

Новые технологии в производстве ПЭД.

/ **Е.В. Пошвин**, Главный инженер производства ПЭД

Здравствуйте уважаемые коллеги, я хочу рассказать о новых технологиях в производстве погружных электродвигателей компании Новомет.



Производство погружных электродвигателей

Габарит ПЭД	Диапазон мощностей, кВт		
	Односекционный	Двухсекционный	Трехсекционный
96	16-45	50-163	70-100
103	16-80	70-160	180-210
117	12-125	125-300	220-320
130	63-145	180-300	320-450
185	100-400	450-650	700-1200

 Серийно выпускаемые
 Подготовка производства



Вкратце, - производству 5 лет, в настоящее время месячный план 450 секций, освоено 5 типоразмеров ПЭД 96,103,117,130,185 диапазон мощностей от 12 кВт в 117 габарите до 650 кВт в 185 габарите. Всего около 200 наименований двигателей. Несколько слов о новинках: в первую очередь это первый двухсекционный погружной маслонаполненный электродвигатель с наружным диаметром 185 мм и полезной мощностью 500 кВт. Краткие характеристики: масса около 2 тонн, монтажная длина в сборе 11 метров. Изготовлен и будет отправлен потребителю в мае этого года. Следующим шагом будет разработка и изготовление трех секционного ПЭДа 8-го габарита мощностью 1200 кВт. Ориентировочный срок окончания работ – 4 квартал 2006 года. Также новинками можно считать и трехсекционный компаундированный двигатель 4 габарита и трехсекционный ПЭД диаметром 103 мм.

Следующее перспективное, на наш взгляд, направление это высокотемпературные электродвигатели на основе компаундированного статора. Несколько слов о технологии компаундирования.

Технология компаундирования статора ПЭД

Достоинства

- макс. температура компаунда 240 °С
- снижение перегрева
- полная герметизация обмоток статора
- отсутствие механического износа обмотки
- Увеличение сопротивления изоляции в 10 раз

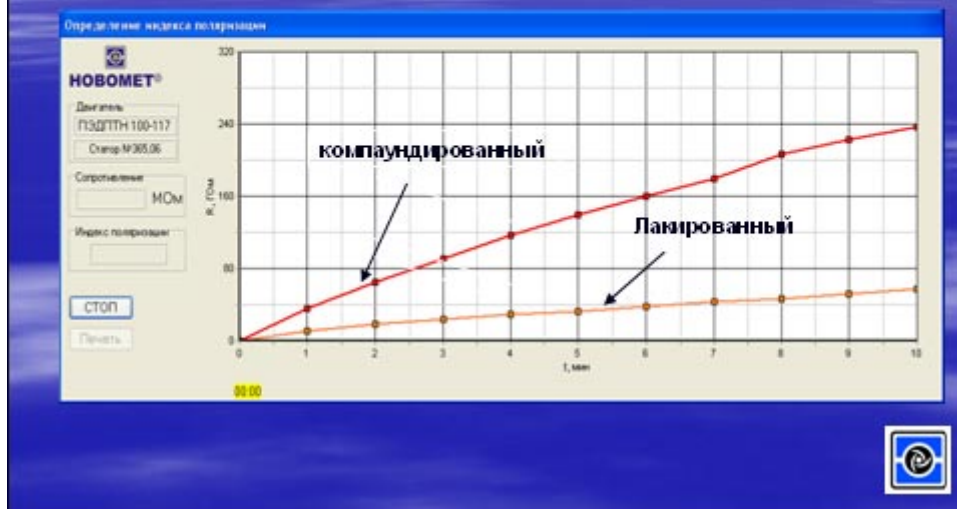


1. Для эксплуатации погружной установки в осложненных условиях, особенно в скважинах с высокой температурой пластовой жидкости нами была освоена технология компаундирования статора погружного двигателя.

Преимущества данной технологии :

- Высокая температуростойкость компаунда до 240 С
- На порядок выше теплопроводность и теплоемкость компаунда (в составе компаунда до 40 % наполнителя SiO_2 (кварцевый песок)), относительно лака и масла, позволяющего значительно увеличить теплоотвод от обмоток статора ПЭД, тем самым снизить температуру перегрева. В настоящий момент проводятся стендовые испытания, окончательные цифры по перегреву будут получены позже и внесены в Технические условия на компаундированные двигатели
- высокая диэлектрическая прочность компаунда позволила повысить сопротивление изоляции в 10 раз
- Исключается контакт обмоток с маслом и соответственно, при попадании пластовой жидкости в полость двигателя не происходит быстрого разрушения изоляционной системы статора.
- отсутствие механического износа обмотки за счет ее надежной фиксации в пазах и лобовых частях;

Увеличение сопротивления изоляции



На данном слайде представлен сравнительный график сопротивления изоляции при измерении индекса поляризации для компаундированного статора. Увеличения сопротивления изоляции достигается за счет высокой диэлектрической прочности компаунда и отсутствия воздуха в пазах статора, который имеет значительно меньшую диэлектрическую прочность, чем компаунд.

Термостойкий погружной электродвигатель



Температура пласта	- 200°C
Температура обмоток	- 240°C

Материалы, обеспечивающие термостойкость:

- РТИ – «Vitar»;
- синтетическое масло (250°C);
- колодка токоввода – «РЕЕК»;
- провод с высокотемпературной пленкой (240°C);
- пазовая изоляция (260°C);
- двухкомпонентный компаунд (260°C);
- осевой подшипник

Преимущества:

- увеличение сопротивления изоляции в 10 раз
- увеличенная жизнеспособность ПЭД при перегрузках
- повышение ресурса и надежности

Недостатки:

- более сложная технология капитального ремонта относительно лакированного ПЭД

На основе технологии компаундирования статора ПЭД и применения комплектующих с более высоким температурным индексом (в том числе с применением специальной полиимидной пленки DuPont, не теряющей своих диэлектрических свойств до 250 С, просьба не путать с обычным проводом ППиУ изготовленным с применением Дюпоновской изоляции FN , FWA макс. рабочая температура 204 С) был сконструирован и изготовлен погружной электродвигатель 117 габ с максимальной температурой обмоток 240 С и максимальной температурой охлаждающей жидкости 200 С.

Материалы, обеспечивающие теплостойкость:

- РТИ – «Viton»;
- синтетическое масло
- колодка токоввода – «РЕЕК»;(поли эфир кетон)
- провод с высокотемпературной пленкой DuPont (240°C);
- пазовая изоляция PFA (260°C);
- наполненный двухкомпонентный компаунд (260°C);
- осевой подшипник (оригинальная конструкция «Новомет»)

Преимущества:

- снижение перегрева обмоток за счет повышенной теплопроводности и теплоемкости компаунда;
- возможность использования ПЭД при более высоких температурах пластовой жидкости
- отсутствие механического износа обмотки за счет ее надежной фиксации в пазах и лобовых частях;
- Увеличенная устойчивость к перегрузкам(подклинивание насоса, прорыв газового пузыря ,засорение насоса и т.д.)
- повышение ресурса и надежности погружного двигателя

Недостатки:

- более сложная технология капитального ремонта относительно лакированного

Данный термостойкий двигатель был испытан на стенде в компании Новомет и подтвердил заявленные характеристики. Двигатель испытывался на обычном стенде приемо-сдаточных испытаний и был нагрет до указанной температуры увеличенным током при повышении на 30 % питающего напряжения. В настоящий момент изготовлена партия термостойких двигателей для эксплуатации на горячих скважинах Ставропольнефтегаза г , Нефтекумск.




В 2005 году по заказу ОАО «Сибнефть Ноябрьск нефтегаз» была проведена НИОКР на тему «Погружной электродвигатель с интенсивной системой охлаждения»

Целью этой работы было создание электродвигателя со значительно сниженным перегревом обмотки без увеличения габаритных размеров двигателя. В конструкции мы применили технологии, о которых было сказано выше, а также новое конструктивное решение позволившее снизить перегрев статора ПЭД. Подробно я не буду останавливаться на этом, так как в настоящий момент 2 опытных образца проходят промышленные испытания на месторождениях ОАО «Сибнефти». Для примера скажу, что в присутствии уважаемых представителей «Сибнефти» серийный ПЭД 63-117 был нагружен до 100 кВт без значительного увеличения перегрева.

Я хочу остановиться на стенде температурных испытаний, который был специально спроектирован и изготовлен для этих научно-исследовательских работ. Этот стенд позволяет испытывать и оценивать температурный баланс погружных электродвигателей мощностью до 160 КВт с номинальной нагрузкой и с принудительным охлаждением корпуса с заданной скоростью жидкости от 0,01 м/с до 3 м/с, что соответствует подаче насоса от 15 до 4000 м³/сутки.

Система принудительной циркуляции жидкости

- Теплоноситель – вода (2007 год замена на фторорганика 200°С)
- Регулируемая скорость потока от 0,01 м/с до 3 м/с (что соответствует подаче от 15 м³/сут до 4000 м³/сут)
- Две ветви измерения потока жидкости
25-1000 м³/сут
800-4000 м³/сут



В качестве нагрузки в стенде применяется асинхронный генератор мощностью 160 КВт, с максимальной скоростью вращения 4500 об/мин.

Асинхронный генератор



В отличие от других конструкций аналогичных стендов, мы отказались от неэффективного способа рассеивать энергию выделяемую генератором в цеху. Мы использовали систему рекуперации (возврата) энергии в сеть, которая позволяет до 90 % потребляемой мощности погружного электродвигателя отдавать в сеть.

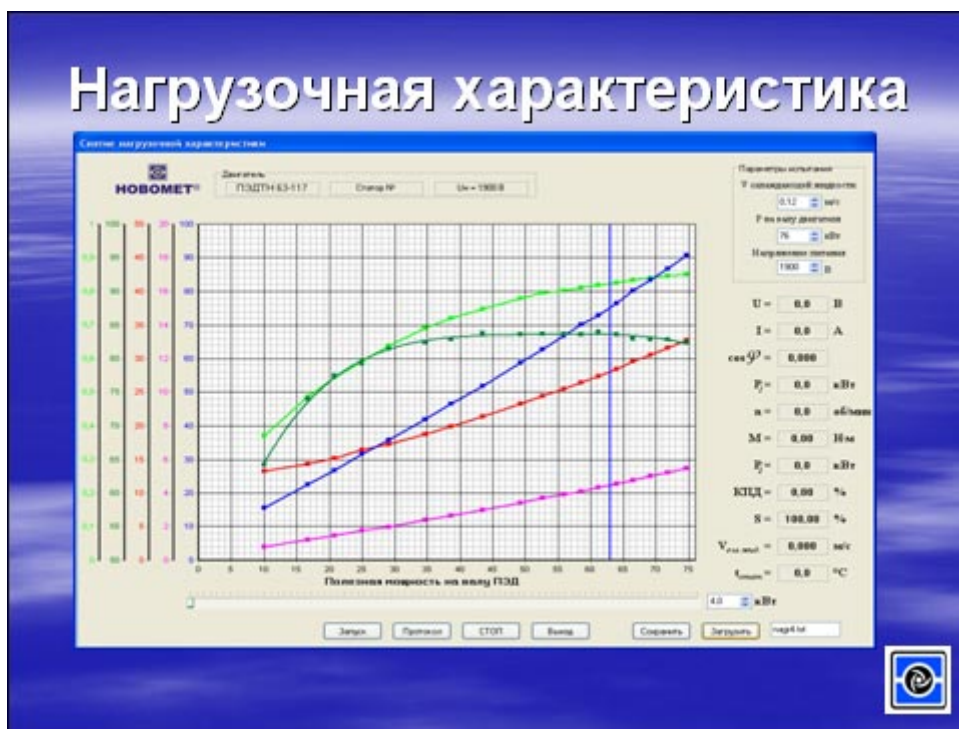


На этих слайдах показаны примеры испытания погружных двигателей:

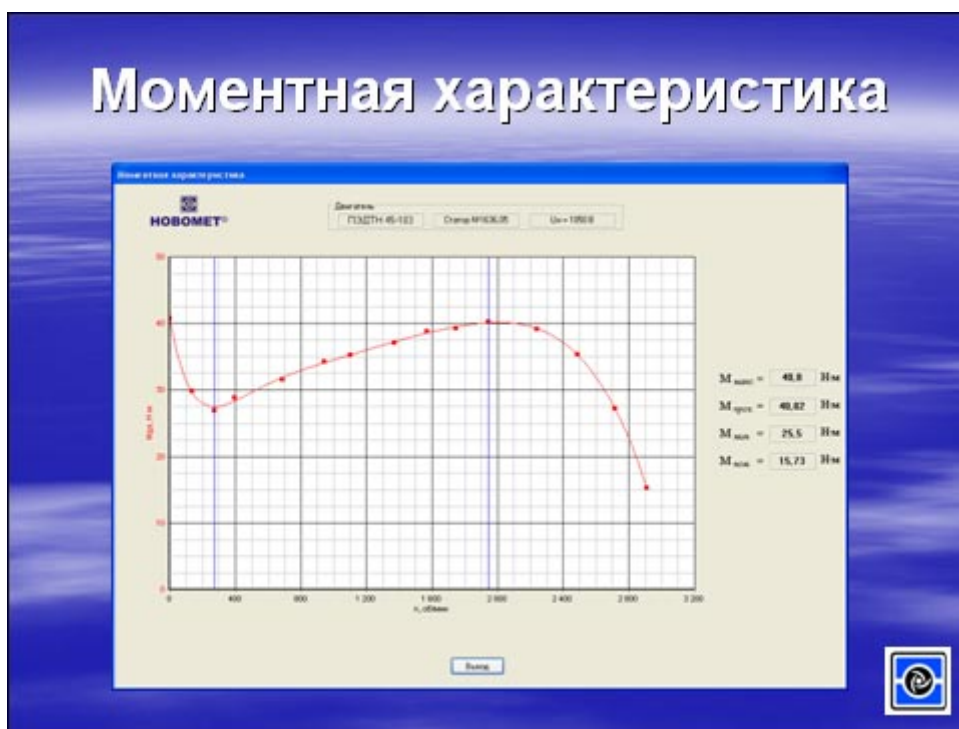
температурные испытания с определением теплового баланса двигателя



снятие нагрузочной характеристики в диапазоне от 20 до 120 % от номинальной мощности



На следующем слайде снятие моментной характеристики с определением максимального, минимального, номинального и пускового моментов



Те знания, которые мы получили с помощью данного стенда, позволило нам не делать опрометчивых шагов в сторону излишней увеличения удельной мощности двигателя на единицу длины.

Следующая тема это работы по высокооборотным двигателям.

При эксплуатации погружных электродвигателей на частотах выше 70 Гц происходит лавинное увеличение вибрации в 6-8 раз, что связано с резонансными частотами. Чтобы сделать возможным использование двигателя на этих частотах, нами были проделан ряд мероприятий.

Проектирование и производство нестандартного испытательного оборудования



- стенды испытания ПЭД
- стенды испытания гидрозащит
- стенды испытаний каб. удлинителей и кабельных линий

Первое что мы сделали - это отбалансировали пакеты ротора, совместно с производителем балансировочного оборудования.

Далее мы рассчитали с помощью компьютерных программ жесткость ротора и статора и внесли изменения в конструкцию двигателя. Испытания проводились на нашем стенде приемо-сдаточных испытаний с применением частотного преобразователя. В процесс опыта мы разогнали двигатель до 120 Гц, что соответствует 7200 об/мин. В результате уровень вибрации с 25 мм/с у серийного ПЭД 117 на 100 Гц, снизился до 4 мм/с у опытного.



Несколько слов хочется сказать о бюро нестандартного испытательного оборудования созданного при производстве электродвигателей в 2005 году. Все начиналось с проектирования и производства стенда приемо-сдаточных испытаний ПЭД . Данный стенд нашел широкое распространение в производственных и сервисных предприятиях нефтедобывающей промышленности. Среди заказчиков - такие уважаемые компании, как ООО «Борец» г. Москва, ООО «СервисЦентрЭПУ» г. Нефтеюганск, ОАО «Башнефть» г. Нефтекамск и другие.



В настоящее время нами спроектировано и серийно выпускается следующее испытательное оборудование: Стенд приемо-сдаточных испытаний ПЭД, стенд периодических испытаний ПЭД под нагрузкой, стенд испытаний гидрозащит с возможностью создания осевой нагрузки на вал гидрозащиты до 5 тонн, стенд испытания кабельных линий и кабельных удлинителей и другое технологическое оборудование необходимое при производстве и ремонте погружной центробежной установки. Мы готовы к выполнению заказов не только на производство новых стендов, но и на частичную или полную модернизацию имеющегося испытательного оборудования других производителей по индивидуальным требованиям заказчиков.

Стенд испытания погружных электродвигателей с нагрузкой



Хочу коснуться темы приемо-сдаточных испытаний погружных электродвигателей. При испытании насосов, что и логично, мы измеряем и рассчитываем кпд, мощность, напор расход, которые и отражаем в протоколе испытаний. Потребители в свою очередь сравнивают измеренные величины с паспортными. С двигателями абсолютно иная ситуация: согласно ГОСТ 30195 от 94 года в паспорте мы указываем кпд, номинальный ток, cos фи при номинальной нагрузке, а в протоколе пишем ток холостого хода, потери, время выбега и так далее. И возникает вопрос, а правильно ли мы делаем, что оцениваем качество электродвигателей по косвенным параметрам. По нашему мнению ГОСТ на погружные двигатели подлежит переработке.

В связи с этим, в нашей компании было принято решение о модернизации всех стендов приемо-сдаточных испытаний, которое позволит испытывать двигатели при номинальной нагрузке.

В конце своего сообщения я хочу отметить тот факт, что те усилия и те ресурсы, которые мы затрачиваем на научно-исследовательские работы, на совершенствование имеющихся технологий, на разработку совершенно новых конструкций, не проходят в пустую. Тенденция прослеживается четко, в 2003 году мы выпускали 70 двигателей в месяц, а в настоящий момент 450 секций и это еще не предел.

Спасибо за внимание.