



**РЕБЕНКОВ Сергей Викторович**  
Ведущий инженер ООО «РИТЭК-ИТЦ»

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЕНТИЛЬНЫХ ПРИВОДОВ УЭЦН И УЭВН

В 2010 году проекту разработки вентильных двигателей (ВД) для УЭЦН исполняется 15 лет. Полтора десятка лет назад перспективы приводов данного типа были еще далеко не ясны, но мы исходили из понимания причин недостатков погружных асинхронных двигателей и природы преимуществ вентильных электродвигателей, которые к тому времени уже применялись в различных машинах. Это понимание позволяло рассчитывать на успех нашего проекта. Сегодня актуализация задачи энергосбережения как в связи с ростом тарифов, так и по причине роста обводненности существующего фонда скважин обеспечила установкам с вентильными двигателями достойное место в ряду самых эффективных современных технических решений для механизированной добычи нефти. Справедливость этого утверждения подтверждается результатами эксплуатации.

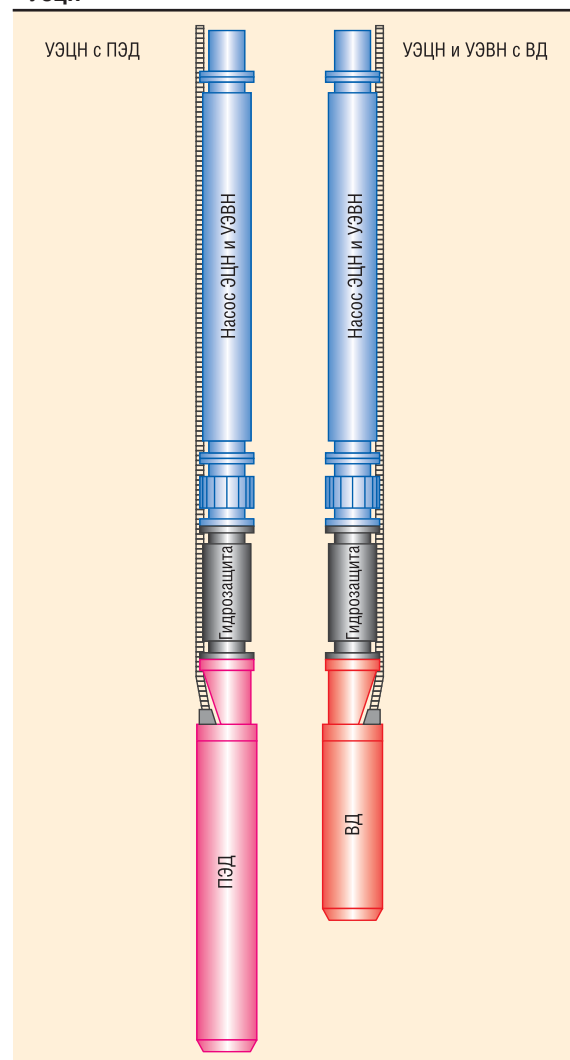
Основных недостатков у асинхронных ПЭД два. Первый — это относительно невысокие КПД (83,5-84,5%) и большие значения рабочих и пусковых токов ( $I_{\text{пуска}} > 5 I_{\text{н}}$ ), что оборачивается повышенным расходом электроэнергии, перегревом двигателя и соответствующим снижением ресурса установки. Второй состоит в недостаточном диапазоне регулирования частоты вращения вала с сохранением стабильного момента, что не позволяет использовать асинхронные ПЭД в качестве привода для установок винтовых насосов (УЭВН) с диапазоном регулирования частоты вращения до 700 об/мин.

В обоих отношениях вентильные приводы обладают рядом преимуществ.

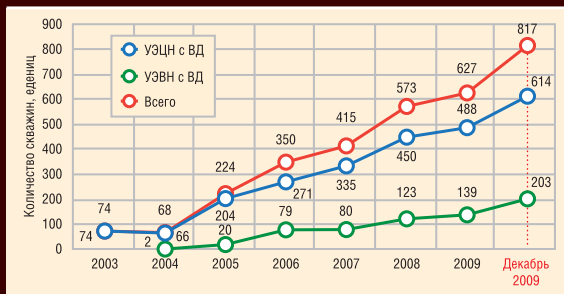
Снижение энергозатрат объясняется более высокими значениями КПД (91-92%), меньшими значениями рабочих токов, регулированием частоты вращения и применением специальных технологий. Повышение ресурса установки, в свою очередь, происходит за счет более низких перегревов и рабочих токов двигателя, а также за счет перехода от регулирования подачи насоса штуцерованием к изменению частоты вращения вала.

И, наконец, оптимизация отбора продукции достигается за счет регулирования частоты вращения вала, возможности работы УЭЦН в циклическом режиме и возможности работы с низкой частотой вращения при стабильном высоком моменте, что позволяет экономить электроэнергию и повысить ресурс УЭВН.

## УЭЦН



### Динамика роста количества скважин, эксплуатируемых УЭЦН и УЭВН с вентильным приводом конструкции ООО «РИТЭК-ИТЦ»



### Расчетные показатели энергозатрат на добычу нефти УЭЦН в России

	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Прогнозный показатель добычи нефти УЭЦН, всего, млн. т.	426	441	456
Удельный расход электроэнергии на добычу нефти, кВт·ч/т	87,0	88,9	90,9
Прогноз увеличения тарифа за электроэнергию, руб./кВт·ч	2,09	2,46	2,85
Расход электроэнергии на добычу нефти, млрд кВт·ч	37,1	39,2	41,5
Затраты на электроэнергию, млрд руб.	77,5	96,4	118,3

### АКТУАЛЬНОСТЬ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Так или иначе, основным показателем, который определил целесообразность замены в установках центробежных насосов асинхронных ПЭД на ВД, стал более высокий КПД последних. Высокий КПД — это не только снижение энергопотребления, но и повышение ресурса всей установки в целом, так как он существенно улучшает режим работы не только самого двигателя, но и других узлов скважинного оборудования.

Пятнадцать лет назад относительно низкая стоимость киловатт-часа не стимулировала кардинальных решений в области энергосбережения. Ситуация изменилась, когда обозначился устойчивый рост тарифов на электроэнергию. И в первую очередь негативные последствия этой тенденции почувствовали нефтяники (см. «Расчетные показатели энергозатрат на добычу нефти УЭЦН в России»). Как мы видим, к 2012 году затраты на электроэнергию при добыче нефти УЭЦНами вырастет практически в два раза относительно текущего уровня.

Вместе с тем актуализация проблемы энергосбережения связана не только с ростом тарифов, но и с ростом обводненности продукции скважин. Например, при уровне обводненности в 80-90% увеличение этого показателя на 1% приводит к увеличению энергопотребления на 5-10%.

### НОВЫЙ ТИП ПОГРУЖНОГО ДВИГАТЕЛЯ

В результате проведенной нашей компанией работы был создан совершенно новый тип двигателей для УЭЦН, который сегодня по праву занимает место в ряду высокоэффективного нефтяного оборудования. На начало 2010 года в эксплуатации с ВД нашей конструкции находилось более 900 скважин, из числа которых 203 скважины оборудованы УЭВН (см. «Динамика роста количества скважин, эксплуатируемых УЭЦН и УЭВН с вентильным приводом конструкции ООО «РИТЭК-ИТЦ»).

Самых больших наработок наших ВД к настоящему моменту удалось достичь в ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь». На данный момент текущая максимальная наработка составляет порядка 2 тыс. суток и продолжает расти

(см. «Текущая наработка УЭЦН и УЭВН с вентильным приводом в ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь»). В «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» к январю приводы отработали более 1,5 тыс. суток, в «ЛУКОЙЛ-Коми», где ВД используются в основном для винтовых насосов — порядка 1 тыс. суток (см. «Текущая наработка УЭЦН и УЭВН с вентильным приводом в ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» и «Текущая наработка УЭЦН и УЭВН с вентильным приводом в ООО «ЛУКОЙЛ-Коми»).

Такая динамика роста объемов использования вентильных приводов свидетельствует о том, что заявленные нами технологические ресурсные и энергетические преимущества по фактическим результа-

### Текущая наработка УЭЦН и УЭВН с вентильным приводом в ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь»

Месторождение	№ скв.	Кол-во отработ. суток
Сибирское	506	1926
Павловское	139	1720
Шагиртско-Гожанское	728	1691
Шершневецкое	417	1656
Павловское	99	1617
Москудьинское	140	1545
Сибирское	314	1514
Уньвинское	278	1507
Сибирское	606	1502
Мало-Усинское	125	1430
Москудьинское	365	1426
Шумовское	509	1419
Судановское	613	1386
Куединское	760	1319
Казаковское	303	1294
Быркинское	491	1292
Быркинское	447	1291
Софьинское	70	1277
.....	.....	.....
Казаковское	314	908

**Текущая наработка УЭЦН и УЭВН с вентильным приводом в ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь»**

Месторождение	№ скв.	Кол-во отработ. суток
Покачевское	9075	1567
Даниловка	2393	1556
Ватьеганское	1249	1530
Повховское	11Р	1436
Даниловка	2013	1412
Ватьеганское	2838	1408
Ватьеганское	8279	1399
Теревское	7020	1273
Юж.-Урьевское	2301	1207
Ватьеганское	2725	1207
Сев.-Урьевское	531	1203
Ватьеганское	3170	1192
Повховское	3249	1165
Даниловка	2275	1160
Повховское	6368	1156
Красноленинск	32520	1127
Ватьеганское	531	1122
Сев.-Урьевское	5256	1110
.....	.....	.....
Ватьеганское	4201	746

**Текущая наработка УЭЦН и УЭВН с вентильным приводом в ООО «ЛУКОЙЛ-Коми»**

Месторождение	№ скв.	Кол-во отработ. суток
Усинское	1596	1320
Усинское	3058	1275
Усинское	8106	1257
Усинское	41	1250
Усинское	3307	1156
Усинское	1304	1111
Усинское	8108	1083
Усинское	2931	1073
Усинское	3057	1065
Усинское	8307	928
Усинское	360	924
Усинское	8123	909
Усинское	1089	890
Усинское	8109	889
Усинское	6208	870
Усинское	8363	870
Усинское	7087	761
Усинское	1011	710
.....	...	.....
Усинское	2755	397

**Результаты замеров снижения энергопотребления при замене в УЭЦН и УЭВН ПЭД на вентильные ВД**

Нефтегазодобывающее предприятие	Снижение энергопотребления, %
ООО «ЛУКОЙЛ — Западная Сибирь»	10–25
ОАО «РИТЭК»	15
ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь»	24–34
ООО «ЛУКОЙЛ-Коми»	45–60
ОАО «Татнефть»	45–48
ОАО «ТНК-Нягань»	50–63

там эксплуатации были подтверждены всеми нефтедобывающими предприятиями, в которых ведется их интенсивное внедрение.

**СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ**

Первыми в НК «ЛУКОЙЛ» фактические замеры снижения энергопотребления провели специалисты пермского добывающего предприятия в 2004 году. Замеры подтвердили снижение энергопотребления на 25%. Снижение энергопотребления подтверждалось замерами и в других нефтедобывающих предприятиях.

Однако внедрение сравнительно небольших объемов вентильных двигателей накладывалось на отсутствие учета энергопотребления по каждой скважине и единой методики проведения работ по определению энергоэффективности ВД. До сих пор отсутствие количественных оценок по утвержденным методикам делает невозможным использование отдельных замеров в экономических расчетах.

До последнего времени основным направлением работ по снижению потребления электроэнергии в нефтяной отрасли были организационно-технические мероприятия. Широкое внедрение вентильного привода — одно из немногих энергосберегающих мероприятий чисто технического характера. Между тем, для включения использования вентильных приводов в программу энергосбережения требуется количественная оценка экономии электроэнергии от их внедрения и технико-экономическое обоснование.

**ПРОМЫСЛОВЫЕ ДАННЫЕ**

В прошлом году в компании «ЛУКОЙЛ» проводились замеры энергопотребления в одних и тех же скважинах, при одних и тех же условиях эксплуатации, с заменой привода (см. «Результаты замеров снижения энергопотребления при замене в УЭЦН и УЭВН ПЭД на вентильные ВД»). Производились замеры и на Восточно-Перевальном месторождении компании «РИТЭК».

По результатам замеров, 15-процентное снижение энергопотребления оказалось минимальной цифрой.

## Показатели, определяющие снижение энергопотребления при замене в УЭЦН ПЭД на ВД

Факторы, обеспечивающие снижение энергопотребления	%	Показатели, определяющие энергопотребление	%
Энергетические показатели ПЭД и ВД	8-10	Разница в КПД двигателей	5-6
		Разница в значениях рабочих токов, определяющих потери в кабельной линии	3-4
Регулирование подачи насоса изменением частоты вращения взамен штуцирования	20-25	Снижение потребляемой насосом мощности при регулировании частоты вращения*	12-15
		Энергетические показатели ПЭД и ВД	8-10
Метод циклических отборов	38-55	Более высокие КПД ЭЦН с большими подачами	30-45
		Энергетические показатели ПЭД и ВД	8-10

\* при фактической частоте вращения насоса 2750 об/мин.

Следует отметить в этой связи, что диапазон полученных величин объясняется не только значениями энергетических показателей асинхронных и вентильных двигателей, но и технологическими параметрами эксплуатации. В первую очередь, это использование регулирования частоты вращения при приведении в соответствие режимов работы системы «насос-пласт» (см. «Показатели, определяющие снижение энергопотребления при замене в УЭЦН ПЭД на ВД»).

## РЕГУЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ВАЛА

Возможность регулирования частоты вращения вала ВД позволяет компенсировать неточности подбора оборудования, которые имеют место даже при использовании самых современных и технологических программ подбора (см. «Фактические частоты вращения УЭЦН с ВД в скважинах ОАО «ЛУКОЙЛ»). Средневзвешенная частота составляет 2750 об./мин.

В связи с тем, что преимущества такой настройки работы УЭЦН сегодня абсолютно очевидны, регулирование частоты вращения вала переходит из категории опций станции управления в стандартную комплектацию установки центробежных насосов. При этом регулирование частоты вращения ЭЦН с ВД обладает существенным преимуществом перед регулированием асинхронного двигателя преобразователем частоты (ПЧ). Разница составляет 8-10%.

При использовании ПЧ без фильтра снижается КПД асинхронного двигателя, а при установке фильтра снижается КПД уже самой станции управления — примерно на 3%. При этом полная комплектация такими системами УЭЦН с асинхронными ПЭД существенно приближает их стоимость к стоимости установок с ВД, в случае использования которых нет необходимости ставить фильтры напряжения на вход.

## РЕЖИМ ЦИКЛИЧЕСКОГО ОТБОРА

Использование ВД в установках, работающих в режиме циклических отборов, представляет собой отдельное преимущество.

## ВЫДЕРЖКИ ИЗ ОБСУЖДЕНИЯ

**Вопрос:** Чем объясняется отсутствие зарубежной продукции в этом сегменте? Мы что, настолько удачно скрываем информацию?

**Сергей Ребенков:** Нет, почему же?! К сожалению, уже не очень удачно. Уже, в принципе, работа идет.

**Вопрос:** В чем различия между системами управления ВД разных производителей?

**С.Р.:** Насчет систем конкурентов я ничего не могу сказать. Наш принцип управления заключается в том, что ПЧ питает обмотку статоров по определенному алгоритму, и в каждый момент времени по двум фазам мы питаем двигатель, а по одной фазе мы отслеживаем положение ротора. И мы управляем двигателем таким образом, что поле статора по отношению к полю ротора перемещается с опережением в 90°. Ротор в этом смысле сродни пружинке, подвешенной в магнитном поле, что позволяет ему быстро реагировать на изменение момента, на изменение нагрузки во всем диапазоне.

**Вопрос:** Подтверждается ли на практике заявляемый высокий cos φ вентильных двигателей?

**С.Р.:** На самом деле в данном случае правильнее говорить не о двигателе, а об установке в целом. Если напрямую подсоединить ВД к станции управления, то cos φ будет равен примерно единице, поскольку ВД не потребляет активную мощность в силу его частоты. Но у кабельной линии есть своя емкость, и поэтому cos φ всей установки немного ниже.

**Вопрос:** Насколько ограничена сфера применения ваших ВД? Вы не собираетесь расширять линейку выше 45 кВт?

**С.Р.:** Уже есть ВД на 64 кВт. Были опытные образцы на 125 кВт.

**Вопрос:** Что можете сказать о температурных показателях?

**С.Р.:** Мы проводили испытания на собственном стенде. Перегрев внутренних частей ВД относительно корпуса составил не более 20°C. Это при максимальных номинальных нагрузках и даже выше. Испытывали при 150°C.

**Вопрос:** Вы не рассматривали возможность применения ВД в системах ППД и внутрипромысловой перекачки жидкостей?

**С.Р.:** Мы думали об этом, просто ресурсов пока за все братья не хватает. Для завода в Тольятти мы делали установки на 6 тыс. об./мин. Успешно работает до сих пор.

**Владимир Ивановский:** Я хотел бы добавить несколько слов. Во-первых, по тому, какие были условия эксплуатации по республике Коми по вентильным двигателям для винтовых насосных установок. Очень высокая вязкость, напор от 1000 до 1400 м, иногда несколько меньше. Частоты вращения с ВД от 350 до 500 об/мин. Мехпримесей там достаточно, но из-за того, что высокой вязкости нефть, эти мехпримеси не так сильно воздействуют, поскольку нефть является еще и смазывающим элементом.

Проблема есть там с температурой, потому что на некоторых месторождениях используется термовоздействие на пласт, и, соответственно, температуры могут быть довольно высокие. С другой стороны там, где нет термовоздействия на пласт, температуры anomalно низкие. Это малодобитные скважины с добычей от 8 до 30 м<sup>3</sup>/сутки при температуре пласта 20-25°C.

На месторождениях «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» условия немножко получше: более сцементированные пласты, меньше механических примесей. Но тем не менее проблемы везде есть. И там есть часто ремонтируемый фонд, на котором в основном и используются установки с ВД.

Фактические частоты вращения УЭЦН с ВД в скважинах ОАО «ЛУКОЙЛ»

Показатель	Частота вращения (n), об/мин.													
	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000	3100	3200	3300	3400	3500
Количество скв, %	1,6	3,0	3,8	12,6	7,2	9,2	35,0	14,0	7,6	2,4	1,6	1,2	0,6	0,2
Средневзвешенная частота вращения, об/мин.	2750													

Многочисленные запуски асинхронных ПЭД сопровождаются токовыми бросками, которые приводят к существенному снижению ресурса не только самого двигателя, но и кабеля и всех стыковочных узлов. Ухудшается тепловой режим работы двигателя, так как отбор продукции производится не из пласта, а с динамического уровня. При этом двигатель практически не охлаждается, что также снижает ресурс изоляции и т.д.

При методе циклических отборов с использованием ВД пусковые токи не превышают номинальных значений, а меньший собственный перегрев обмотки ВД позволяет ему длительное время работать без охлаждения потом жидкости, без снижения ресурса

изоляция. Кроме того, возможности регулирования частоты вращения позволяют выбирать оптимальный темп отбора продукции. Такую технологию с использованием наших вентильных приводов одно из работающих на месторождениях «ТНК-ВР» сервисных предприятий использует более чем на 50 скважинах.

По подтвержденным заказчиками сведениям, эта технология позволила снизить энергопотребление на добычу нефти более, чем в два раза при одновременном росте наработок и уровня добычи.

Нефтяники получили новый вид оборудования, который позволяет решать многие технологические задачи при одновременном снижении энергопотребления. ✎

# ТОПЛИВО И ЭНЕРГЕТИКА РОССИИ

## Выпуск 10

### СОДЕРЖАНИЕ:

- Органы государственной власти
- Ассоциации, союзы и общественные организации
- Атомная отрасль
- Нефтегазовая промышленность
- Угольная промышленность
- Электроэнергетика
- Строительные и сервисные компании
- Наука, проектирование, сертификация и образование
- Отраслевые СМИ, выставки и Интернет

**960** страниц  
**5513** компаний  
**20340** топ-менеджеров  
**128** схем корпоративного управления  
**34411** адресов, телефонов, факсов, e-mail, web-сайтов



Заполните купон и отправьте его по факсу + (499) 270-55-25

Прошу выставить счет: «ТОПЛИВО И ЭНЕРГЕТИКА РОССИИ»

VIP-формат (145 x 210 мм) ~~5900~~ <sup>5310</sup> руб. x \_\_\_\_\_ экз., итого \_\_\_\_\_ рублей

ПОКУПАТЕЛЬ:														ЭС	
АДРЕС (юр.):															
ИНН:											КПП:				
ФИО:															
ДОЛЖНОСТЬ:											ТЕЛ:				
ФАКС:						E-MAIL:									
АДРЕС ДЛЯ ДОСТАВКИ:														ОБЩАЯ СТОИМОСТЬ ЗАКАЗА:	
КАРТОНКУ ЗАПОЛНИЛ:														руб.	<b>ИЗДАНИЯ МАКСИМОВА</b>
														<a href="http://WWW.MAXIMOV.COM">WWW.MAXIMOV.COM</a>	

18-я КАЗАХСТАНСКАЯ  
МЕЖДУНАРОДНАЯ  
ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ

# НЕФТЬ И ГАЗ

18th KAZAKHSTAN  
INTERNATIONAL

# OIL & GAS

EXHIBITION & CONFERENCE

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА / OFFICIAL SUPPORT



**КазМунайГаз**  
NATIONAL COMPANY - ҰЛТТЫҚ КОМПАНИЯСЫ



Министерство энергетики  
и минеральных ресурсов  
Республики Казахстан

Ministry of Energy and  
Mineral Resources of the  
Republic of Kazakhstan

[www.kioge.ru](http://www.kioge.ru) • [www.kioge.com](http://www.kioge.com)

ufi  
Approved  
Event



# KIÖGE

6-9

ОКТЯБРЯ / OCTOBER  
2010



КАЗАХСТАН  
АЛМАТЫ

ALMATY  
KAZAKHSTAN

ОРГАНИЗАТОРЫ / ORGANISERS



ITE LLC Moscow

Тел.: +7 (495) 935 7350, 788 5585

Факс: +7 (495) 935 7351

[oil-gas@ite-expo.ru](mailto:oil-gas@ite-expo.ru)

ITE Group Plc

Тел.: +44 (0) 207 596 5000

Факс: +44 (0) 207 596 5111

[oilgas@ite-exhibitions.com](mailto:oilgas@ite-exhibitions.com)