

КАРПЮК Андрей Владимирович

Заместитель главного конструктора АО «Нововет-Пермь»

**В** качестве одного из перспективных направлений своей деятельности АО «Нововет-Пермь» развивает производство энергоэффективных высокооборотных УЭЦН с вентильным электродвигателем серии ПВЭДН, отличающихся от серийных установок более высоким КПД, улучшенными напорными характеристиками и меньшими габаритами.

Проведенные сравнительные испытания серийной и энергоэффективной установок с вентильным двигателем подтвердили, что удельное энергопотребление нового оборудования на добычу нефти на 24% ниже, чем у аналогичных стандартных УЭЦН.

Запланированное на 2017 год начало серийного производства дополнительной линейки вентильных двигателей с повышенным напряжением позволит полностью реализовать потенциал по снижению энергопотребления УЭЦН и обеспечит снижение удельных энергозатрат нефтедобывающих компаний-заказчиков.

Повышение энергоэффективности добычи нефти остается одной из наиболее актуальных задач не только в России, но и в мире. Согласно статистике, доля затрат на электроэнергию в структуре себестоимости добычи нефти увеличивается в среднем на 3-4% в год. При этом более 50% расходов на электроэнергию приходится на подъем скважинной жидкости механизированным способом (рис. 1, 2). Только в России энергопотребление в сегменте механизированной добычи нефти составляет не менее 28,3 млрд кВт·ч в год.

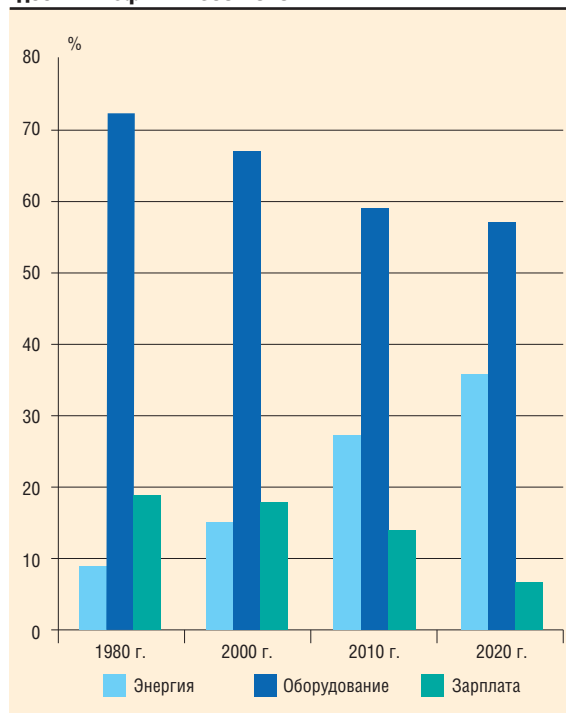
Для решения проблемы высокого энергопотребления инженеры АО «Нововет-Пермь» разработали линейку энергоэффективных УЭЦН с максимальным КПД до 79% при номинальной подаче до 3000 м<sup>3</sup>/сут, применение которых позволяет сократить затраты на

электроэнергию и эксплуатацию скважин. Предлагаемая линейка оборудования включает УЭЦН с высокооборотными (до 5820 об/мин) погружными вентильными электродвигателями. От серийно выпускаемых моделей данные установки отличаются меньшими габаритами, более высоким КПД и повышенными напорными характеристиками (рис. 3, табл. 1). Задача повышения КПД и напорных характеристик новых УЭЦН была решена путем увеличения частоты вращения установки. Данное техническое решение позволило на 60% уменьшить длину и на 24% сократить энергопотребление УЭЦН.

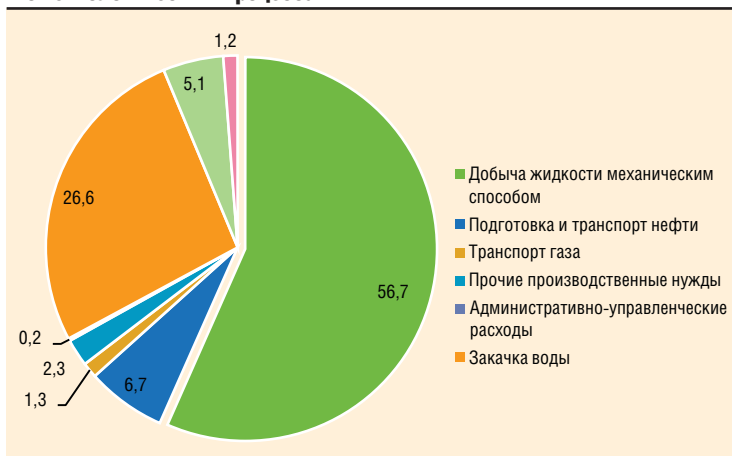
В качестве привода в энергоэффективных УЭЦН используется серийно производимый погружной вентильный электродвигатель серии ПВЭДН в габаритных группах 81, 103, 117, 130 и 185 мм. Трехфазный маслонаполненный электродвигатель представлен в двух вариантах исполнения: односекционным и двухсекционным. В конструкции электродвигателя применяется ротор на базе четырехполюсного магнита, изготовленного из высокотемпературных магнитотвердых спеченных материалов (рис. 4, табл. 2).

Вентильные электродвигатели обладают рядом технических и эксплуатационных преимуществ по сравнению с асинхронными двигателями (табл. 3).

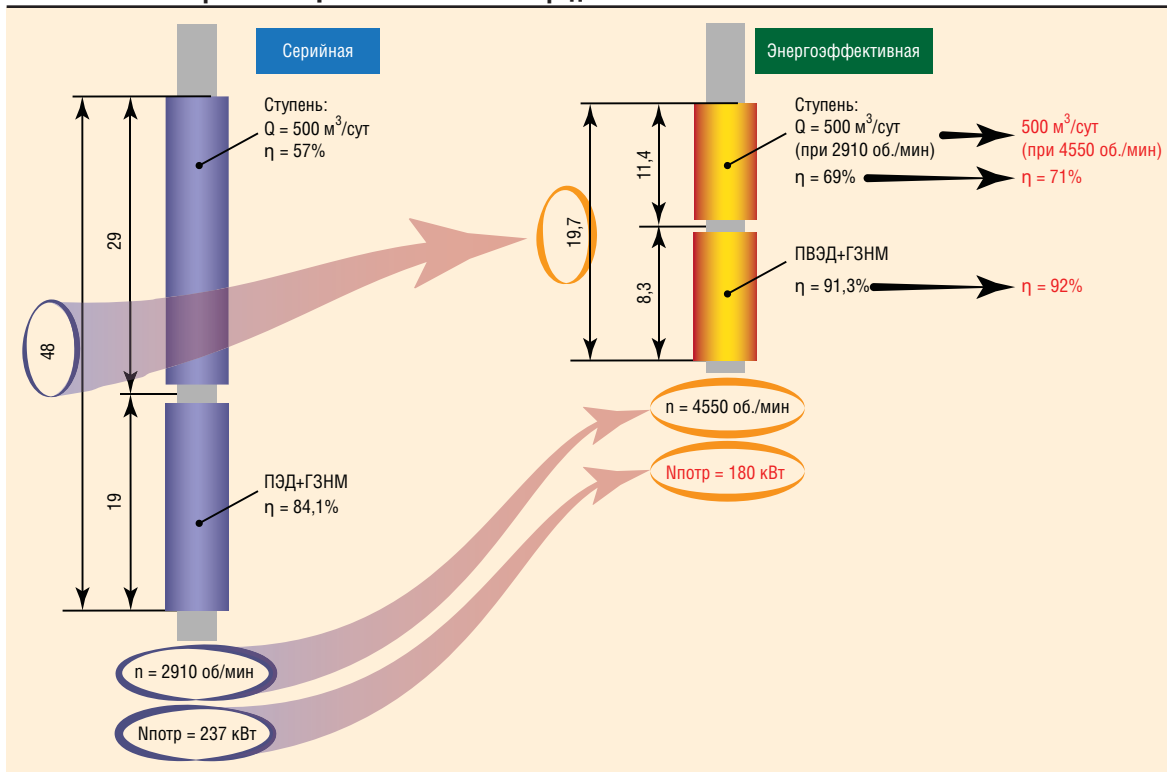
**Рис. 2. Распределение затрат в себестоимости добычи нефти в 1980-2020 гг.**



**Рис. 1. Структура энергопотребления в нефтедобыче по технологическим процессам**



**Рис. 3. Высокооборотные УЗЦН с вентильным электродвигателем**



Прежде всего, это увеличенные КПД (88-94%) и электромагнитный момент, более высокий коэффициент мощности (практически равен 1), пониженное удельное тепловыделение на единицу мощности и низкое энергопотребление.

Возможность регулирования частоты вращения и контроля параметров позволяет значительно снизить массу и габариты электродвигателей, увеличить срок службы и межремонтный период работы (МРП) оборудования. Регулируемые диапазоны частот враще-

**Рис. 4. Сравнение габаритов вентильных и асинхронных электродвигателей производства АО «Новомет-Пермь»**

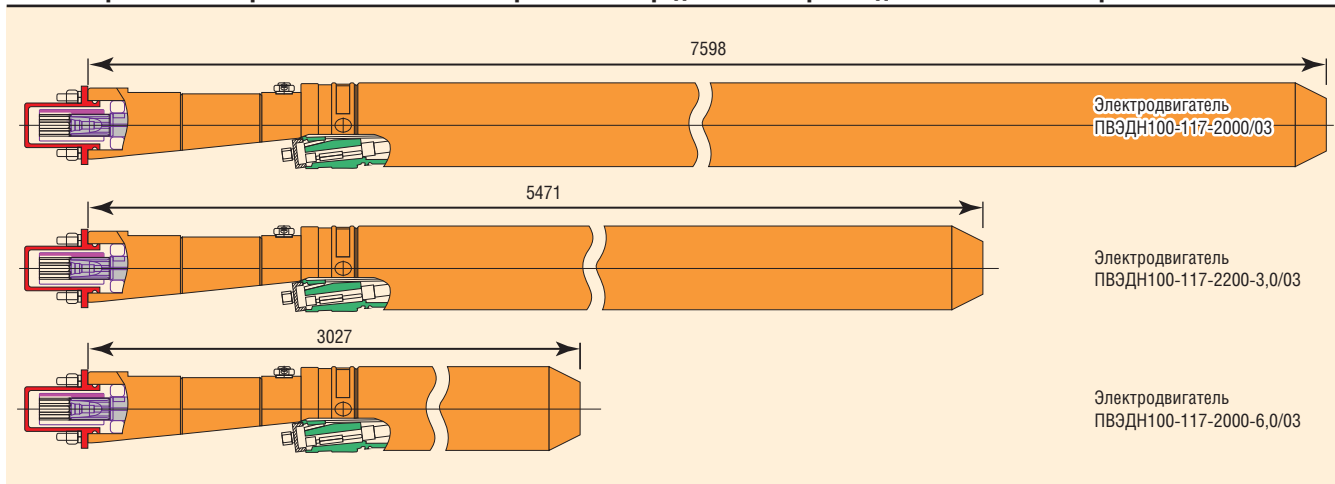


Таблица 1

Линейка типоразмеров энергоэффективных насосов производства АО «Нововет-Пермь»			
Габарит	Подача, м³/сут	Частота вращения, об./мин	КПД насоса, %
2А	от 20 до 200	до 5820	от 44 до 57
3	от 25 до 500	до 5820	от 40 до 70
5	от 10 до 600	до 5820	от 43 до 67
5А	от 100 до 800	до 5820	от 69 до 73
7А	от 300 до 2400	до 4660	от 67 до 79
8	от 1600 до 3000	до 3500	от 74 до 76

Таблица 2

Диапазон типоразмеров и мощностей вентильных электродвигателей производства АО «Нововет-Пермь»		
Наименование	Диапазон частот вращения, об./мин	Максимальная мощность, кВт
ПВЭДН-117-3,0/XXX	1500-4200	225
ПВЭДН-117-6,0/XXX	4000-6000	400
ПВЭДН-81-6,0/XXX	1000-6000	90
ПВЭДН-130-3,0/XXX	1500-4200	300
ПВЭДН-130-6,0/XXX	4000-6000	475
ПВЭДН-185-3,0/XX	1500-4200	700
ПВЭДН-185-6,0/XX	4000-6000	1200
ПВЭДН-103-3,0/XX	1500-4200	140
ПВЭДН-103-6,0/XX	4000-6000	280
ПВЭДН-143-6,0/XX	4000-6000	800
Низкооборотный электродвигатель		
ПВЭДН-117-1,0/XX	500-1500	80
ПВЭДН-117-0,5/XX	100-500	40
Секционный вентильный электродвигатель		
ПВЭДНС-81-6.0	4000-6000	200

**ВЫДЕРЖКИ ИЗ ОБСУЖДЕНИЯ**

**Вопрос:** Андрей Владимирович, когда вы планируете начать производство вентильных двигателей с повышенным напряжением?

**Андрей Карпюк:** В самое ближайшее время. Все разработки уже есть, поэтому до конца 2017 года планируем запустить их в серийное производство.

**Вопрос:** Скажите, пожалуйста, за счет чего произошло увеличение МРП установок, которое Вы показали? Как Вы считаете?

**А.К.:** За счет увеличения КПД и применения специальных материалов при изготовлении УЭЦН, которые также позволяют повысить надежность установок.

ния составляют 100-500, 500-1500, 1500-4200 и 4000-6000 об./мин.

Вентильные двигатели могут применяться в скважинах осложненного фонда, при добыче вязкой нефти, нестабильной подаче, а также в малодебитных скважинах и скважинах, вводимых после гидроразрыва пласта (ГРП) и других операций по интенсификации добычи нефти.

Еще одно преимущество заключается в значительном увеличении мощности двигателя 117-го габарита в односекционном исполнении: до 225 кВт при 3000 об./мин и до 400 кВт – при 6000 об./мин.

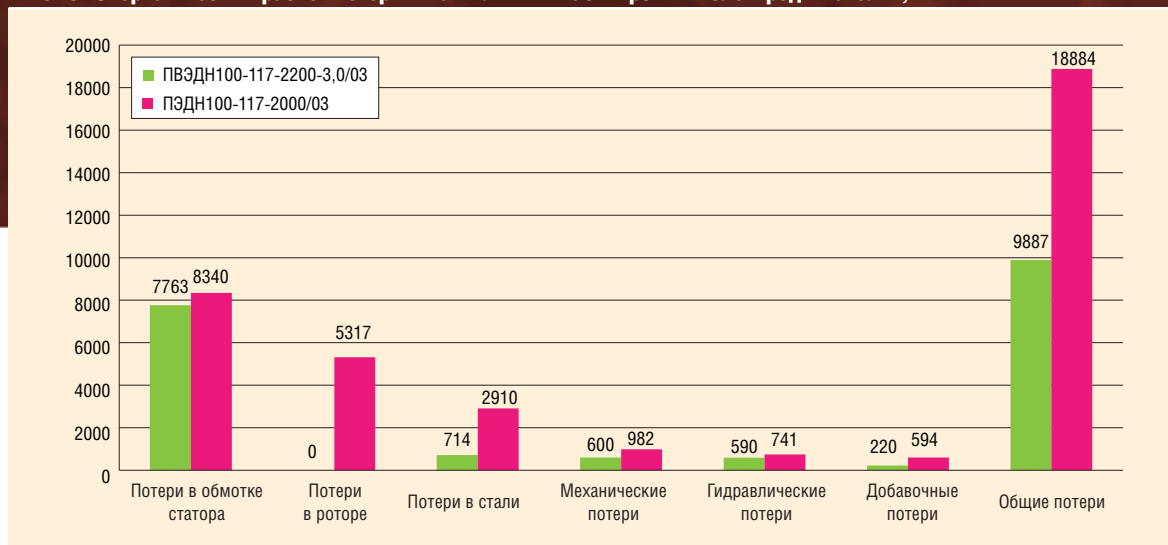
Энергетический расчет показывает, что энергопотери в вентильном двигателе примерно в два раза меньше, чем в асинхронном (рис. 5). При использовании установки с вентильным электродвигателем наблюдается не только снижение энергопотребления в узлах УЭЦН, но также и снижение потерь в кабеле, станции управления и масляных трансформаторах погружных насосов (ТМГН).

Проведенные на стендах-скважинах ОАО «ОКБ БН КОННАС» сравнительные испытания серийной установки и энергоэффективной установки с вентильным двигателем подтвердили, что применение ПВЭДН позволяет на 24% снизить энергопотребление УЭЦН

Таблица 3

Анализ характеристик вентильных и асинхронных электродвигателей АО «Нововет-Пермь»									
Условное обозначение электродвигателя	Номин. мощность, кВт	Номин. напряжение, В	Ном. ток, А	Ном. частота вращения, об./мин	Кэффициент полезного действия, %	Кэффициент мощн, о.е.	Скорость охл. жидкости м/с, не менее	Монт. длина, мм	Масса, кг, ±0,5%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ПВЭДН100-117-3480-3.0/03	100	3480	19,0	3000	93,0	0,95	0,3	5471	350
ПВЭДН50П-117-3150-6.0/03	100	3150	21,3	6000	93,4	0,95	0,3	3027	205
ПЭДН 100-117-2000/03	100	2000	40	2910	84	0,859	0,3	7598	564

**Рис. 5. Энергетический расчет потерь в вентильных и асинхронных электродвигателях, Вт**



(рис. 6). Испытания проводились в том числе в присутствии представителей компаний-заказчиков и независимых наблюдателей.

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

В табл. 4 и 5 представлено сравнение характеристик вентильных и асинхронных двигателей, в том числе двигателей с высоким напряжением. Видно, что в

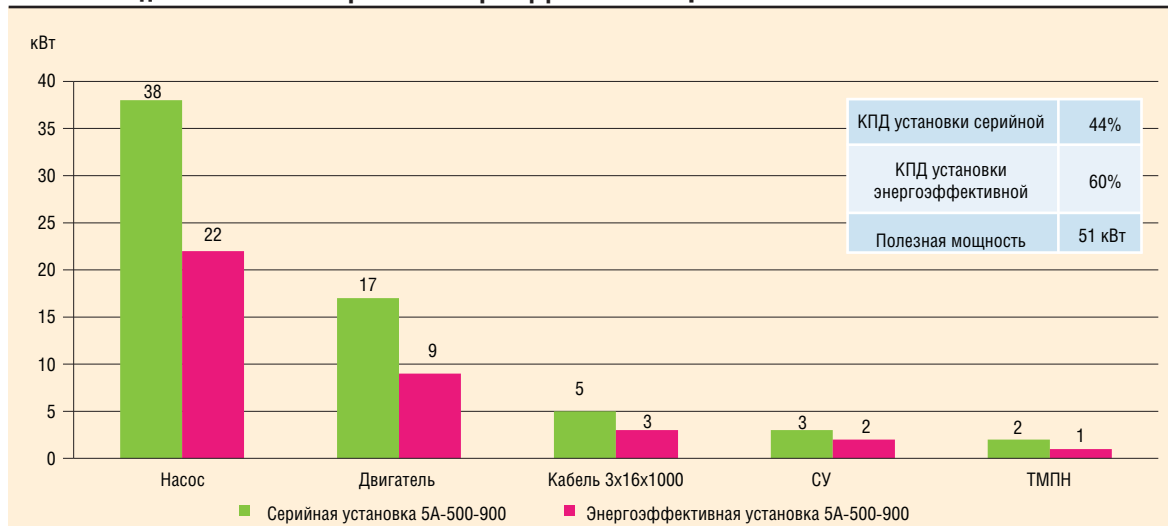
обоих случаях КПД вентильных электродвигателей в среднем на 10% выше, чем у асинхронных.

**ВНЕДРЕНИЕ УЭЦН С ВЕНТИЛЬНЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ**

Начиная с 2009 года, установки с вентильными электродвигателями успешно применяются на месторождениях крупных нефтяных компаний. В качестве примера можно привести результаты промышленного внедрения оборудования на объектах ПАО «Газпром нефть» и еще одной крупной нефтяной компании в 2013-2014 годах.

В рамках сервисного (прокатного) проекта ООО «Новомет-Сервис» в АО «Газпромнефть-Ноябрьскнеф-

**Рис. 6. Стендовые испытания серийной и энергоэффективной УЭЦН**



КПД установки серийной	44%
КПД установки энергоэффективной	60%
Полезная мощность	51 кВт

**Измеренная мощность, кВт**

Установка	Полезная	Погружная часть: ПЭД + ЭЦН	Кабель	Наземная часть: СУ + Фильтр + ТМПП	Общая	Относительная экономия электроэнергии
Серийная	51	106	111	116	116	24%
ЭЭУ	51	82	85	88	88	

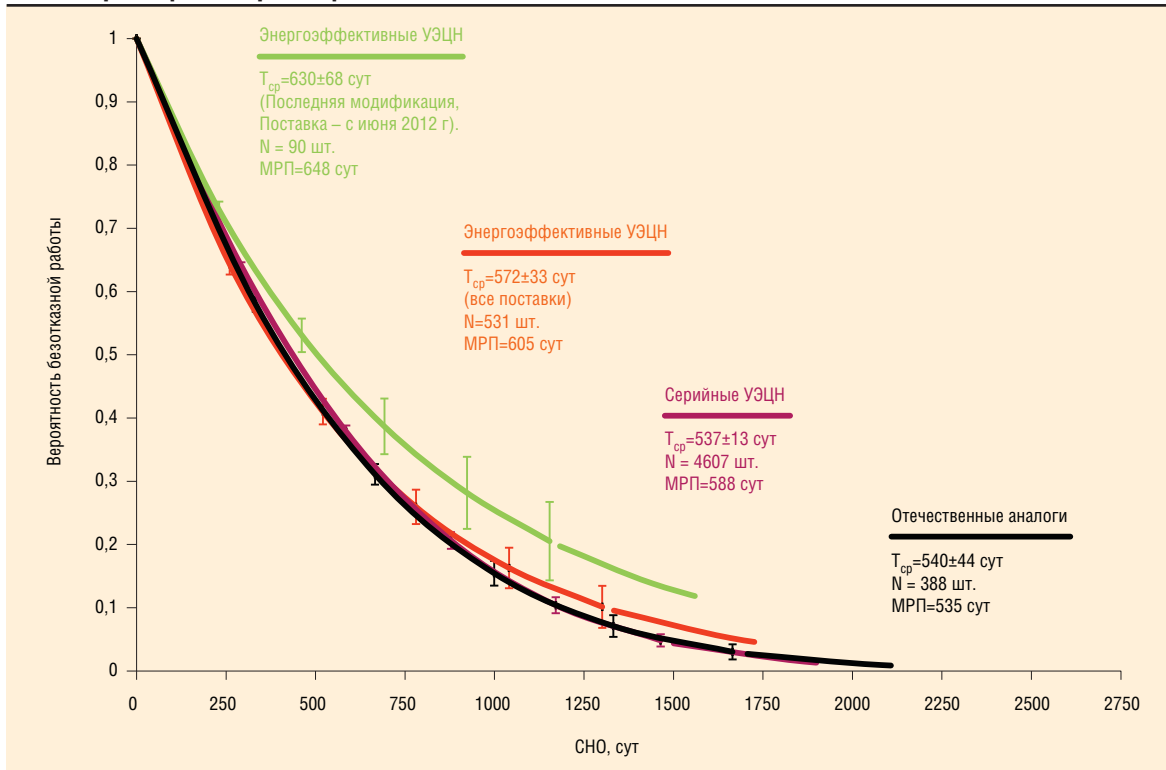
Таблица 4

Сравнение технических характеристик вентильных и асинхронных электродвигателей								
Тип электродвигателя	ПВЭД с повышенным напряжением				Асинхронные электродвигатели			
	Мощность, кВт	Номинальное напряжение, В	Ток, А	КПД, %	Мощность, кВт	Номинальное напряжение, В	Ток, А	КПД, %
ПВЭДН 22-117-920-3	22	1520	9,6	92,6	22	750	25,0	83,0
ПВЭДН 32-117-1250-3	32	2050	10,5	92,7	32	1000	26,6	83,5
ПВЭДН 40-117-1550-3	40	2560	10,5	92,7	40	1200	27,8	84,0
ПВЭДН 50-117-1870-3	50	3100	10,9	92,8	50	1500	28,0	83,0
ПВЭДН 63-117-2220-3	63	3660	11,8	92,8	63	1900	28,0	83,2
ПВЭДН 70-117-2520-3	70	3030	15,7	93,0	70	1650	35,7	83,0
ПВЭДН 80-117-2840-3	80	2840	18,7	93,0	80	2210	30,5	83,0
ПВЭДН 90-117-3160-3	90	3160	18,9	93,0	90	2150	35,5	83,0
ПВЭДН 100-117-3480-3	100	3480	19,1	93,0	100	2000	42,5	83,2
ПВЭДН 150-117-3390-3	150	3390	29,7	93,0	150	2100	63,5	83,0
ПВЭДН 200-117-3500-3	200	3500	39,6	93,0	200	2600	64,5	82,5
ПВЭДН 225-117-3510-3	225	3510	44,6	93,0	225	2760	65,1	83,8

Таблица 5

Сравнение технических характеристик вентильных и асинхронных электродвигателей с повышенным напряжением								
Тип электродвигателя	ПВЭД с повышенным напряжением				Асинхронные электродвигатели с повышенным напряжением			
	Мощность, кВт	Номинальное напряжение, В	Ток, А	КПД, %	Мощность, кВт	Номинальное напряжение, В	Ток, А	КПД, %
ПВЭДН 22-117-920-3	22	1520	9,6	92,6	22	1950	10,0	82,2
ПВЭДН 32-117-1250-3	32	2050	10,5	92,7	32	2030	13,4	82,4
ПВЭДН 40-117-1550-3	40	2560	10,5	92,7	40	2040	16,6	82,9
ПВЭДН 50-117-1870-3	50	3100	10,9	92,8	50	2480	17,0	82,8
ПВЭДН 63-117-2220-3	63	3660	11,8	92,8	63	3150	17,0	83,0
ПВЭДН 70-117-2520-3	70	3030	15,7	93,0	70	2750	21,7	83,0
ПВЭДН 80-117-2840-3	80	2840	18,7	93,0	80	2950	23,0	82,8
ПВЭДН 90-117-3160-3	90	3160	18,9	93,0	90	2960	26,0	82,3
ПВЭДН 100-117-3480-3	100	3480	19,1	93,0	100	3350	25,3	82,4
ПВЭДН 150-117-3390-3	150	3390	29,7	93,0	150	4500	28	83,0
ПВЭДН 200-117-3500-3	200	3500	39,6	93,0				
ПВЭДН 225-117-3510-3	225	3510	44,6	93,0				

**Рис. 7. Показатели надежности работы серийных и энергоэффективных УЭЦН на фонде АО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз»**



тегаз» и его структурном подразделении (Филиале) «Газпромнефть-Муравленко» было внедрено соответственно 630 и 423 ПВЭД. Помимо стоимости проката УЭЦН, в сервисных контрактах были закреплены ключевые показатели эффективности, предусматривающие снижение удельного расхода электроэнергии (УРЭ) на добычу тонны жидкости и ежегодное увеличение МРП и наработки на отказ (ННО). После внедрения оборудования в АО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз» МРП установок увеличился от 598 до 761 сут, в «Газпромнефть-Муравленко» – от 428 до 584 суток.

Общая наработка энергоэффективных УЭЦН на фонде АО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз» к настоящему времени превысила наработку как серийно выпускаемых установок производства АО «Новомет-Пермь», так и аналогов, предлагаемых другими отечественными заводами-изготовителями (рис. 7).

В течение 2013 года УЭЦН с вентильными двигателями внедрялись на объектах другой крупной нефтяной компании. В первом случае были внедрены 3158 ПВЭД, во втором – 807. Увеличение межремонтного периода работы оборудования составило 345 (от 602 до 947) и 143 суток (от 252 до 395 сут) соответственно.

В табл. 6 приведены сводные показатели экономии электроэнергии, полученные в ходе промышленной эксплуатации энергоэффективных УЭЦН в нефтяных компаниях России и Республики Казахстан. Как видно, снижение энергопотребления составляет от 24 до 37%. ♦

Таблица 6			
Результаты промышленной эксплуатации энергоэффективных УЭЦН производства АО «Новомет-Пермь»			
Нефтяная компания	Объем внедрения, шт.	Снижение энергопотребления, %	СНО, сут
ПАО «Газпром нефть»	691	27	579±86
ПАО «НК «Роснефть»	76	28	402±38
ПАО «НК «РуссНефть»	36	24	727±103
ПАО «ЛУКОЙЛ»	4	26	648**
ОАО «Сургутнефтегаз»	28	30	750**
«Тургай Петролеум»	5	37	316**
** Оценка по пилотным проектам при риске заказчика и изготовителя – 35%			