



## ТЕНДЕНЦИЯ ЗАМЕНЫ ПЭД НА ВД: МИР ПОСЛЕДОВАЛ ЗА ИННОВАЦИЕЙ ЛУКОЙЛА

25 июня 2010 года состоялось девятое совещание Экспертного Совета по механизированной добыче нефти, и одной из основных его тем стало обсуждение тенденций развития и внедрения в эксплуатацию вентильных двигателей. Замена асинхронных электродвигателей на вентильные — мировая тенденция в области совершенствования регулируемых приводов различных машин и оборудования. Однако вентильные двигатели для погружных нефтяных насосов первыми в мире разработаны и внедрены в России в рамках корпоративного проекта ОАО «ЛУКОЙЛ». Интенсификация работ в этом направлении обеспечит не только снижение энергозатрат в нефтяной отрасли, но и будет способствовать тому, чтобы мировой приоритет России в области создания и внедрения новых типов приводов нефтяного оборудования в будущем не был поставлен под сомнение и вентильные приводы как «новая разработка» в скором времени традиционно не пришли к нам от западных или китайских фирм. К сожалению, такие примеры в нашей истории есть. Для дальнейшего расширения объемов производства и внедрения этой инновационной высокоэнергоэффективной техники рассматривается вопрос придания проекту «Энергоэффективные вентильные приводы в нефтяном оборудовании» отраслевого статуса и формы частно-государственного сотрудничества. Разработки ООО «РИТЭК-ИТЦ» носят универсальный характер, поэтому на их базе могут разрабатываться и создаваться вентильные приводы для оборудования различных отраслей. Положительную оценку вклада предприятий группы НК «ЛУКОЙЛ» в создание и развитие инновационных проектов в области энергосбережения дал заместитель председателя правительства России И.И.Сечин...

**В** топливно-энергетическом комплексе объектами совершенствования должны быть, в первую очередь, высокоэнергоёмкие технологические процессы, такие как добыча нефти установками погружных цент-

робежных насосов (УЭЦН). Задача снижения энергопотребления актуализируется в связи со стабильной тенденцией роста тарифов за потребляемую мощность и обводненности добываемой продукции.

### Родом из России

Принципиальная конструктивная схема установки погружного центробежного электронасоса была разработана в России 1918 году, а их использование в неф-

тедобыче началось в середине 1930-х годов в США. За прошедшие годы были достигнуты значительные успехи в области развития и применения этого вида техники добычи.

В данных установках в качестве привода насосов с самого начала их создания используется погружной асинхронный электродвигатель (ПЭД). Одним из основных параметров этих электродвигателей является КПД, который определяет не только расход электроэнергии, но и перегрев электродвигателя, приводящий к снижению его ресурса и установки в целом.

В результате проведенных за 90 лет работ по совершенствованию ПЭД их КПД достиг 83–84%. Однако за последние 15–20 лет этот показатель практически не повышался. Нельзя утверждать, что отечественные разработчики приводов УЭЦН не ставили и не решали задач повышения энергетических характеристик оборудования. Однако реальных экономических стимулов снижения энергопотребления в прошлые годы не было: «трехкопеечная» в фигуральном и фактическом плане стоимость 1 кВт\*ч не ставила это направление работ в число приоритетных.

Следует отметить, что до последнего времени вопросы снижения энергопотребления не были приоритетными не только в нефтяной отрасли, но и во многих других отраслях экономики страны, как при создании нового оборудования, так и при его эксплуатации.

Сегодня в структуре затрат на добычу нефти затраты на электроэнергию составляют от 20% до 40%, поэтому дальнейшее повышение энергетических характеристик оборудования является одним из основных резервов снижения издержек в нефтедобыче.

В последние годы в нефтяной отрасли интенсивно растут объемы использования УЭЦН с регулируемым электроприводом на базе серийных асинхронных погружных электродвигателей типа ПЭД и преобразователей частоты. Применение УЭЦН с регулируемой частотой вращения позволяет регулировать подачу насоса изменением частоты его вра-

## Вентильные электродвигатели с постоянными магнитами



щения, взамен применяющегося в большинстве случаев дросселирования («штуцирования»), при этом достигается и снижение потребляемой насосом мощности.

Однако такие приводы не обеспечивают универсального повышения эффективности преобразования энергии: КПД асинхронного ПЭД при питании от преобразователя частоты (ПЧ) даже несколько снижается, для предотвращения «искажения» напряжения на выходе из ПЧ требуется установка фильтров, что приводит к дополнительным потерям мощности.

Сегодня уже очевидно, что возможности дальнейшего повышения КПД асинхронных электродвигателей типа ПЭД практически исчерпаны. Для приводов установок погружных центробежных и винтовых насосов был необходим новый, более энергоэффективный двигатель, обладающий совокупностью характеристик, позволяющих реализовать оптимальный технологический режим отбора продукции из скважин с минимальными энер-

гозатратами и максимальным ресурсом.

Качественный скачок в направлении создания высокоэффективных приводов для различных машин и оборудования обозначен разработкой интеллек-

**В результате проведенных за 90 лет работ по совершенствованию ПЭД их КПД достиг 83–84%. Однако за последние 15–20 лет этот показатель практически не повышался**

туальных электромеханических преобразователей энергии, которые одновременно осуществляют и преобразование энергии, и управление приводом.

Эти устройства представляют собой, с одной стороны, электрическую машину, а с другой — интегрированную систему регулируемого электропривода. Создание и широкое внедрения таких двигателей стало возможным с появлением на рынке высококоэрцитивных постоянных магнитов из сплавов

редкоземельных металлов с относительно высокими удельными энергиями.

**В век энергоэффективности применение УЭЦН с регулируемой частотой вращения позволяет достичь значительного снижения потребляемой насосом мощности**

На основе таких магнитов с 1970-х годов начало интенсивно развиваться производство электродвигателей, которые в соот-

**В России такие электродвигатели называются вентильными. Их особенность заключается в том, что система управления является неотъемлемой частью процесса преобразования энергии**

ветствии с международной классификацией называются синхронными электродвигателями с постоянными магнитами (СДПМ или Permanent Magnet Synchrono-

**В 1995 году, учитывая актуальность задачи повышения эффективности эксплуатации погружных электронасосов и снижения энергозатрат в нефтедобыче, ЛУКОЙЛ самым серьезным образом отнесся к разработкам «Аэроэлектрика»**

us Motor, PMSM). В России такие электродвигатели называются вентильными (ВД) (Selfcontrolled Synchronous Motor).

**В конце 1996 года был изготовлен действующий макетный образец первого в мире погружного вентильного электродвигателя для привода УЭЦН**

Их особенность заключается в том, что система управления является неотъемлемой частью процесса преобразования энергии.

Конструктивные особенности асинхронных и вентильных электродвигателей представлены на рисунке (см. «Вентильные электродвигатели с постоянными магнитами»).

В асинхронных двигателях напряжение подается на обмотку статора, магнитное поле которого воздействует на короткозамкнутую обмотку ротора, индуцирует в ней ток, создающий свое магнитное поле. Взаимодействие этих магнитных полей обеспечивает вращение ротора двигателя.

В вентильных электродвигателях с постоянными магнитами нет расхода мощности на передачу энергии ротору и соответствующих потерь, которые есть в короткозамкнутой обмотке роторов асинхронных электродвигателей, в связи с чем их КПД выше КПД асинхронных двигателей, а значения рабочих токов и токов холостого хода — ниже.

Вращение вентильного электродвигателя обеспечивается подачей напряжения на секции (фазы) обмотки статора по специальному алгоритму от станции управления с помощью полупроводникового коммутатора, управляемого сигналами, позволяющими выявить положение ротора по отношению к статору (положение магнитной оси ротора по отношению к эквивалентной магнитной оси статора).

**Вместе с «Аэроэлектриком»**

В 1995 году, принимая во внимание актуальность задачи повышения эффективности эксплуатации погружных электронасосов и, в первую очередь, снижения энергозатрат в нефтедобыче, в ОАО «ЛУКОЙЛ» самым серьезным образом отнеслись к предложению одного из ведущих предприятий ВПК в области создания электрических приводов для аэрокосмической техники ОАО «Аэроэлектрик» (бывший МАЗ «Дзержинец») заняться разработкой принципиально новых высокоэнергоеффективных приводов нефтяного оборудования.

Несмотря на то, что перспективы предложенного к разработке нового типа приводов для нефтяного оборудования были еще далеко не ясны, ЛУКОЙЛ, учитывая высокий научный и технический потенциал ВПК, принял решение

не только финансировать разработку, но и подключить к ее реализации своих специалистов, обладающих большим опытом эксплуатации нефтяного оборудования.

В феврале 1996 года президиум НТС ОАО «ЛУКОЙЛ», заслушав информацию о разработках в области создания новых типов приводов для аэрокосмической техники, рекомендовал своим соответствующим службам рассмотреть возможность развития научно-технического сотрудничества с «Аэроэлектриком».

В конце 1996 года был изготовлен действующий макетный образец первого в мире погружного вентильного электродвигателя для привода УЭЦН (этот «музейный экспонат» сохранился и находится в рабочем состоянии). Полномасштабные опытные образцы новых типов приводов были испытаны в 1998 году в скважинах ООО «ЛУКОЙЛ — Западная Сибирь» и ОАО «РИТЭК». Испытания подтвердили возможность и целесообразность их использования в качестве приводов погружных насосов.

После августовского кризиса 1998 года работы над приводом были фактически приостановлены. Создалась реальная угроза потери достигнутых к тому времени результатов, поэтому в 2000 году ЛУКОЙЛ совместно с РИТЭК-Ком приняли решение создать в составе с РИТЭК-Ком Инновационно-технологический центр (РИТЭК-ИТЦ), пригласив в него для продолжения работ группу ведущих специалистов «Аэроэлектрика», работавших по тематике вентильных приводов для нефтяных насосных установок.

Авиационные подходы к созданию новой техники позволили специалистам РИТЭК-ИТЦ за короткий срок на базе широкого использования передовых достижений в развитии силовой, микропроцессорной электроники и программных средств управления, а также значительного развития мирового производства постоянных магнитов разработать и представить на приемочные испытания опытные образцы вентильных приводов

УЭЦН с высокими энергетическими характеристиками.

В 2001 году приемочные испытания были завершены, по результатам которых президиум НТС ОАО «ЛУКОЙЛ» поддержал решение приемочной комиссии о постановке вентилярных приводов УЭЦН на производство.

Высокая степень унификации ВД с серийными асинхронными ПЭД по конструкции, материалам и технологии изготовления позволила оперативно организовать их производство в сертифицированном по международному стандарту ISO 9001 ЗАО «ЛУКОЙЛ ЭПУ Сервис» (г.Когалым).

### Вместе с РИТЭК-ИТЦ

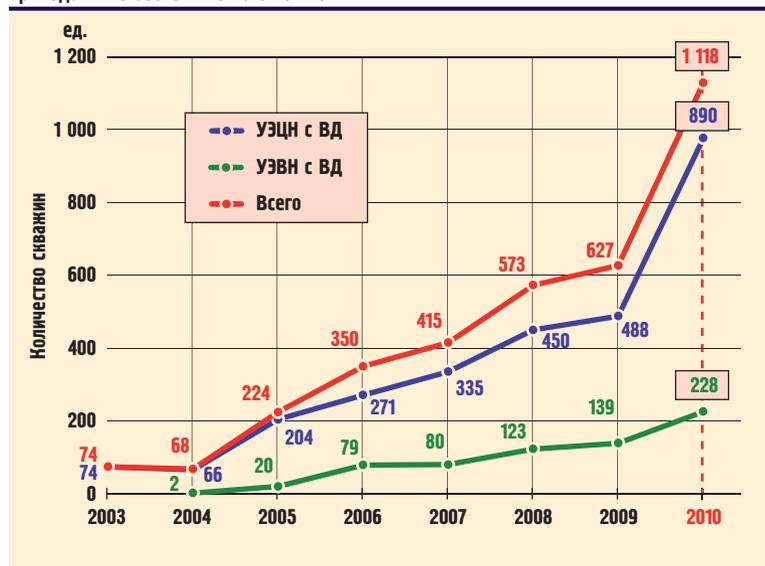
Производство станций управления по документации РИТЭК-ИТЦ было организовано на одном из предприятий электротехнической промышленности, которому поставлялись элементы, обеспечивающие их «интеллект». Такая организация производства практически не потребовала инвестиций.

С января 2003 года ИТЦ был выведен из состава ОАО «РИТЭК» и начал функционировать как юридическое лицо ООО «РИТЭК-ИТЦ» с функциями разработки, исследования, изготовления, технологического сопровождения и сервисного обслуживания вентилярных приводов УЭЦН и УЭВН.

В Москве было приобретено производственное помещение, в котором была создана и оснащена оборудованием научно-экспериментальная база с опытным производством.

Внедрение вентилярных приводов в нефтедобывающих обществах компании было начато в 2002 году. Поддержка ЛУКОЙЛа и РИТЭКа, основанная на понимании перспективности вентилярных приводов, позволила обеспечить рост объемов применения вентилярных приводов. На 01.07.10 погружные насосные установки с вентилярными приводами эксплуатируются в 1118 скважинах ЛУКОЙЛа и других нефтедобывающих компаний (см. «Динамика роста...»).

Динамика роста фонда скважин, эксплуатируемых УЭЦН и УЭВН с вентилярными приводами по состоянию на 01.07.10



Сегодня есть все основания считать, что вентилярный привод погружных насосных установок для добычи нефти, техническое задание на разработку которого было сформулировано и утверждено в 1996 году ЛУКОЙЛом, состоялся.

Вентилярный привод уже прочно вошел в перечень оборудования, которое используется нефтяниками для решения задачи повышения эффективности добычи нефти. Большой вклад в реализацию проекта внесли дочерние нефтедобывающие общества, компании и, в первую очередь, «ЛУКОЙЛ — Западная Сибирь», где сосредоточен основной фонд скважин, эксплуатируемых УЭЦН с ВД; «ЛУКОЙЛ-Пермь», специалисты которого в 2004 году первыми провели подробный технико-экономический анализ энергоэффективности вентилярных приводов; «ЛУКОЙЛ-Коми», где активно внедряются низкооборотные вентилярные приводы УЭВН.

Особо следует отметить позицию РИТЭКа и его нефтедобывающих предприятий, которые последовательно реализуют решение о замене всех традиционных погружных асинхронных электродвигателей на вентилярные. На 01.07.10 более половины фонда скважин РИТЭКа эксплуатируются УЭЦН с вентилярными приводами.

**После августовского кризиса 1998 года работы над приводом были фактически приостановлены. Создалась реальная угроза потери достигнутых к тому времени результатов...**

### Оценка эффективности

В 2009 году в соответствии с решением президиума НТС ОАО «ЛУКОЙЛ» на четырех основных нефтедобывающих предприятиях компании была проведена оценка эффективности замены асин-

**Поддержка ЛУКОЙЛа и РИТЭКа, основанная на понимании перспективности вентилярных приводов, позволила обеспечить рост объемов их применения**

хронных электродвигателей на вентилярные по двум основным показателям, определяющим экономикой нефтедобычи: энергопотребление и наработки на отказ.

**Особо следует отметить позицию РИТЭКа, который последовательно реализует решение о замене всех традиционных погружных асинхронных электродвигателей на вентилярные**



Участок ООО «РИТЭК-ИТЦ»  
по производству вентильных электродвигателей

**В результате замены в УЭЦН асинхронных электродвигателей на вентильные снижение энергопотребления в нефтяной отрасли России в текущем году минимально могло бы составить 5,6 млрд кВт\*ч на сумму 11,7 млрд рублей**

Оценка показателя снижения энергопотребления проводилась путем инструментальных замеров энергопотребления в одних

**Сейчас перед нами стоит задача эффективно воспользоваться преимуществами корпоративной инновации и обеспечить поддержание высокого уровня разработанной и выпускаемой продукции**

и тех же скважинах до и после замены в УЭЦН и УЭВН серийных асинхронных электродвига-

**Замена по ЛУКОЙЛу позволила не только повысить энергоэффективность, но и обеспечить рост наработок на отказ на 20–40%, при этом 25–30% установок имеют наработки от 600 до 2000 суток**

телей на вентильные. В зависимости от эксплуатационных параметров скважин и применяе-

мой технологии снижение энергопотребления составило от 15% до 45%.

Даже если принять показатель снижения энергопотребления по нижнему значению в 15%, то в результате замены в УЭЦН асинхронных электродвигателей на вентильные снижение энергопотребления в нефтяной отрасли России в текущем году могло бы составить 5,6 млрд кВт\*ч на сумму 11,7 млрд рублей.

Замена в установках асинхронных электродвигателей на вентильные позволила не только повысить их энергоэффективность, но и обеспечить рост наработок на отказ. Средние наработки на отказ возросли на 20–40%, при этом 25–30% установок имеют наработки от 600 до 2000 суток.

В целях комплексной оценки эффективности вентильных приводов по параметрам энергосбережения, ресурса и оптимизации отбора продукции скважин на одном из своих нефтедобывающих предприятиях ЛУКОЙЛ реализует пилотный проект «Энергосбережение за счет замены в УЭЦН асинхронных электродвигателей на вентильные», которым предусмотрено до 2012 года перевести на эксплуатацию УЭЦН с ВД еще 650 скважин.

Интенсивно растет фонд скважин, эксплуатируемых установка-

ми погружных винтовых насосов с приводом на основе не имеющих мировых аналогов безредукторных низкооборотных высокомоментных вентильных электродвигателей, разработанных РИТЭК-ИТЦ.

В настоящее время на месторождениях «ЛУКОЙЛ-Коми» с УЭВН с такими приводами работают в 228 скважинах. Внедрение низкооборотных вентильных электродвигателей позволило не только поднять наработки установок и ввести в эксплуатацию ряд скважин, которые ранее не эксплуатировались из-за высокой вязкости откачиваемой продукции, но и значительно снизить энергозатраты на добычу.

### **Не упустить преимущества**

Такой привод чрезвычайно востребован на мировом рынке. Заинтересованность в его использовании проявили нефтяные компании Канады, Венесуэлы и Бразилии. В конце 2009 года десять низкооборотных вентильных электродвигателей для привода винтовых насосов поставлены в Канаду.

Правильность выбора направления в области совершенствования приводов погружных электронасосов подтверждается тем, что разработкой таких приводов начали заниматься ряд зарубежных фирм, на реализацию поставленной задачи им выделяются большие средства. Однако для успешной разработки важны не только денежные средства и профессиональные знания, но и опыт, который приобретается в процессе эксплуатации изделий.

В наличии такого опыта у нас безусловные преимущества перед любыми новыми разработчиками. Им еще предстоит пройти путь, который мы прошли за 15 лет работы в области создания и эксплуатации вентильных приводов для УЭЦН и УЭВН. И сейчас перед нами стоит задача эффективно воспользоваться этими преимуществами и обеспечить поддержание высокого уровня разработанной и выпускаемой нами продукции. 

# 15

**Anniversary**  
Turkmenistan International  
Oil & Gas Conference

**Юбилейная**  
Международная Конференция  
«Нефть и Газ Туркменистана»



**17 - 19 November 2010, Ashgabat, Turkmenistan**  
**17 - 19 ноября 2010, Ашхабад, Туркменистан**

**For information please contact us on the following details:**  
**За информацией обращайтесь:**

In London / в Лондоне:  
Tel: +44 (0) 207 328 88 99  
Fax: +44 (0) 207 624 90 30  
E-mail: [mm@summittradeevents.com](mailto:mm@summittradeevents.com)

In Ashgabat / в Ашхабаде:  
Tel: +993 12 264000  
Tel: +993 66 141771  
E-mail: [akiniri@rambler.ru](mailto:akiniri@rambler.ru)

In Moscow / в Москве:  
Tel: +7 (495) 935 73 50  
Fax: +7 (495) 935 73 51  
E-mail: [ballan@ite-expo.ru](mailto:ballan@ite-expo.ru)

[www.oilgasturkmenistan.com](http://www.oilgasturkmenistan.com)

**Organised by:**  
**Организатор:**



Ministry of Oil and Gas  
Industry and Mineral Resources  
of Turkmenistan

Министерство нефтегазовой  
промышленности и минеральных  
ресурсов Туркменистана