

СКОЛЬ ВЫ БОГАТЫ, ЧТОБЫ ПОКУПАТЬ ДЕШЕВЫЕ ВЕЩИ?

ВЫБОР ПОГРУЖНЫХ
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ:
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ

МАТВЕЙ ГИНЗБУРГ

Советник директора ООО «ЭПУ-ИТЦ»,
член Экспертного совета по механизированной добыче нефти

Основные объемы закупаемого нефтяниками погружного оборудования приходятся на традиционные типы установок погружных центробежных и винтовых насосов и двигателей к ним. Другие типы оборудования этой группы — энергоэффективные УЭЦН, УЭЦН АКМ (установка автоматическая, компактная, малогабаритная), ПЭД с номинальной частотой вращения 6000 об/мин., высоковольтные и параметрические — закупаются в значительно меньших объемах, хотя по своим техническим характеристикам они, как информируют их создатели, существенно лучше традиционных.

У перечисленных типов оборудования действительно есть свои преимущества перед оборудованием традиционного исполнения, но есть и недостатки, на которых производители, как правило, не акцентируют внимание потенциальных потребителей.

Сегодня использование этих «нетрадиционных» типов оборудования основано на индивидуальной оценке эффективности их использования покупателем, которая зачастую не совпадает с оценкой их эффективности другими потребителями.

Можно было бы рассмотреть целесообразность организации на страницах «Вертикали» — благо, такой опыт есть — всесторонней дискуссии на тему эффективности и перспектив различных типов оборудования механизированной добычи нефти, приведенных в обзоре, с дополнением его перечня под рубрикой «Про и контра»...

Критерием эффективности оборудования является рентабельность его использования. Покупатель принимает решение о приобретении и использовании оборудования при приемлемом для него индексе рентабельности, который на этапе принятия решения не всегда можно рассчитать с достаточной точностью.

В расчеты денежного потока за срок окупаемости закладываются снижение затрат по статьям, которые декларирует разработчик и продавец оборудования в своей нормативно-технической документации, в рекламах и презентациях. Возможное влияние негативных факторов, информации о которых в рекламных материалах, как правило, нет, некоторыми покупателями не учитывается.

**Высокооборотные
энергоэффективные...**

Сегодня активно рекламируются работающие с номинальной частотой вращения 6000 об/мин. Энергоэффективные УЭЦН, обеспечивающие снижение энергопотребления на 25–30%. Они дороже стандартных с такими же напорно-расходными характеристиками при частоте вращения 3000 об/мин примерно на 25–50% (см. «Энергоэффективные УЭЦН: сокращение удельных затрат на добычу нефти», «Инженерная практика» #4, 2014).

Однако, переход УЭЦН со стандартной частоты вращения на высокие обороты с целью достижения большей энергоэффективности ни в нормативной документации производителя, ни в его публикациях не обосновывается.

Высокие обороты с энергоэффективностью производитель не идентифицирует. Связанное с переходом на высокие обороты сокращение количества ступеней в насосе и уменьшение длины электродвигателей нивелируется существенным ростом цен установок.

В качестве преимуществ высоких оборотов производитель отмечает только повышение эффективности работы диспергаторов и газосепараторов. Это важное преимущество, цена которого — повышение энергопотребления предвключенных устройств с ростом частоты вращения.

Энергопотребление УЭЦН определяется величиной КПД комплектующего их оборудования и значений токов двигателей. Значения показателей КПД энергоэффективных насосов, да и установки в целом, подтверждаются испытаниями на аттестованных стендах. Для повышения доверия к декларируемым параметрам изготовитель периодически проводит такие испытания в присутствии представителей потенциальных потребителей и даже конкурентов.

Вместе с тем, вызывают, по крайней мере, вопросы, приводимые в нормативной документации производителя значения показателей КПД высокооборотных вентильных электродвигателей. В общедоступной информации нет сведений о наличии в России не только сертифицированных, но и аттестованных ВНИИМС стендов, на которых можно испытать погружные электродвигатели при частотах вращения 6000 об/мин.

Неясно, как можно подтвердить задекларированные изготовителем параметры энергоэффективности таких погружных электродвигателей. Этот вопрос актуализируется в связи с необходимостью подтверждения индексов энергетической эффективности оборудования (ИЭЭФ) для получения возможности воспользоваться преференциями в налогообложении за использование энергоэффективного оборудования в соответствии принятыми в России законами и правительственными постановлениями.

Правда, следует отметить, что эти законы и постановления пока не работают по причинам, которые неоднократно рассматривались в публикациях журнала «Нефтегазовая Вертикаль».

При отсутствии в России технической возможности испытаний высокооборотных погружных вентильных электродвигателей потребитель, а также органы, подтверждающие право на налоговые льготы, не могут проверить соответствие ИЭЭФ значениям, приведенным в технической документации.

Метод декларирования энергетических параметров промышленного оборудования принят не только в России, но и в зарубежной практике. Однако для обеспечения достоверности декларируемых параметров там предусматриваются определенные процедуры, минимизирующие возможность преднамеренной или непреднамеренной записи в техническую документацию декларируемых параметров, не соответствующих их фактическим значениям.

Так, для обеспечения достоверности декларируемых параметров проектом Международного стандарта на УЭЦН OGP Draft 1551-1, подготовленным Международной ассоциацией производителей нефти и газа и Международной организацией по стандартизации (ISO), изготовитель должен по требованию потребителя предоставить ему

Покупатель принимает решение о приобретении и использовании оборудования при приемлемом для него индексе рентабельности, который на этапе принятия решения не всегда можно рассчитать с достаточной точностью

методику испытаний и документально подтвердить их результаты, которые должны быть рассмотрены и согласованы «компетентным лицом».

В проекте стандарта не указано, кто может считаться «компетентным лицом», однако указание

Высокие обороты с энергоэффективностью производитель не идентифицирует, а сокращение числа ступеней в насосе и уменьшение размеров электродвигателей нивелируется существенным ростом цен установок

на то, что результаты испытаний должно подписать «компетентное лицо, кроме авторов проекта» подразумевает, что «компетентное лицо» — это представитель структуры, не являющийся сотрудником производителя оборудования.

С повышенным напряжением...

Существенную часть энергопотребления УЭЦН составляют потери в кабельных линиях, поэтому растет интерес нефтяников к использованию в их составе погружных электродвигателей с повышенным напряжением, которые появились на рынке в последние годы. В 2010 году ООО «Алмаз» (г. Радужный) изготовило несколько образцов погружных электродвигателей мощностью до 56 кВт

Неясно, как можно подтвердить задекларированные изготовителем параметры энергоэффективности погружных электродвигателей

с повышенным напряжением и провело их промышленные испытания, которые завершились положительным результатом.

«Ввиду ограничения по изоляционным свойствам бесконечно увеличивать рабочее напряжение ПЭД невозможно», поэтому разработчик двигателей проявил обоснованную осторожность, ограничив его значение на первом этапе величиной 2200 В (А.Петлин «Опыт применения ПЭД с

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ИЛИ РИСК СНИЖЕНИЯ РЕСУРСА?

Однако нет необходимости выделять высоковольтные погружные электродвигатели в отдельную группу. Schlumberger выпускает погружные электродвигатели одинаковой мощности с различными номинальными напряжениями, что предоставляет потребителям возможность самим выбирать двигатели из этого ряда.

Из приведенных в таблице данных видно, что максимальные значения напряжений в ряду двигателей фирмы Schlumberger значительно ниже напряжений высоковольтных ПЭД равной мощности российского производства.

Еще более низкие значения максимальных напряжений имеют двигатели SPTM фирмы Baker Hughes (каталог 2014 года).

Очевидно, что Schlumberger и Baker Hughes не пошли на повышение номинальных напряжений ПЭД потому, что из альтернативы энергоэффективность или риск снижения ресурса приоритетным считают обеспечение ресурса. Этим же выбором руководствуется и подавляющее большинство российских нефтяных компаний, включивших в свои технические требования поставку ПЭД с «нормальным» напряжением. Тем не менее, двигатели с повышенным напряжением должны быть включены их производителями в линейку выпускаемого ряда. Риск их использования потребитель должен брать на себя. Очевидно, требуется разработка критериев выбора двигателей по напряжению.

НОМИНАЛЬНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПЭД И ВПЭ

Мощность, кВт	Номинальное напряжение, В		
	Российский производитель		Schlumberger* (каталог 2005 г.) Электродвигатели 456 серии
	ПЭД-117	ВПЭД-117	
32	1 000	2 350	393, 731, 866, 1 136
36	-	2 400	745, 829, 914, 998, 1 167
40	1 250	2 150	
45	1 400	2 350	793, 1 198, 1 907
50	1 450	2 600	807, 1 043, 1 162, 1 752
56	1 400	2 800	
63	1 900	3 100	
70	2 000	2 700	
80	2 100	2 700	897, 1 083, 2 011, 2 196
90	2 000	2 800	776, 978, 1 788, 1 991, 2 196
100	2 000	3 100	1 060, 1 279, 2 157

* округленные значения при переводе л.с. в кВт.

повышенным напряжением в УДО «Варьеган-нефтегаз». Новые разработки ООО «Алмаз», «Инженерная практика» #5, 2011).

На втором этапе испытывались электродвигатели мощностью 63–110 кВт с номинальным напряжением до 3000 В, которые также подтвердили эффективность перехода на более высокие напряжения ПЭД (С.Якимов, М.Каверин, В.Тарасов, Д.Касилов, А.Цыбин «Погружные электродвигатели с повышенным напряжением — двойной эффект без инвестиций» «Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса» #3, 2012).

Значения напряжений испытанных высоковольтных ПЭД соответствуют диапазону их значений в традиционных погружных электродвигателях различных мощностей и габаритов. Однако разработчики существенно увеличили номинальные напряжения двигателей малой и средней мощности до величин, которые ранее устанавливались только для более мощных ПЭД.

Отрицательные последствия перехода на повышенные напряжения погружных электродвигателей можно прогнозировать, учитывая условия их эксплуатации, ремонта и обслуживания, поэтому

переход на более высокие напряжения двигателей с увеличением их мощности — это вынужденное компромиссное решение, обеспечивающее снижение значений токов при определенном риске повышения частоты отказов.

На вопрос, почему при положительных результатах эксплуатации высоковольтных ПЭД не принимается решение об их использовании в составе УЭЦН в качестве основных типов двигателей, ясных ответов нет

Как показали испытания высоковольтных ПЭД, различия в наработках двигателей с «нормальным» и высоким напряжением нет.

На вопрос, почему при таких положительных результатах эксплуатации высоковольтных ПЭД не принимается решение об их использовании в составе УЭЦН в качестве основных типов двигателей, ясных ответов нет. Неопределенность в оценке надежности высоковольтных ПЭД подтвер-

ПОЧЕМУ ДОРОЖЕ...

Более высокие цены вентильных приводов определяют наличие в составе привода специальной станции управления и высококоэрцитивных постоянных магнитов в двигателе.

Конечно, если за базу сравнения взять цены специальной станции управления вентильными электродвигателями и станции прямого пуска асинхронных погружных электродвигателей, то разница будет существенной.

Но сегодня за базу сравнения следует брать стоимость станции управления с преобразователями частоты, которые из категории «опции» переходят в стандартную комплектацию УЭЦН, так как такие станции являются техническими средствами интеллектуализация процесса добычи нефти установками УЭЦН.

Стоимость магнитов сегодня определяет Китай — основной и практически единственный мировой поставщик магнитов из редкоземельных металлов (РЗМ). На его долю приходится 95% мирового объема их производства, в то время как на долю РФ всего лишь 2%. Китай не поставляет РЗМ как сырье и предлагает на рынке только готовые изделия. Ясно, что монопольное положение по этому виду сырья формирует и монопольные цены на продукцию из него.

Основные запасы РЗМ сосредоточены в трех странах: Китае (50%), РФ (17%) и США (12%). Учитывая стратегическое значения этих металлов, Правительство РФ приняло решение о начале в стране масштабного проекта по производству РЗМ. Появилась перспектива борьбы с монопольными ценами сегодняшнего производителя магнитов.

Но, очевидно, появления на российском рынке отечественных магнитов из РЗМ в ближайшие годы ожидать не следует. Еще в течение пока не определенного периода времени весь мир, в том числе и Россия, будут в своих изделиях использовать магниты китайского производства.

ждается приведенной в упомянутой публикации С.Якимова и др. ссылке на опыт применения высоковольтных ПЭД фирмой Сопосо: «...выдвигаются предположения о том, что двигатели высокого напряжения не так долговечны, как двигатели более низкого напряжения. Это предположение никто не подтвердил и не опроверг...»

Прогнозируемое снижение надежности высоковольтных ПЭД носит объективный характер: возрастает вероятность отказов двигателей в результате снижения диэлектрической прочности изоляции обмотки при попадании в полость двигателя пластовой жидкости, продуктов изно-

са опор и деструкции масла при его перегреве, снижается надежность кабельных линий, осо-

Отсутствие зафиксированных фактов роста частоты отказов при переходе на использование двигателей с повышенным напряжением означает, что есть условия, при которых обеспечивается эффективность их использования

бенно ремонтных, имеющих сростки и микродефекты изоляции.



Вместе с тем, отсутствие зафиксированных фактов роста частоты отказов при переходе на использование двигателей с повышенным напряжением означает, что есть условия, при которых обеспечивается эффективность их использования.

Параметрический...

Есть еще один тип двигателей, эффективность использования которых оценивается неоднозначно. Речь идет о Русском параметрическом погружном электродвигателе — РППЭД.

«Двигатель имеет меньшие габариты, более высокий пусковой момент, устойчиво работает в широком диапазоне питающего напряжений» (рекламная информация). Оценка эффективности их использования неоднозначна: не только производитель, но и некоторые потребители высоко оценивали их эффективность. Вместе с тем публиковались и отрицательные оценки этого типа двигателей (Н.Кузьмичёв, «Пути решения основных проблем механизированной добычи нефти», «Территория Нефтегаз» #10, 2005).

Несмотря на то, что активный интерес к параметрическим погружным электродвигателям снизился, однако, очевидно, не угас окончательно, так как ООО «Алмаз» их рекламирует и производит.

Сведений об объемах производства и использования в нефтедобыче этих двигателей нет, не было за последние годы и публикаций о результатах их использования.

В мировой практике параметрические электродвигатели наземного исполнения имеют свою нишу использования. Поэтому нельзя исключать и того, что такая ниша может быть определена и для его погружного варианта.

Вентильные...

Безусловно, наиболее значимым и успешным проектом в области погружного оборудования для добычи нефти является создание погружных вентильных электродвигателей, хотя критический взгляд на возможность создания эффективного погружного двигателя с постоянными магнитами в роторе был у определенной части не только нефтяников, но и разработчиков электротехнического оборудования.

Даже через десять лет после начала разработки и пяти лет их эксплуатации появлялись публикации с критической оценкой не только их эффективности, но и технологических сложностей освоения их производства с выводом: «...при современном уровне развития техники создать недорогие и надежные вентильные двигатели невозможно».

Следует обратить внимание на то обстоятельство, что критическая оценка автором перспектив вентильных электродвигателей практически не связана с особенностями конструктивных параметров погружных электродвигателей и условий их эксплуатации: приговор вынесен всем типам электродвигателей, в конструкции которых используются постоянные магниты.

Однако с таким приговором категорически не согласен немецкий профессор, доктор технических наук Петер Ф.Брош (факультет электротехники и информационных технологий Высшей школы прикладных наук и искусств, г. Ганновер). Он считает, что «асинхронный двигатель до сих пор остается рабочей лошадкой приводостроения. Однако в области приводов с изменяемым числом оборотов все большую конкуренцию ему составляет синхронный двигатель с постоянными магнитами... В перспективе асинхронные двигатели бу-

Schlumberger и Baker Hughes не пошли на повышение номинальных напряжений ПЭД потому, что из альтернативы энергоэффективности или риск снижения ресурса приоритетным считают обеспечение ресурса

дут заменены синхронными двигателями с постоянными магнитами с электронной коммутацией во всех областях применения, где скорость вращения регулируется частотным преобразователем (Петер Ф.Брош, «Все течет, все развивается», «Конструктор. Машиностроитель» #1, 2010).

Несмотря на то, что активный интерес к параметрическим погружным электродвигателям снизился, однако, очевидно, не угас окончательно

После публикации редакция этого журнала организовала дискуссию специалистов, разделяющих точку зрения профессора Броша и не согласных с ним.

Так, специалисты одной из ведущих российских производственных компаний в области электроприводной техники ОАО «НИИПТИЭМ» (г. Владимир) не увидели «доминирующих перспектив синхронных электродвигателей с возбуждением от постоянных магнитов» по техническим и экономическим причинам (О.Кругликов, доктор электротехники РАЕН, управляющий директор ОАО «НИПТИЭМ», А.Захаров, к.т.н., научный сотрудник ОАО «НИПТИЭМ», Асинхронный двигатель или синхронный с постоянными магнитами?, «Конструктор. Машиностроитель» #2, 2010).

Более 6 тыс. скважин, в которых работают погружные насосные установки с вентильными приводами, дают достаточное основание говорить об успехе этого проекта

Специалисты же НГТУ (г. Новосибирск) не считают аргументы, приведенные в этой статье, убедительными и согласились с профессором Брошем, отметив, что «современные синхронные машины с возбуждением от постоянных магнитов могут конкурировать, а в ряде случаев и существенно превосходить по своим характеристикам тради-

ционные асинхронные электродвигатели» (А.Шевченко, д.т.н., профессор НГТУ, Ю.Бухгольц, к.т.н., доцент НГТУ, А.Приступ, к.т.н., доцент, НГТУ, «Кто победит — асинхронный или синхронный?», «Конструктор. Машиностроитель» #5, 2010).

Нет необходимости в поддержку проекта ВД ссылаться только на оценку эффективности вентиляльных приводов зарубежным авторитетным ученым. У нас есть и пророки в своем отечестве. Еще за 15 лет до публикации процитированной положительной оценки вентиляльных приводов аналогично оценили их перспективы и руководители НК «ЛУКОЙЛ», начав финансирование проекта создания вентиляльных приводов УЭЦН в период, когда возможности достижения положительного результата были еще далеко не ясны.

Когда вентиляльные приводы только начинали использоваться в промышленных масштабах и их конструкция и используемые материалы не были доведены до нынешней кондиции, перспективы этих двигателей высоко оценил д.т.н., профессор, академик РАЕН, заведующий кафедрой машин и оборудования нефтяной и газовой промышленности РГУ им. И.М.Губкина В.Ивановский (В.Ивановский, С.Карелина, «Сколько нужно погружных насосных установок нефтяникам России?», «Территория Нефтегаз» #10, 2005).

В статье было отмечено, что «видимо, период привыкания нефтяников к этому виду оборудования займет еще два-три года, после чего может возникнуть настоящий бум в потреблении установок с вентиляльным электроприводом».

Не знаю, можно ли назвать сегодня бумом объемы заказов нефтяниками вентиляльных приводов УЭЦН и УЭВН, но более 6 тыс. скважин, в которых работают погружные насосные установки с вентиляльными приводами (к сожалению, точные сведения по этому фонду скважин не публикуются), дает достаточное основание говорить об успехе этого проекта.

Он настолько очевиден, что Международная ассоциация производителей нефти и газа (OGP) и Международная организация по стандартизации (ISO), которые на первых порах довольно скептически оценивали данный проект, вынуждены были признать его успешность, включив в 2013 году вентиляльные электродвигатели, впервые в мире разработанные в России в рамках корпоративных НИОКР ОАО «ЛУКОЙЛ», в проект международного стандарта на УЭЦН.

Пожалуй, это единственная российская разработка последних десятилетий, включенная в международный стандарт.

Вместе с тем следует отметить, что «период привыкания к этому виду оборудования», о котором говорилось в статье В.Ивановского, пока не завершился. Причиной торможения темпов внедрения вентиляльных приводов являются их относительно высокие цены по сравнению с асинхронными (см. «Почему дороже...»).

Снижение цен вентиляльных приводов, как и любого вида продукции, весьма желательно для потребителей, но и нынешние цены не являются пре-

пятствием их широкого внедрения. Те, кто научился правильно считать эффективность оборудования, покупают и используют УЭЦН и УЭВН с вентиляльными приводами.

Пожалуй, вентиляльные приводы — это единственная российская разработка последних десятилетий, включенная в международный стандарт

Те, кто условием их использования принимает окупаемость этого оборудования в течение одного года, должны помнить старую мудрость, автором которой является барон Ротшильд: «Я не настолько богат, чтобы покупать дешевые вещи». Эта сентенция отражает суть современного метода оценки экономической эффективности использования оборудования на основе показателя «совокупной стоимости владения».

Спор продолжается: будут ли в перспективе асинхронные двигатели заменены синхронными двигателями с постоянными магнитами?

Конечно, психологически трудно принять решение о закупке оборудования на основе сопоставления «совокупной стоимости владения» оборудованием из амортизационных групп со сроком полезного использования пять лет и вы-

Те, кто научился правильно считать эффективность оборудования, покупают и используют УЭЦН и УЭВН с вентиляльными приводами

ше. Но УЭЦН входят во вторую амортизационную группу со сроком полезного использования от двух до трех лет, что не затрудняет применение этого показателя при решении вопроса целесообразности закупки инновационного оборудования.

«Я не настолько богат, чтобы покупать дешевые вещи» — суть современного метода оценки экономической эффективности использования оборудования на основе показателя «совокупной стоимости владения»

Дискуссию о перспективах синхронных электродвигателей с постоянными магнитами в роторе (вентильных электродвигателей) редакция журнала «Конструктор. Машиностроитель» назвала «Битвой титанов», выразив одинаковое уважение к позициям авторов публикаций. И не самое ли время для организации на страницах «Вертикали» аналогичной дискуссии об эффективности и перспективах различных типов оборудования механизированной добычи нефти? ■