



**АЛЕКСЕЙ ЗАХАРОВ**  
Заместитель начальника КТБ ПЭД и ТМС АО «Новомет-Пермь»



**АНАТОЛИЙ САНТАЛОВ**  
Заведующий отделом погружных электроприводов ОКБ БН КОННАС, к.т.н.



**АЛЕКСАНДР КОСТИН**  
Ведущий инженер-конструктор ДИР КБ ПЭД АО «Новомет-Пермь»

## ВЕНТИЛЬНАЯ МОЩЬ НОВОМЕТА

### РАЗРАБОТКА, ПРОИЗВОДСТВО И ВНЕДРЕНИЕ ПВЭД

Лидером в области создания, производства и внедрения погружных вентильных электродвигателей (ПВЭД) для УЭЦН в России заслуженно является АО «Новомет-Пермь», начавшее разработку и внедрение данных машин ещё в 2005 году.

Тогда руководством была поставлена задача охвата всего диапазона габаритов – от 81мм до 185 мм, частот вращения от 100 до 6000 об/мин и мощностей до 1,2 МВт. Спрос со стороны нефтяных компаний определял очередность их внедрения в производство.

В 2006 году на предприятии был изготовлен первый погружной вентильный электродвигатель 117 габарита мощностью 400 кВт (при частоте 6000 об/мин). Полная линейка мощностей ПВЭД-117 на 3000 и 6000 об/мин была освоена до 2009 года. За это же время было подготовлено серийное производство ПВЭД 81 габарита максимальной мощностью одной секции 80 кВт. В конце 2012 года было изготовлено менее 200 секций данного габарита, а к середине 2014 года данная цифра достигла почти 800.

Средняя наработка УЭЦН 3 габарита (в пределах 540 суток) была подтверждена по методике оценки пилотных проектов. Установка УЭЦНЗ-160Э-2100/36-240 с первым секционным вентильным двигателем 81 габарита мощностью 125 кВт была запущена на Самотлорском месторождении в декабре 2014 год.

До 2012 года линейку продукции компании дополнили вентильные двигатели в габаритах 130 и 185 мм.

Как видим, задача освоения вентильных электродвигателей для УЭЦН средних и больших габаритов компанией была успешно выполнена к 2013 году, их количество превысило 25% от всех производимых ПЭД в компании.

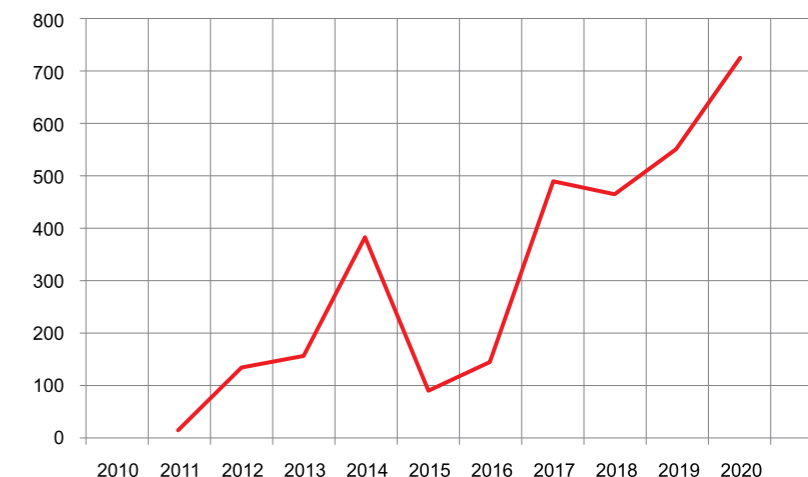
#### Уменьшая габарит до предела

На очереди было освоение малого и супермалого габаритов. А именно – ПВЭД-69 и ПВЭД-55.

Потребность нефтяной отрасли в малогабаритных установках для скважин с малым дебитом добычи оказалась достаточно высокой, и в 2014 году компанией разработан вентильный двигатель для установки 2 габарита ЭЦН2-50-2000 с наружным диаметром корпуса ПВЭД 55 мм. А чуть позже, в 2016 году компания вывела на рынок революционную технологию спуска малогабаритного оборудования в скважину на грузонесущем кабеле (ColibriESP), составной частью которой и явилась вышеназванная разработка.

#### Подробнее – о ColibriESP

Электродвигатель содержит от 1 до 3 унифицированных секций, в которых применен провод одного диаметра, что позволило сделать их универсальными. Длина одной модуль-секции ЭД составляет



#### Динамика продаж ПВЭД АО «Новомет-Пермь» по годам

ГК «Новомет» активно развивается, и динамика поставок ПВЭД на рынки ДЗ планомерно растет. В 2014 г. были введены первые санкции против нефтяной отрасли России. ЕС и США запретили своим компаниям предоставлять российским партнерам высокотехнологическое оборудование, из-за этого отношение к российским компаниям могло поменяться. ГК «Новомет» пришлось снизить поставки в ДЗ в 2015 г. т.к. спрос на оборудование со стороны зарубежных партнеров упал. С 2016 г. компания продолжила активно развиваться и возобновила отношения с зарубежными клиентами для уверенного роста поставок ПВЭД, что мы и видим по состоянию на 2020 г.

2, 3 и 4 метра, мощность изготавливаемых секций электродвигателей принята 15, 25 и 35 кВт соответственно. Таким образом, комбинируя данные секции, можно получить мощность от 15 до 105 кВт (105 кВт – максимальная суммарная мощность электродвигателя.) Номинальные токи до 28 А и напряжение до 3000 В позволило получить минимальный перегрев – 25°C.

70 кВт – именно такой была мощность первого изготовленного двухсекционного двигателя для 2 габарита, чего достичь в корпусе 55 мм еще пару лет назад было практически невозможно. Кроме магнитопровода, обмотки и магнитов в данном габарите размещены: вал, соединение токоведущих выводных проводов, а также быстроразъемное бесфланцевое соединение секций ЭЦН, которое значительно снижает время монтажа. КПД двигателя составил 85%.

#### Рассмотрим особенности конструкции вентильного электродвигателя.

От асинхронных данные машины отличаются тем, что на их роторе вместо короткозамкнутой «беличьей клетки» размещены постоянные магниты.

Двигатели производства пермской компании, если сравнивать их с вентильными машинами других производителей, имеют оптимальный электромагнитный зазор, позволяющий не только сохранить КПД двигателя, но и потенциально продлить срок службы за счет снижения нагрузки на подшипники от сил одностороннего



магнитного притяжения (так сказать, баланс между КПД и надежностью). Статор изделий компаундирован, внутри обмотки размещён датчик температуры, на все габариты двигателей имеются системы ТМС.

Если рассматривать конструкцию ротора электродвигателя на частоту вращения 3000 об/мин – она традиционная, со сплошным валом и подшипниками в расточке статора. При частотах вращения выше 4200 об/мин в конструкции применены инновационные решения, благодаря которым, а также предварительной балансировке пакетов, удается получить низкий уровень вибрации.

#### КПД – выше, длина и вес – меньше

Главным преимуществом ПВЭД является увеличенный КПД (88-95% в зависимости от габарита), благодаря которому на единицу мощности происходит пониженное удельное тепловыделение и низкое энергопотребление. В результате

можно снизить массу и габариты активной части двигателя примерно в 2 раза. К примеру, длина активной части асинхронного двигателя 117 габарита мощностью 40 кВт составляет 3332 мм (9 пакетов ротора), в то время как на вентильном двигателе 117 габарита данную мощность при той же частоте вращения можно получить уже на двигателе с активной частью длиной 1618 мм (4 пакета ротора).

Коэффициент мощности вентильных двигателей может быть достаточно высок, в том числе – равный 1. Такой режим обеспечивает минимально возможную установленную мощность наземного оборудования. Однако более энергоэффективным представляется режим минимального тока, при котором коэффициент мощности меньше 1, поскольку наземное оборудование, как правило, выбирается с запасом по мощности.

#### Номенклатура вентильных ПЭД производства АО «Новомет-Пермь»

Наименование	Диапазон мощностей, кВт		
	односекционный	двухсекционный	трехсекционный
	Номинальная частота вращения, об/мин		
ПВЭДН-55-8,5	5-35	35-70	-
ПВЭД-55-8,5 (унифициров.)	15-35	30-70	45-105
ПВЭД-69-10,0 (унифициров.)	100	200	250
ПВЭДН-81-6,0	14-90	100-200	-
ПВЭДН-81-6,0 (унифициров.)	40-70	80-140	120-210
ПВЭД-81-9,0	-	155-250	-
ПВЭД-103-3,0	6-140	-	-
ПВЭД-103-6,0	12-280	-	-
ПВЭД-117-0,5	2-40	-	-
ПВЭД-117-3,0	22-255	-	-
ПВЭД-117-6,0	44-450	-	-
ПВЭД-130-3,0	32-300	350-390	-
ПВЭД-130-4,5	-	750	-
ПВЭД-130-6,0	60-465	-	-
ПВЭД-185-3,0	60-800	1200-1600	-

Оптимизация отбора жидкости из скважин и сокращение номенклатуры двигателей стали возможны благодаря возможности регулирования частоты вращения и контроля параметров. При этом диапазоны регулирования частоты вращения составляют 100-1500, 500-1500, 1500-4200 и 4200-6000, 6000-8500 об/мин.

Данные преимущества ПВЭД особенно актуальны:

- в скважинах осложненного фонда,
- при добыче вязкой нефти,
- в случае нестабильной подачи,
- в малодобитных скважинах,
- в скважинах, вводимых после гидроразрыва пласта (ГРП) и после других операций по интенсификации добычи нефти.

#### Добывая – экономят!

Не следует забывать о том, что вентильные двигатели – неотъемлемая часть энергоэффективных установок, что является их важнейшим преимуществом.

Не только в России, но и в мире повышение энергоэффективности нефтедобычи по-прежнему остается одной из наиболее актуальных задач. Согласно статистике, доля затрат нефтяных компаний на электроэнергию

в структуре себестоимости добычи увеличивается в среднем на 3-4% в год. При этом на подъем скважинной жидкости механизированным способом приходится более 50% расходов на электроэнергию. Не менее 28,3 млрд кВт в год – цифра энергопотребления в сегменте механизированной добычи нефти только в России!

Чтобы решить данную проблему, была разработана линейка энергоэффективных УЭЦН с максимальным КПД до 79% при номинальной подаче до 3000 м³/сут, включающую установки с высокооборотными (до 5820 об/мин) погружными вентильными электродвигателями. От серийно выпускаемых моделей данные установки отличаются меньшими размерами, более высоким КПД и повышенными напорными характеристиками. В них в качестве привода используется серийно производимый погружной вентильный электродвигатель серии ПВЭДН в габаритных группах 55, 81, 103, 117, 130 и 185 мм. В его конструкции применяется ротор на базе четырехполюсного магнита, изготовленного из высокотемпературных магнитотвердых спеченных материалов.

Если верить энергетическим расчетам, энергопотери в вентильном двигателе



примерно вдвое меньше, чем в асинхронном. При этом наблюдается снижение потерь в кабеле, станции управления и масляных трансформаторах погружных насосов (ТМПН).

Сравнительные испытания серийной и энергоэффективной установки с вентильным двигателем, проведенные на стендах-скважинах ОАО «ОКБ БН КОННАС», подтвердили, что применение ПВЭДН позволяет на 10-15% снизить энергопотребление УЭЦН.

Все вентильные электродвигатели производства АО «Новомет-Пермь» соответствуют классу энергоэффективности E2 – согласно ГОСТ Р 56624-2015. К нему же относятся электродвигатели с высоким КПД, у которых суммарные потери мощности не менее чем на 40% ( $\eta_e=0,4$ ) меньше суммарных потерь мощности стандартных электродвигателей с аналогичными мощностью и частотой вращения.

Ведущие мировые нефтяные компании проявляют серьезный интерес как к

новометовскому оборудованию в целом, так и конкретно – к его вентильным электродвигателям. В 2017 году пермская компания заключила соглашение с концерном Statoil Petroleum AS (Норвегия) по НИОКР на разработку высоконадежной УЭЦН с вентильным электродвигателем для применения на офшоре.

### Вентильный прорыв

Вентильные электродвигатели, появившиеся на рынке, вызвали существенный рывок в механизированной добыче в целом, появились новые технологии:

- Высокооборотные УЭЦН с подачей до 1600 м<sup>3</sup>/сут, при этом обладающие КПД на 40% выше, чем у серийных, до 2-х раз компактнее.
- Малогабаритные УЭЦН для спуска в боковой ствол диаметром 102 мм, что даёт прирост добычи в среднем 15 м<sup>3</sup>/сут.
- УЭЦН сверхмалого габарита для эксплуатации внутри НКТ 73 мм,

спускаемую на грузонесущем кабеле. На ее монтаж требуется в 5-7 раз меньше времени, чем серийной УЭЦН.

- Установки винтового насоса с нижним приводом, а также насосы нового типа – объемно-роторные. Установки приводятся в действие низкооборотным двигателем и используются для добычи вязкой нефти.

Сегодня в стадии подготовки находятся решения для эксплуатации в условиях сверхвысоких температур, а также установки со сверхвысокой надежностью – обе технологии выполнены на базе вентильных приводов.

Отдельно следует сказать о герметичном приводе с вентильным двигателем, спрос на который среди нефтяников в последнее время увеличивается. Герметичный привод – это смонтированный в условиях цеха изготовителем двигатель с кабельным удлинителем, гидрозащитой и входным модулем, причем все это компактно размещено в кожухе с местом для герметичного вывода из него кабеля (герметичность вывода кабеля проверяется на заводе давлением 15 Мпа). Это позволяет сэкономить время, снизить риски и повысить качество при монтаже, так как прокачка маслосистемы проводится на заводе, а не в условиях скважины. Завод-изготовитель допускает проводить монтаж герметичного привода без замены и переконсервации маслом в течение гарантийного срока хранения с сохранением гарантий на оборудование.

Привод позволяет эксплуатировать УЭЦН независимо от внутреннего максимального диаметра колонны (в составе привода обеспечено принудительное охлаждение двигателя пластовой жидкостью), а также производить забор пластовой жидкости ниже зоны перфорации.

Постоянно ведутся работы по повышению характеристик вентильных электродвигателей с учетом реальных перегревов в зависимости от температуры пластовой жидкости.

Так, в 2020 году была оптимизирована геометрия активной части пакетов ротора двигателей габаритов 117 и 130 мм частотой 3000 и 6000 об/мин. Это позволило увеличить мощность двигателей 3000 и 6000 об/мин на 15%.

И, наконец, несколько слов о **вентильных приводах в установках для подъема геотермальных вод**. Сегодня для этого используются машины в односекционном исполнении габарита 185 мм и мощностью до 800 кВт. Известно,



что температура в геотермальных скважинах достигает 200°C и более.

В стадии разработки находится двухсекционный вентильный электродвигатель мощностью до 1600 кВт на 3000 об/мин. Так же в данном габарите (185 мм) ведется разработка двигателя для скважин с температурой пластовой жидкости до 220°C.

На очереди – двухсекционный ПВЭД для подъема геотермальных вод в габарите 230 мм мощностью 2000 кВт на 3000 об/мин.

Как видим, и в геотермальных проектах Новомет находится на передовых рубежах вентильного двигателестроения.

### Список литературы

1. Санталов А.М. Вентильные электродвигатели для погружных электронасосов. // Сборник докладов VI Всероссийской технической конференции «Производство и эксплуатация УЭЦН». Альметьевск, 1996.
2. Павленко В.И., Гинзбург М.Я. Тенденция замены ПЭД на ВД: мир последовал за инновацией Лукойла. // Нефтегазовая вертикаль 2010, № 20.
3. Шенгур Н.В., Иванов А.А. Мифы и реальности внедрения вентильного электродвигателя в УЭЦН. // Инженерная практика. 2011, № 3.
4. Слепченко С.Д. Математика прогноза // Нефтегазовая вертикаль. 2006, №1 2, с. 48-51