частоты вращения до 3600 мин^{-1} позволяет:

- компенсировать неточности расчетов параметров эксплуатации УЭЦН и подбора оборудования, которые имеются при использовании даже самых совершенных программ подбора, а также оптимизировать работу системы насос - скважина при изменении параметров работы пласта;
- применять в составе УЭЦН с вентильным приводом серийные насосы, гидрозаклочки, кабельные муфты, максимально унифицировать с серийными ПЭД конструкцию вентильных электродвигателей, технологию их изготовления и ремонта;
- обеспечить высокие ресурс работы и энергетические характеристики УЭЦН.

Поставленные задачи позволяют решить разработанный ООО «РИТЭК-ИТЦ» типоразмерный ряд приводов УЭЦН, состоящий из станций управления типа «РИТЭК-С» и вентильных электродвигателей [5]. Характеристики вентильных электродвигателей типа ВД и асинхронных ПЭД представлены в табл.1. Приведенные показатели обеспечивают преимущества УЭЦН с приводом на основе вентильного электродвигателя по сравнению с УЭЦН с традиционным асинхронным ПЭД (табл. 2).

Примечательные промышленные испытания вентильных приводов УЭЦН конструкции ООО «РИТЭК-ИТЦ» были завершены в 2001 г. Благодаря высокой степени унификации ВД с серийными асинхронными ПЭД в том же году было начато их изготовление совместно с ЗАО «ЛУКОЙЛ ЭПУ Сервис» (г. Когалым). Производство сертифицировано по международному стандарту ISO 9001. С 2006 г. выпускаются приводы на основе ВД с системой телеметрии, позволяющей поддерживать заданный динамический уро-

Таблица 1

Показатели	Тип двигателя	
	ВД32-117	ПЭД32-117*
Номинальная мощность, кВт	32	32
Номинальное напряжение, В	1050	950
Номинальный ток, А	21	27,5
Ток холостого хода, А	< 2	11
к.п.д., %	91,5	83
к.п.д. с применением преобразователя частоты $\eta_{\text{п}}$, %	88,8	80,5
Коэффициент мощности K_p	0,92	0,85
Энергетический коэффициент $K_{\Sigma} (\eta_{\text{п}} \cdot K_p)$	0,82	0,68
Удельное тепловыделение, кВт/м ²	3,16	5,71
Превышение температуры обмотки статора, °С	20	40
Скорость охлаждающей жидкости, м/с, не менее	0,04	0,08

*Характеристики ЭДБ32-117В5 производства ООО «Борец».

Таблица 2

Дополнительные возможности УЭЦН с ВД	Возможность регулирования частоты вращения	Параметры вентильных электродвигателей, обеспечивающие преимущества УЭЦН с ВД					
		Высокий к.п.д.	Низкие значения токов			Низкий перегрев обмоток статора	Низкие требуемые минимальные скорости охлаждающей жидкости
			рабочих	пусковых	холостого хода		
Функциональные характеристики							
Регулирование подачи насоса							
Работа в скважинах с малым отбором и нестабильной подачей							
Плавный запуск УЭЦН							
Освоение скважин после ремонта без остановки УЭЦН для охлаждения двигателя							
Эксплуатация скважин в периодическом режиме с высоким ресурсом электрооборудования							
Ресурсные характеристики							
Повышение ресурса электродвигателя и гидрозащиты							
Повышение ресурса кабеля							
Повышение ресурса насоса							
Энергетические характеристики							
Снижение энергопотребления							

вень в скважине за счет автоматического изменения частоты вращения ВД по давлению на приеме насоса, а также обеспечить защиту УЭЦН по параметрам температуры в полости двигателя, давления на приеме насоса и вибрации.

С учетом положительного опыта создания приводов на основе вентильных электродвигателей для ЭЦН в ООО «РИТЭК-ИТЦ» был разработан низкооборотный высокомоментный электродвигатель типа ВВД с диапазоном регулирования частоты вращения 250 - 1500 мин⁻¹ для привода винтовых электронасосов. Созданные в России несколько десятилетий назад установки винтовых электронасосов (УЭВН) работают с частотой вращения 1380 мин⁻¹, в связи с чем их наработки на отказ значительно ниже наработок установок винтовых насосов с поверхностным приводом, работающих в диапазоне частот вращения до 500 мин⁻¹. Так, средняя наработка на отказ УЭВН в скважинах, эксплуатирующихся на Пермо-Карбоновой залежи Усинского месторождения ООО «ЛУКОЙЛ-КОМИ», составляет 220 сут, причем в 30 % скважин - менее 100 сут. Частота вращения 1380 мин⁻¹ определяется работающими в составе УЭВН четырехполюсными асинхронными ПЭД.

Для повышения наработок на отказ винтовых насосов необходим привод, который позволил бы работать в интервале частот вращения 100-700 мин⁻¹. Такого привода до последнего времени не было, поэтому для добычи высоковязких нефтей во всем мире в основном используются установки винтовых насосов с поверхностным приводом (УВНПП). Однако их эффективная эксплуатация ограничивается в первую очередь прочностью приводных штанг, особенно в наклонных и сильно искривленных скважинах колоннах.

В последние годы возрос интерес нефтяников к низкообо-

ротным установкам винтовых насосов с погружным электродвигателем. В качестве привода погружных винтовых электронасосов некоторые фирмы используют применяемый в УЭЦН погружной асинхронный электродвигатель с частотой вращения 3000 (3600) мин⁻¹. Снижение частоты вращения винтового насоса, а следовательно, повышение его ресурса обеспечивается установкой между насосом и двигателем понижающего редуктора. Однако пока не создан высоко-ресурсный редуктор с необходимыми характеристиками в заданном поперечном габарите. Замена в УЭВН существующего привода, состоящего из асинхронного ПЭД и понижающего редуктора, на регулируемый низкооборотный электродвигатель, обеспечивающий требуемую частоту вращения насоса, существенно повышает надежность насосного агрегата.

В ООО «РИТЭК-ИТЦ» разработан и производится первый в мире типоразмерный ряд приводов погружных винтовых электронасосов на основе безредукторных высокомоментных низкооборотных вентильных электродвигателей типа ВВД мощностью 6 - 48 кВт с регулируемым диапазоном частоты вращения 250-

1500 мин⁻¹. Динамика фонда скважин, эксплуатируемых погружными электронасосами с вентильными приводами, приведена на рис. 1.

На 01.01.07 г. УЭЦН и УЭВН с вентильными приводами эксплуатируются в 441 скважине (см. рис. 1, табл. 3). Максимальная глубина спуска УЭЦН с вентильными приводами - 3000 м, температура на глубине расположения оборудования - 110 °С.

Ниже приводятся результаты анализа показателей эксплуатации погружных насосных установок с приводами на основе вентильных электродвигателей и оценка их соответствия задачам, поставленным при разработке вентильных приводов.

Улучшение функциональных характеристик УЭЦН

Возможность регулирования частоты вращения

В табл. 4 представлены фактические частоты вращения ВД,

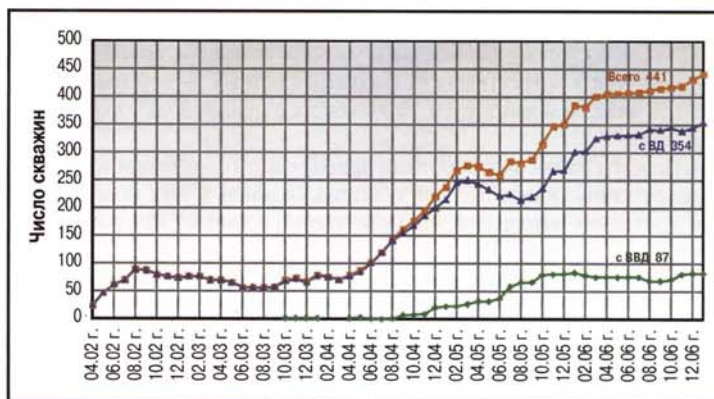


Рис. 1. Динамика фонда скважин, эксплуатируемых УЭЦН и УЭВН с вентильными приводами

Таблица 3

Предприятие	Число скважин, эксплуатируемых		
	УЭЦН с ВД	УЭЦН с ВВД	Всего
ОАО «ЛУКОЙЛ», в том числе:	351	82	433
ООО «ЛУКОЙЛ - Западная Сибирь»	191	-	191
ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ»	97	-	97
ООО «ЛУКОЙЛ - Нижневолжскнефть»	10	-	10
ООО «ЛУКОЙЛ - Коми»	2	78	80
ООО «Нарьянмарнефтегаз»	-	1	1
ОАО «РИТЭК»	51	3	54
Другие нефтедобывающие предприятия России	3	5	8
Итого	354	87	441

работающих в составе УЭЦН, коэффициенты изменения подачи, напора, потребляемой насосом мощности и ожидаемого изменения его ресурса в зависимости от частоты вращения. Из нее следует, что возможность регулирования частоты вращения используется в 81 % скважин. В скважинах, в которых установлены УЭЦН с ВД и системой телеметрии, обеспечивается автоматическое поддержание заданного динамического уровня за счет регулирования частоты вращения.

Работа насосов с частотой вращения ниже номинальной позволила:

- уменьшить отбор продукции из скважины без подъема УЭЦН для замены неправильно подобранного насоса на другой, с требуемыми параметрами;
- отказаться от применения штуцера для уменьшения подачи;
- отбирать продукцию из скважин с малыми притоками, которые с использованием в составе УЭЦН нерегулируемых приводов могут эксплуатироваться только в периодическом режиме.

Работа насосов с частотой вращения выше номинальной обеспечила:

- увеличение отбора продукции из скважины без подъема установки для замены неправильно подобранного насоса;
- требуемое давление на устье.

Анализируя динамику используемых диапазонов регулирования частот вращения в 2004-2005 и в 2005-2006 гг., можно отметить тенденцию повышения эффективности применения этой функциональной характеристики вентильных приводов. Во-первых, увеличилось число скважин, в которых УЭЦН работают с номинальной частотой вращения. Это свидетельствует о том, что полученная информация используется при корректировке расчетов подборов оборудования. Число УЭЦН, работающих в диапазоне номинальной частоты вращения, возросло с 13 до

19 % за счет снижения числа УЭЦН, работающих в диапазоне частот вращения ниже номинальной, с 77 до 62,3 %. Во-вторых, увеличилось число скважин, в которых УЭЦН работают с частотой вращения выше номинальной (с 10 до 18,7 %), что позволяет более полно использовать добычные возможности скважин. Так, по 63 скважинам, в которых УЭЦН работают с частотой вращения выше номинальной (средневзвешенная частота вращения равна 3050 мин⁻¹), увеличение подачи относительно расчетной составило 4,8 %.

Возможность работы УЭЦН в скважинах с малыми отборами и нестабильной подачей

При малых отборах и нестабильных подачах ухудшаются условия охлаждения электродвигателей типа ПЭД. Техническими условиями на ПЭД теплоотвод регламентируется минимально допустимой скоростью потока откачиваемой жидкости. Меньший перегрев обмотки вентильных электродвигателей по сравнению с асинхронными позволяет эксплуатировать скважины с режимом отбора продукции, при котором скорость охлаждающей жидкости менее 0,08 м/с – минимальной скорости потока, допускаемой для асинхронных электродвигателей (табл. 5).

Возможность освоения скважин после ремонта без остановки УЭЦН для охлаждения электродвигателя

Технологическими регламентами вывода скважин на режим предусматривается циклическая работа УЭЦН до появления притока из пласта (через 1 ч работы – на 2 ч (в некоторых регламентах на 1 ч) остановка для охлаждения двигателя).

При освоении скважин, эксплуатируемых УЭЦН с вентильными приводами, остановки для охлаждения двигателя не требуется, так как даже при отсутствии потока пластовой жидкости он не перегревается до температуры, снижающей его ресурс. Непрерывная работа таких установок позволяет существенно снизить время освоения скважин после ремонта.

Возможность эксплуатации скважин в периодическом режиме с высоким ресурсом оборудования

Возможность регулирования частоты вращения и способность ВД работать без снижения ресурса при малых скоростях потока охлаждающей жидкости позволили обеспечить непрерывный режим эксплуатации скважин, которые ранее эксплуатировались в периодическом режиме. Условия работы оборудования УЭЦН с ВД в скважинах с периодическим режимом эксплуатации более щадящие, чем при работе УЭЦН с ПЭД. Так, запуски установок не сопровождаются токовыми «бросками», снижающими ресурс двигателя и кабеля и, кроме того, значительно уменьшаются динамические нагрузки в зонах шлицевых соединений узлов УЭЦН.

Ресурсные характеристики

Начальный этап внедрения ВД характеризуется некоторыми особенностями. К «стандартному» набору конструкторско-технологических и эксплуатационных причин отказов следует добавить такие, как более высокий процент использования

Таблица 4

Показатели	Частота вращения, мин ⁻¹									
	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000	3200	3400	3600
Число скважин, эксплуатируемых УЭЦН с ВД (%)	34 (10,0)	58 (17,0)	32 (9,4)	42 (12,4)	46 (13,5)	65 (19,0)	47 (14,0)	13 (3,9)	3 (0,8)	-
Коэффициент изменения: подачи	0,82	0,86	0,89	0,93	0,96	1,00	1,03	1,10	1,17	1,24
напора	0,68	0,74	0,80	0,86	0,93	1,00	1,06	1,21	1,37	1,53
мощности	0,56	0,63	0,71	0,80	0,89	1,00	1,10	1,33	1,59	1,89
Оценочный коэффициент изменения ресурса	1,78	1,58	1,40	1,25	1,12	1,00	0,91	0,75	0,63	0,53

Таблица 5

Месторождение	Номер скважины	Дата запуска насоса	Тип насоса	Частота вращения, мин ⁻¹	Дебит, м ³ /сут	Скорость охлаждения жидкости, м/с	Текущая наработка на отказ, сут
Сибирское	506	02.11.04 г.	ЭЦН5-18-1700	2900	15	0,07	820
Андреевское	59	03.02.05 г.	ЭЦН5-18-1350	2600	12	0,05	727
Москудинское	968	06.04.05 г.	ЭЦН5-30-1350	2300	15	0,07	665
Юрчукское	715	28.08.05 г.	ЭЦН5-18-2000	2890	10	0,05	521
Гондыревское	401	20.04.06 г.	ЭЦН5-18-1200	2700	12	0,05	286

Результаты эксплуатации УЭВН с вентильными приводами

Так как низкооборотные винтовые насосы для УЭВН в России пока не выпускаются, для получения требуемых подач Q и напоров H при частоте вращения 300-500 мин⁻¹ подбираются серийные винтовые электронасосы (ЭВН) с большей номинальной подачей, чем требуются для отбора продукции по режиму работы скважин. Проведенные испытания показали, что характеристика $Q-H$ насоса ЭВН5-63-1500 при частоте вращения 500 мин⁻¹ примерно совпадает с характеристикой насоса ЭВН5-25-1500, работающего с серийным асинхронным четырехполюсным ПЭД с частотой вращения 1380 мин⁻¹. При этом к.п.д. насоса ЭВН5-63-1500 и всей установки при $H < 1000$ м выше к.п.д. установки УЭВН5-25-1500 (рис. 2).

В результате замены в УЭВН серийных четырехполюсных ПЭД на низкооборотные ВВД наработки на отказ установок значительно возросли. По фонду скважин, в которых наработки на отказ УЭВН серийной комплектации составляли менее 100 сут, при замене ПЭД на низкооборотные вентильные двигатели ВВД наработки увеличились в 5 – 10 раз. Внедрение низкооборотных УЭВН позволило не только повысить наработки на отказ, но и ввести в эксплуатацию скважины, которые ранее не эксплуатировались из-за высокой вязкости откачиваемой продукции. На 01.01.07 г. УЭВН с низкооборотными вентильными приводами эксплуатировались в 87 скважинах. Объемы их использования увеличиваются.

Совместное предприятие, созданное в ООО «РИТЭК-ИТЦ» с одним из ведущих производителей винтовых насосов для добычи нефти - фирмой «NETZSCH Oilfield Products, GmbH» (Германия), с 2005 г. начало поставлять установки погружных винтовых электронасосов типа RN-1, укомплектованные немецкими насосами NSPCP и низкооборотными вентильными электродвигателями ВВД. Получение международного сертификата качества CE на установки RN-1 позволило начать их опытную эксплуатацию в Германии.

Таким образом, разработанные ООО «РИТЭК-ИТЦ» приводы позволяют успешно решать задачи повышения эффективности добычи нефти.

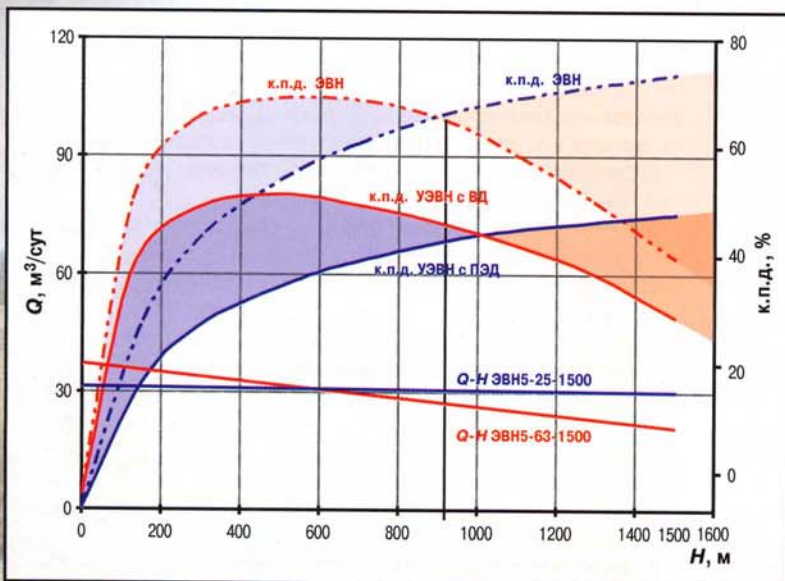


Рис. 2. Показатели энергетической эффективности установок УЭВН5-63-1500 (частота вращения равна 500 мин⁻¹) и УЭВН5-25-1500 (частота вращения равна 1380 мин⁻¹)

оборудования в так называемых «проблемных» (часто ремонтируемых) скважинах и недостаток опыта работы персонала с новым видом оборудования. В связи с этим средние наработки на отказ пока не достигли максимальных (в ООО «ЛУКОЙЛ - Западная Сибирь» - 1017 сут, ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь» - 1523 сут, ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» - 1430 сут, ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть» - 856 сут, ОАО «РИТЭК» - 819 сут) и составляют 300 - 500 сут в разных регионах.

Высокие наработки на отказ УЭЦН с ВД, достигнутые по итогам работы достаточно большого числа КП ЭЦН ВД (для 468, 107, 14 КП ЭЦН ВД - соответственно 300-500, 600-900, 1000 сут и более), позволяют сделать вывод о потенциальных возможностях дальнейшего роста средних наработок УЭЦН с ВД.

Снижение энергопотребления

В ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь» была проведена работа по определению энергетической эффективности замены электродвигателей ПЭД на ВД. Прямые замеры потребляемой мощности проводились в скважинах, эксплуатируемых УЭЦН с ПЭД до и после замены в них ПЭД на ВД. В результате такой замены, по заключению ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь», удельный расход энергии снизился на 15-20 %.

Расчетный средний удельный расход электроэнергии при добыче нефти УЭЦН в нефтегазовом комплексе России в 2005 г. составил 67 кВт·ч/т [5]. Удельный расход электроэнергии при замене асинхронных ПЭД на вентильные электродвигатели за счет их более высокого к.п.д., низких значений рабочих токов и возможности регулирования частоты вращения снизится на 20 % и составит 53,5 кВт·ч/т.

Список литературы

1. Павленко В.И., Гинзбург М.Я. Вентильные приводы УЭЦН - энергоэффективная техника нефтедобычи//Технологии ТЭК. - 2006. - № 5.
2. Павленко В.И., Гинзбург М.Я. Обоснование диапазона регулирования частот вращения приводов на основе вентильных электродвигателей//Технологии ТЭК. - 2006. - № 5.
3. Беспалов В.Я., Дунайкина Е.А., Мошинский Ю.А. Нестационарные тепловые расчеты в электрических машинах. - М.: Издательство МЭИ, 1987. - 72 с.
4. Животовский Л.С., Смойловская Л.А. Лопастные насосы для абразивных гидросмесей. - М.: Машиностроение. - 1978. - 223 с.
5. Павленко В., Гинзбург М. Новый высокоэффективный привод для погружных центробежных и винтовых насосов//Технология ТЭК. - 2006. - № 3.