

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ УЭЦН: ПРИЧИНЫ ПРОХЛАДНОЙ ВСТРЕЧИ



МАТВЕЙ ГИНЗБУРГ

Советник директора ООО «ЭПУ-ИТЦ»

Член Экспертного совета по механизированной добыче нефти

Если уместно проводить аналогию этапов признания инновационных разработок, то для принятия обоснованного решения о приобретении и применении ЭЭ УЭЦН производства ЗАО «Новомет-Пермь», в частности, необходимо время для объективного анализа результатов их подконтрольной эксплуатации. Главным фактором, сдерживающим объемы внедрения ЭЭ УЭЦН, является неопределенность затрат при их эксплуатации. Необходима информация о возможности ремонта, восстановления и повторного использования ЭЭ УЭЦН после подъема из скважин, о стоимости ремонта и других составляющих эксплуатационных затрат, сведения о которых должны быть обобщены и доведены до потенциальных заказчиков. Возможно, что разработчик и изготовитель ЭЭ УЭЦН за это время найдет дополнительные технические решения, которые будут способствовать потеплению отношения нефтяников к ЭЭ УЭЦН.

По мере получения нефтяными компаниями достаточно точных статистических данных по итогам подконтрольной эксплуатации ЭЭ УЭЦН можно ожидать от заказчиков более четкой реакции...

Журнал «Нефтегазовая Вертикаль» и Экспертный совет по механизированной добыче нефти инициировали дискуссию на тему эффективности и перспектив различных типов оборудования механизированной добычи нефти, опубликовав в №9 НГВ-Технологий (август 2015) мою статью «Выбор погружных электродвигателей: технологические и экономические критерии».

приобретении. В дискуссии приняли участие представители ряда сервисных и нефтяных компаний, мнения которых по обсуждаемому вопросу были опубликованы в том же номере е-Бюллетеня.

В публикуемой статье автор рассматривает причины, которые, на его взгляд, сдерживают темпы внедрения разработанных «Новометом» энергоэффективных УЭЦН...

ЭЭ УЭЦН

ЗАО «Новомет-Пермь» создало и предложило потребителям энергоэффективные УЭЦН (ЭЭ УЭЦН), обеспечивающие снижение энергопотребления относительно стандартных на 24–37%. Такую энергоэффективность можно считать достаточным основанием для их широкого использования, однако, как считает сам производитель, «российские НК встретили разработку ЭЭ УЭЦН, мягко говоря, прохладно...»^[1].

Как убедить скептиков в том, что снижение энергопотребления подтверждено сравнительными испытаниями стандартных и энергоэффективных модификаций УЭЦН на аттестованном стенде в ОКБ БН и при их подконтрольной эксплуатации в шести нефтяных компаниях России^[2]?

«Покупатель всегда прав» — эта банальная сентенция применительно к оценке ЭЭ УЭЦН означает, что несмотря на энергоэффективность предлагаемого оборудования, при его использовании, по оценке потенциальных заказчиков, не обеспечивается интегральная экономическая эффективность замены стандартных УЭЦН на энергоэффективные.

Снижение энергопотребления не является конечной задачей внедрения энергосберегающего оборудования. В ГОСТ Р 51541-99 «Энергетическая эффективность. Состав показателей» указано, что показатели энергетической эффективности, устанавливае-

Новомет-Пермь: российские НК встретили разработку ЭЭ УЭЦН, мягко говоря, прохладно... Как убедить скептиков в обратном?

Основной посыл статьи: нормативная документация некоторых видов инновационного оборудования, каталоги и публикации не в полном объеме содержат сведения, необходимые для принятия обоснованного решения о его

мые в нормативных документах, разрабатывают на основе достижения «экономически оправданной эффективности использования энергетических ресурсов при существующем уровне развития техники и технологии» (п.4.8).

Энергопотребление УЭЦН является составляющей эксплуатационных затрат, существенная часть которых приходится на ПРС и ремонт отказавшего оборудования, которые определяют его наработки на отказ. Поэтому при принятии решения об использовании энергоэффективного оборудования потребитель учитывает его интегральную эффективность.

Вентильные двигатели

Наиболее значимым и успешным инновационным проектом в области оборудования для добычи нефти является разработка и организация с начала 2000-х годов серийного производства погружных вентильных электродвигателей. В настоящее время преобладающая часть эксплуатируемых в нефтяной отрасли России УЭЦН с вентильными приводами (более 6000 скважин) работает с частотой вращения до 3600 об/мин. (номинальная частота вращения 3000 об/мин.).

Снижение энергопотребления при замене в УЭЦН ПЭД на ВД составляет не менее 8%. Нарботка на отказ УЭЦН с ВД, работающих в этом диапазоне частот вращения, не ниже наработок стандартных УЭЦН с асинхронными приводами. Так, в ПАО «Татнефть» «средняя наработка работающих УЭЦН с ЭД составляет 656 суток, по УЭЦН с ВД наработка выше и составляет 725 суток. Межремонтный период скважин, эксплуатируемых УЭЦН с вентильными электродвигателями, составляет 1172 суток, тогда как у скважин с ПЭД данный показатель находится на отметке 999 суток» [3].

«Отечественные предприятия по-разному подошли к реализации инновационного создания вентильных двигателей. Одни ограничили себя разработкой и производством вентильного двигателя с частотой вращения вала практически до 3000 об/мин., планируя использование этих вен-

Диапазоны частот вращения ЭЭ УЭЦН, 2013 г.

Частота вращения, об/мин.		В том числе					
до 6000, всего		≤3500		3500<4500		>4500	
кол., ед	%	кол., ед	%	кол., ед	%	кол., ед	%
361	100	166	46	140	39	55	15

тильных двигателей с серийными насосами; другие, включая «Новомет», спрогнозировали, что вентильные двигатели с повышенной до 6000 об/мин. частотой вращения вала позволят повысить энергоэффективность и двигателей и, главное — погружных лопастных насосов» [2].

«Увеличивая частоту, повышаем КПД» — основная концепция создания энергоэффективных УЭЦН производства ЗАО «Новомет-Пермь» [2].

Высокие обороты и КПД ступеней ЭЦН

Разработчик ЭЭ УЭЦН информирует потребителей, «... что при повышении частоты вращения от 3000 до 5000 об/мин. КПД насосов возрастает на 2–4 пункта, что пока не учитывается в расчетах». Ни в нормативной документации, ни в публикациях ЗАО «Новомет-Пермь» не приводится функция зависимости КПД ступеней насосов от частоты их вращения.

Учитывая информацию ЗАО «Новомет-Пермь», можно предположить, что максимальный КПД насосов обеспечивается при частоте вращения 5000 об/мин. В соответствии с ТУ 3665-015-12058737-2014, насосы для добычи нефти и нагнетания воды в пласт производства «Новомет» с частотой вращения 5000 об/мин. и более работают УЭЦН с насосами габарита 2А и 3, заинтересованность в использовании которых является отнюдь не снижение энергопотребления, а возможность их использования в боковых стволах скважин, а также в скважинах с ремонтными обсадными колоннами малых диаметров.

Энергоэффективные насосы габаритов 4, 5, 5А и выше работают в диапазоне частот вращения 3110–4660 об/мин. Можно достаточно обоснованно считать, что рост КПД насосов в этом ин-

тервале частот вращения настолько незначителен, что он, по заявлению разработчика, «пока не учитывается в расчетах».

Таким образом, относительно невысокие значения роста КПД ступеней ЭЦН с ростом частоты вращения не дают основания считать технологию высоких оборотов практически значимым способом повышения их энергетической эффективности.

Снижение энергопотребления не является конечной задачей внедрения энергосберегающего оборудования

Существенное повышение КПД ступеней насосов ЗАО «Новомет-Пермь» удалось достичь созданием их «гидродинамически совершенных конструкций». Однако энергоэффективные ступени насосов имеют более низкие напоры, чем стандартные с одинаковой номинальной подачей [4], поэтому производитель ЭЭ УЭЦН вынужден для создания требуемого напора или увеличивать количество ступеней в насосе, или поднимать их напорность за счет увеличения частоты вращения.

По оценке заказчиков, применение ЭЭ УЭЦН не обеспечивает интегральную экономическую эффективность замены стандартных УЭЦН на энергоэффективные

Увеличение количества ступеней в насосе повышает стоимость оборудования, а повышение частоты вращения оказывает влияние на его надежность. Повышение надежности высокооборотных УЭЦН может быть обеспечено использованием в конструкции насосов специальных материалов. Однако стоимость таких установок, которая и сегодня яв-

ляется одним из сдерживающих факторов их широкого внедрения, будет еще более высокой.

Высокие обороты и КПД ВЭД

«Увеличивая частоту, повышаем КПД двигателей. КПД достигает максимальных значений в диапазоне частот от 4200 до

«Увеличивая частоту, повышаем КПД» — основная концепция создания энергоэффективных УЭЦН производства ЗАО «Новомет-Пермь»

5200 об/мин., повышение составляет около 1 пункта» — информирует производитель этого оборудования потенциальных покупателей [2].

Ни в нормативной документации, ни в публикациях ЗАО «Новомет-Пермь» не приводится функция зависимости КПД ступеней насосов от частоты их вращения

Такое незначительное увеличение КПД двигателя с ростом частоты вращения не имеет практического значения. В соответствии с ГОСТ 28173-89 «Машины электрические вращающиеся. Номинальные данные и рабочие характеристики», допускаемые отклонения КПД (минусовой допуск),

Декларируемое ЗАО «Новомет-Пермь» увеличение КПД двигателя с ростом частоты вращения на 1% не имеет практического значения

определенные по полным потерям, для машин мощностью до 50 кВт составляют 0,15(1- η), свыше 50 кВт — 0,10(1- η), где η — КПД электродвигателя. С учетом этих зависимостей фактические КПД двигателей могут быть ниже приведенных в нормативной документации номинальных значений до 1%. Это величина, которую ЗАО «Новомет-Пермь» расчетным путем определило как рост

КПД вентильных двигателей при увеличении частоты вращения.

Поэтому декларируемое ЗАО «Новомет-Пермь» увеличение КПД двигателя с ростом частоты вращения на 1% не имеет практического значения.

Практически значимым вопросом подтверждения декларируемого разработчиком КПД двигателя является метод определения его значения при заявленной максимальной частоте вращения 6000 об/мин.

«Не раз высказывалось мнение, что из-за отсутствия в России стендов для испытания погружных электродвигателей повышенной частоты вращения невозможно подтвердить их параметры энергоэффективности. Но так ли необходим стенд для определения КПД вентильного электродвигателя повышенной частоты вращения и подтверждения энергоэффективности УЭЦН?» — задает вопрос разработчик высокооборотных вентильных электродвигателей [2].

ГОСТ 25941-83 «Машины электрические вращающиеся. Методы определения потерь и коэффициента полезного действия» предусматривает возможность определения КПД как путем непосредственного измерения мощности, подводимой к машине и отдаваемой ею, так и косвенным методом, путем измерения и расчетов действующих потерь в машине. ЗАО «Новомет-Пермь» декларирует значения КПД высокооборотных двигателей, полученные косвенным методом.

Следует обратить внимание на то обстоятельство, что в редакции этого стандарта до 2008 года в вводной части было указано, что «Стандарт не распространяется на... машины, питаемые от полупроводниковых преобразователей». С 2008 года в стандарт были внесены изменения №2, исключившие данные ограничения, при этом во всех пунктах, касающихся определения КПД двигателей, используется формулировка: «при испытаниях машин переменного тока, питаемых от полупроводниковых преобразователей...»

Вентильные электродвигатели работают в комплекте с полупроводниковыми преобразователя-

ми, поэтому определение их КПД испытаниями на стендах можно интерпретировать как обязательное требование стандарта.

Погружные электродвигатели не входят в перечень энергопотребляющей продукции, подлежащей сертификации по показателям энергетической эффективности. Метод подтверждения показателей энергетической эффективности — декларация производителя продукции.

В ГОСТ Р 51380-99 «Методы подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности энергопотребляющей продукции их нормативным значениям» указано, что «Декларация производителя основывается на данных внутренних испытаний продукции»...

В проекте международного стандарта «Установки погружных центробежных насосов (Draft international standard ISO/DIS 15551-1 Electric submersible pump systems for artificial lift), подготовленного Международной ассоциацией производителей нефти и газа (OGP) и Международной организацией по стандартизации (ISO), также указано, что силовые характеристики двигателя определяются методом испытаний с использованием стенда с «нагрузочным устройством» (п. А.3.7.1).

Существенным фактором, определяющим метод подтверждения КПД вентильных электродвигателей испытаниями на стенде, являются их конструктивные особенности, характеризующиеся большим отношением длины вала двигателя к его диаметру. При таких соотношениях характерно явление скручивания вала двигателя под действием крутящего момента на валу насоса.

Из-за этого происходит смещение магнитной оси каждой роторной секции на определенный для нее угол, что приводит к падению крутящего момента, мощности и КПД двигателя. Поэтому расчетные значения КПД погружных вентильных электродвигателей всегда будут выше фактических значений, полученных с учетом фактора скручивания вала двигателя при его испытаниях на стенде.

Перечисленные факторы позволяют считать испытания на

стенде основным методом определения значений КПД вентилятных электродвигателей, декларируемых производителем.

О наработках и сроках службы ЭЭ УЭЦН

Общеизвестна зависимость эрозионного износа проточной части насосов от скорости потока откачиваемой жидкости. Для абразивных гидросмесей износы пропорциональны отношению частот вращения в третьей степени.

Конечно, эта оценочная зависимость не предназначена для прямых расчетов наработок центробежных насосов при переходе на повышенную частоту вращения, так как интенсивность гидроабразивного износа зависит не только от скорости потока и содержания в нем твердых частиц, определенного размера, формы и твердости, но и от характеристики изнашиваемого материала и геометрии проточной части ступеней, конструкции и технологии производства рабочих органов насосов и их подшипниковых узлов.

ЗАО «Новомет-Пермь» информирует потенциальных потребителей о том, что «фактически надежность новых установок находится на одном уровне с серийными образцами...» [4]. Такой вывод о надежности своих энергоэф-

фективных УЭЦН с заявленной номинальной частотой вращения 6000 об/мин. сделан на основе статистических данных о наработках 46% оборудования, работающего в диапазоне частот вращения до 3500 об/мин. и 39% — в диапазоне 3500–4500 об/мин.

В режиме подконтрольной эксплуатации только 15% оборудования работало при частотах вращения более 4500 об/мин. (см. «Диапазоны частот...»).

Заключение об одинаковом уровне надежности высокооборотных энергоэффективных и стандартных УЭЦН приведено в самом начале статьи в «Инженерной практике». Но уже на следующей странице указано, что «доверительный интервал установок, работающих при частоте вращения свыше 4500 об/мин., остается не вполне однозначным». Дочитав статью до конца, можно выяснить, что «для выдачи объективной оценки надежности установок, работающих на частотах более 4500 об/мин., необходимо продолжить испытания».

Частота вращения 6000 об/мин. — это фантомный номинальный показатель: В ТУ 3665-015-12058737-2014 «Насосы для добычи нефти и нагнетания воды в пласт производства «Новомет» включены насосы, допускающие частоту вращения до 6000 об/мин.

(модификация 34 и 35), однако возможность работы насосов габаритов 4 и выше этой модификации с частотой вращения более 4660 об/мин. не предусматривается. Нет сведений о работе ЭЭ УЭЦН с частотой вращения 6000 об/мин. и в аналитических публикациях ЗАО «Новомет-Пермь».

Декларируемое ЗАО «Новомет-Пермь» увеличение КПД двигателя с ростом частоты вращения на 1% не имеет практического значения

Отсутствие статистически значимых показателей надежности ЭЭ УЭЦН, работающих в диапазоне частот вращения 4500–6000 об/мин., пока не дает основания считать, что «фактически надежность новых установок находится на одном уровне с серийными образцами...»

ЗАО «Новомет-Пермь» декларирует значения КПД высокооборотных двигателей, полученные косвенным методом

В нефтяной компании «Газпром нефть», где эксплуатировалось статистически значимое количество ЭЭ УЭЦН (691 ком-



плект — 82,5% всех запусков такого оборудования), считают, что «главной проблемой при такой оценке является точность прогнозов по сроку службы оборудова-

В режиме подконтрольной эксплуатации только 15% оборудования работало при частотах вращения более 4500 об/мин

ния... Декларируемый заводами-изготовителями срок полезного использования (срок амортизации) в большинстве случаев не

Пока нет оснований считать, что «надежность новых установок, работающих в диапазоне частот вращения 4500–6000 об/мин., находится на одном уровне с серийными образцами»

достигается без дополнительных затрат на текущий и капитальный ремонт... В связи с этим возникает обоснованное требование

Прохладную встречу на внутреннем рынке ЭЭ УЭЦН нельзя объяснить отсутствием интереса российских нефтяников к использованию энергоэффективных УЭЦН. Интерес есть, но, «выгода должна быть очевидной»

заказчиков о доказательствах, подтверждающих, по крайней мере, не худшие показатели надежности новых видов оборудования... Возможный рост затрат на обслуживание должен отражать-

ся в оценке инвестиций с достаточной точностью» [5].

Неоднозначная оценка эффективности высокооборотных УЭЦН с вентильными приводами не распространяется на их малогабаритные модификации, предназначенные для работы в боковых стволах скважин. Разработанные ЗАО «Новомет-Пермь» высокооборотные малогабаритные УЭЦН имеют преимущество перед другими технологиями добычи нефти с высокими дебитами (свыше 50 м³/сут.) с использованием боковых стволов скважин малого диаметра, поэтому они достаточно востребованы потребителями, несмотря на их относительно небольшие наработки и высокие цены.

«...Путь инноваций никогда не был усыпан розами. Как среди нефтяников, так и среди производителей (в том числе и конкурентов в производстве вентильных двигателей — будем называть их своими именами) всегда были скептики» — констатирует ЗАО «Новомет-Пермь».

Надо полагать, что по этическим соображениям авторы не назвали организации отсталых ретроградов и скептиков, входящих в группу «одни», сделавших ставку на ВД с номинальной частотой вращения 3000 об/мин., и прозорливых инноваторов из группы «другие», в которую входят производители высокооборотных двигателей.

«Одни» — это ООО «РИТЭК-ИТЦ» (ныне ООО ЭПУ-ИТЦ) и ГК «Борец», каждый из которых ежегодно производит более 1000 вентильных электродвигателей с диапазоном регулирования частоты вращения до 3600 об/мин.

«Другие» — это завод им. Лепсе с его высокооборотной

установкой АКМ УЭЦН, которая не пользуется спросом нефтяников, ОАО «Алнас», установки которого с высокооборотными вентильными электродвигателями ОПЭДБ445-6000МВ5 и ПЭДБ445-6000МВ5 так не были поставлены на серийное производство, и ЗАО «Новомет-Пермь», высокооборотные ЭЭ УЭЦН которого, по признанию их производителя, «прохладно» встречены потребителями.

У разработчиков и производителей оборудования УЭЦН есть основания для критической оценки позиций нефтяных компаний в формировании цен на оборудование и объемов закупок их инновационных модификаций. Однако прохладную встречу на внутреннем рынке ЭЭ УЭЦН нельзя объяснить отсутствием интереса российских нефтяников к использованию энергоэффективных УЭЦН. Интерес есть, но «выгода должна быть очевидной» [5]. Так, НК «Роснефть», проанализировав результаты подконтрольной эксплуатации УЭЦН с ПЭД с повышенным напряжением и убедившись в том, что, казалось бы, обоснованные опасения снижения надежности УЭЦН с этими двигателями не подтвердились, приняла решение о расширении объемов применения ПЭД с повышенным напряжением.

Как пишет инициатор разработки и внедрения ПЭД с повышенным напряжением С.Б.Якимов, «первоначально как производители оборудования, так и инженеры-технологи различных компаний очень скептически отнеслись к идее использования ПЭД с повышенным напряжением... Людям просто нужно время для осознания преимуществ этой уникальной технологии» [6].

Литература

1. А.Рабинович, советник гендиректора ЗАО «Новомет-Пермь». Нужны ли России энергосберегающие УЭЦН. НГВ-ТЕХНОЛОГИИ, №1, (ноябрь 2014).
2. Е.Пошвин, директор департамента инновационных разработок АО «Новомет-Пермь»; Ш.Агеев, замгендиректора ОКБ БН КОННАС по науке, лауреат Премии Правительства РФ; А.Санталов, зав. отделом погружных электроприводов ОКБ БН КОННАС, к.т.н. Правильный выбор. Тернистый путь инноваций «Новомет», НГВ-ТЕХНОЛОГИИ, №9, (август 2015).
3. Б.Аристов, первый замдиректора по развитию производства — главный инженер ООО Управляющая компания «Система-Сервис», Нефтесервисный холдинг «Таграс». ВД: Если бы не так дорого. НГВ-ТЕХНОЛОГИИ, №9, (август 2015).
4. Д.Мартюшев, главный конструктор ЗАО «Новомет-Пермь». Энергоэффективные УЭЦН: сокращение удельных затрат на добычу нефти. Инженерная практика, №4, 2014.
5. Е.Кибирев. Начальник технологического отдела департамента техники и технологии добычи нефти ООО «Газпромнефть НТЦ». Выгода должна быть очевидной. НГВ-ТЕХНОЛОГИИ, №9, (август 2015).
6. С.Якимов, главный специалист Управления механизированной добычи и ГТМ ОАО «НК «Роснефть». Когда ПЭД с повышенным напряжением - основа стратегии. НГВ-ТЕХНОЛОГИИ, №9, (август 2015).