



КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ УЭЦН

МАРТЮШЕВ Данила Николаевич

Заместитель главного конструктора ЗАО «Новомет-Пермь»

Комплексный подход «НОВОМЕТ» к энергосбережению при добыче нефти основан на трех составляющих: энергоэффективное оборудование; подбор оборудования по критерию максимального КПД при добыче; обеспечение работы насосной установки с максимальным КПД при эксплуатации средствами интеллектуальной СУ. Использование в УЭЦН энергоэффективных ступеней и вентильных двигателей позволяет снизить потери электроэнергии на 25%, а посредством применения комплексного подхода можно добиться снижения удельного энергопотребления на 40% и более.

Рис. 1. Распределение потерь мощности по узлам УЭЦН на примере установки 5А-500-2000

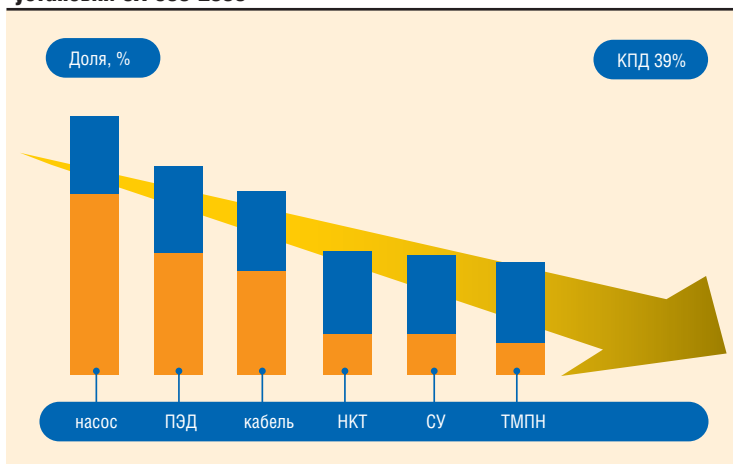
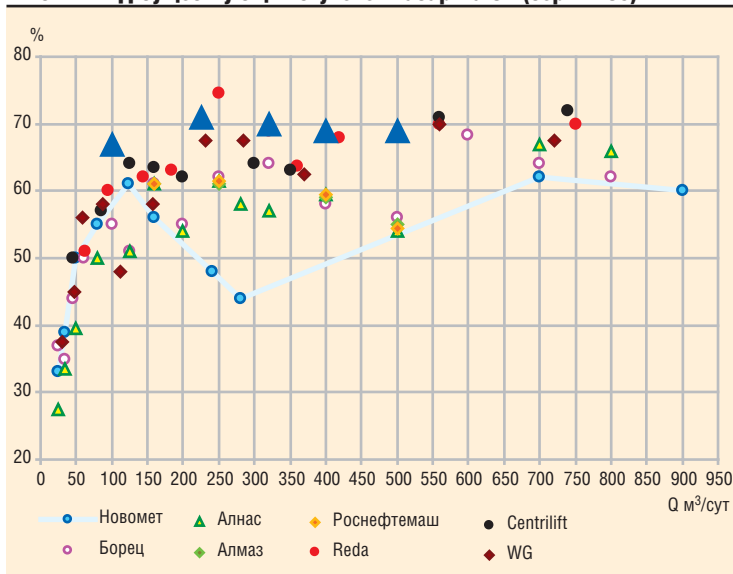


Рис. 2. КПД существующих ступеней габарита 5А (серия 406)



Рассмотрим потери электроэнергии при эксплуатации УЭЦН на примере установки 5А-500-2000. Из 100% энергии, потребляемой из сети, 29% — приходится на потери в насосе, 13% — в двигателе и 10% — в кабеле. Еще 9% энергии теряется в НКТ, СУ и трансформаторе (рис. 1). Таким образом, 61% электроэнергии, потребляемой при эксплуатации УЭЦН, тратится впустую — на обогрев, вибрацию, износ и т.д. Лишь 39% электроэнергии идет непосредственно на подъем жидкости. Очевидно, что для повышения КПД установки целиком в первую очередь необходимо увеличить КПД насоса и двигателя.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Сегодня оборудование, представленное на рынке, характеризуется различным КПД (рис. 2). Средний КПД разработанных компанией «Новомет» ступеней насосов с подачей от 100 до 500 м³ находится на уровне 70%, что соответствует среднему мировому уровню КПД насосов.

Для повышения энергоэффективности насосных установок традиционно применяются ВД. Их КПД при прочих равных выше, чем у асинхронных двигателей. Сегодня «Новомет» выпускает широкую линейку ВД — от 81-го габарита мощностью 63 кВт, до 117-го габарита мощностью до 400 кВт (табл. 1). КПД ВД достигает 92%, а при использовании СУ «Новомет» за счет оптимизации управления работой ВД, может быть поднят до 94%.

При использовании в УЭЦН 5А-500-2000 энергоэффективных ступеней и ВД можно снизить потери электроэнергии с 169,5 до 97,5 кВт, то есть примерно на 25% (рис. 3). Данная цифра получена расчетным путем, а впоследствии подтверждена в ходе стендовых

Таблица 1

Номенклатура вентильных двигателей «НОВОМЕТ-Пермь»

| Наименование | Диапазон частот вращения, об/мин. | КПД, % | Мощность секции, кВт |
|----------------|-----------------------------------|--------|----------------------|
| ПВЭДН-81-6.0 | 500–6000 | 89 | 22–63 |
| ПВЭДН-117-3.0 | 1000–3500 | 90–92 | 12–200 |
| ПВЭДН-117-6.0 | 1000–6000 | 90–92 | 22–400 |
| ПВЭДН-117-3.0* | 2400–4200 | 92–94* | 8–125 |
| ПЭДН-117-3.0 | 2400–4200 | 83–85 | 8–125 |

* — при использовании СУ «НОВОМЕТ»

Таблица 2

| Энергоэффективные ступени производства «НОВОМЕТ-Пермь» | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|-----|
| Габарит | Подача, м³/сут / КПД, % | | | | | | | | |
| | 2А | 30/48 | 50/61 | 80 | | | | | |
| 3 | 20 | 40/52 | 80/63 | 125/62 | | | | | |
| 4 | 20 | 125 | | | | | | | |
| 5 | 15 | 30/44 (43) | 50/56 (51) | 80 | 125/66 (55) | 210/62 (50) | 250 | 320/67 | 400 |
| 5А | 80 | 100/67 (60) | 160/66 (58) | 225/71 (62) | 320/72 (65) | 400/69 (59) | 500/69 (57) | 900 | |
| 6 | 800 | 1000 | | | | | | | |
| 7А | 300/67 | 500/70 | 650/69 | 750/76 | 1000/72 | | | | |
| 8 | 750 | 1000 | 1600/76 | 2000/75 | 2500/74 | | | | |

В скобках — максимальные КПД ступеней серийных насосов российских производителей

Серийно изготавливаемые ступени

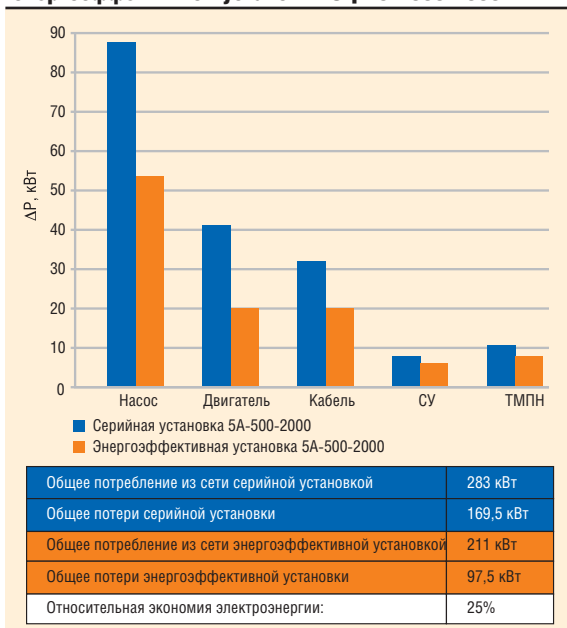
Ступени, планируемые к изготовлению в 2011 году

Ступени, готовые к испытанию в секции

испытаний в ОКБ БН «Коннас» (рис. 4). При замене в УЭЦН одного из элементов — насоса или двигателя — также достигается снижение энергетических потерь.

Так, уже сейчас широко применяется только вентильный двигатель, что дает свои результаты.

Рис. 3. Энергетические потери серийной и энергоэффективной установки ЗЦН 5А-500-2000



В настоящее время часто обсуждается вопрос о том, сколько можно сэкономить электроэнергии при замене асинхронного двигателя на вентильный. На этот счет можно встретить разные данные — от 5–10 до 20–30%. Чтобы их конкретизировать, мы провели

Рис. 4. Энергетические потери УЭЦН 5А-500-900 по составляющим

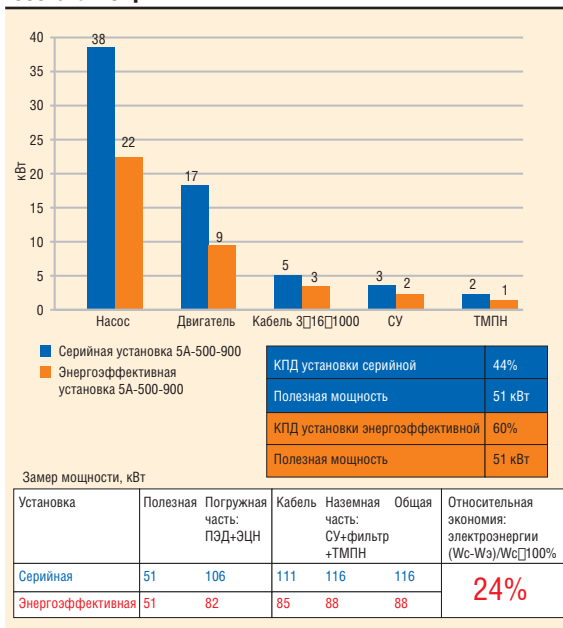
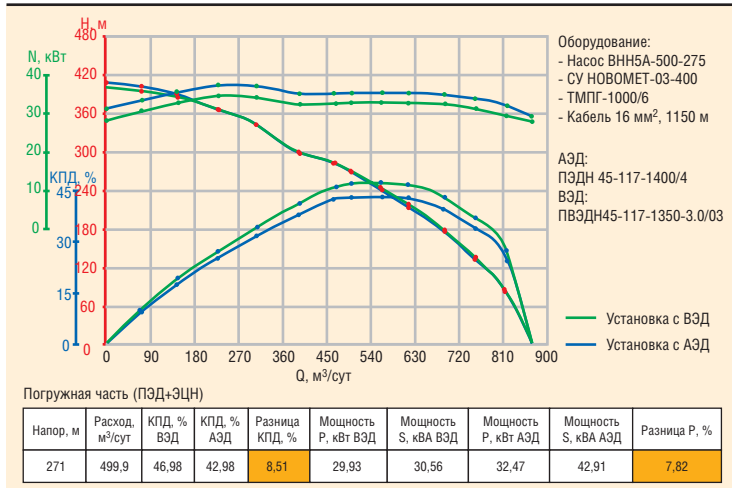


Рис. 5. Оценка потребления электроэнергии погружной частью УЭЦН 5А-500-275 при использовании вентиляного и асинхронного электродвигателей



испытания УЭЦН 5А-500-275 с асинхронным и вентиляльным двигателем. При оценке энергопотребления погружной части установки (ПЭД + ЭЦН) мы получили разницу в 7,8%, при оценке погружной части и назем-

ной части (СУ + фильтр + ТМПН + кабель) — 11,3% (рис. 5, 6). Следует добавить, что в отличие от скважинных испытаний, данные испытания проводились в стенде-скважине на чистой воде и на абсолютно одинаковом режиме работы насосы.

ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ПО КРИТЕРИЮ МАКСИМАЛЬНОГО КПД

Даже при эксплуатации насоса в пределах рабочего диапазона его КПД может меняться от 44 до 70% (рис. 7). При этом лишь 40 % всех УЭЦН в нашей стране эксплуатируются в пределах рабочего диапазона. Соответственно, поиск оптимальной точки рабочего диапазона и эксплуатация насоса в ее пределах помогают существенно повысить его энергоэффективность. Для подбора оборудования в компании «Новомет» существует программа Novomet-Sel-Pro.

Novomet-Sel-Pro позволяет рассчитать режим работы скважины, осуществлять подбор оптимальной компоновки насоса, прогнозировать работу насоса. В данной программе реализован алгоритм подбора энергоэффективной установки. Суть его сводится к следующему. Во-первых, при подборе мы изначально отдаем предпочтение энергоэффективному оборудованию. Во-вторых, рабочий диапазон насоса ис-

Рис. 7. Анализ зависимости энергозатрат от подачи насоса в пределах рабочего диапазона

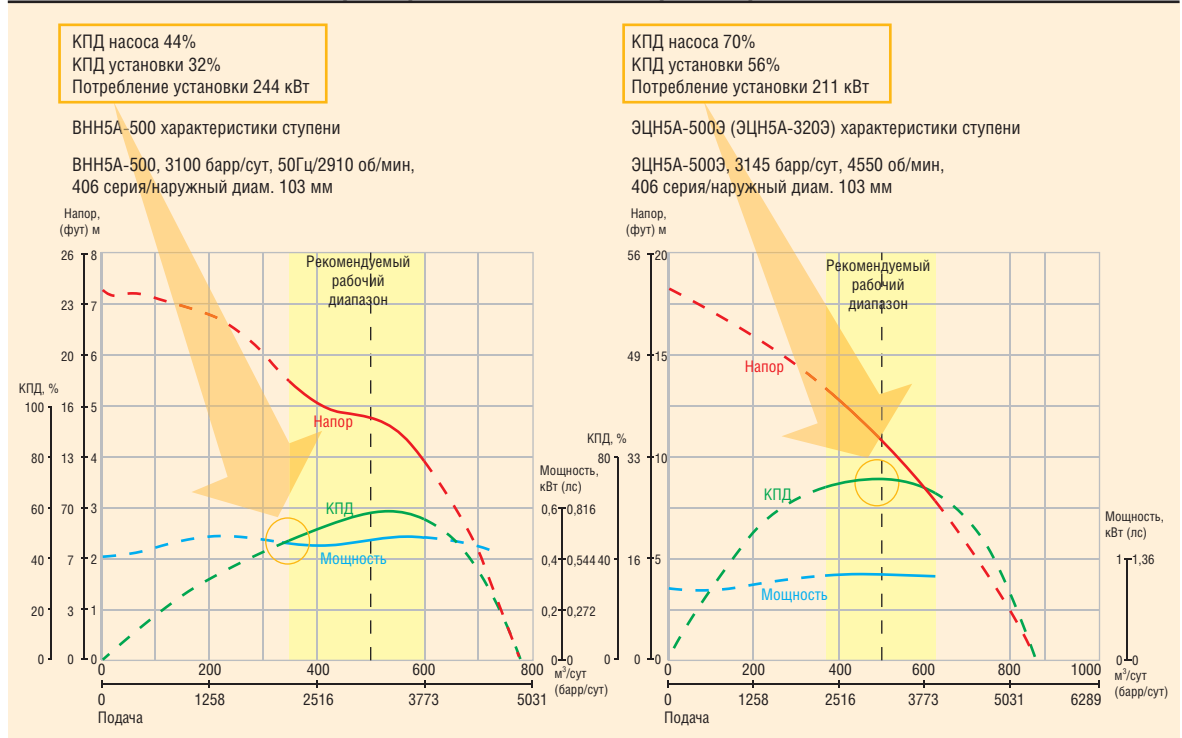
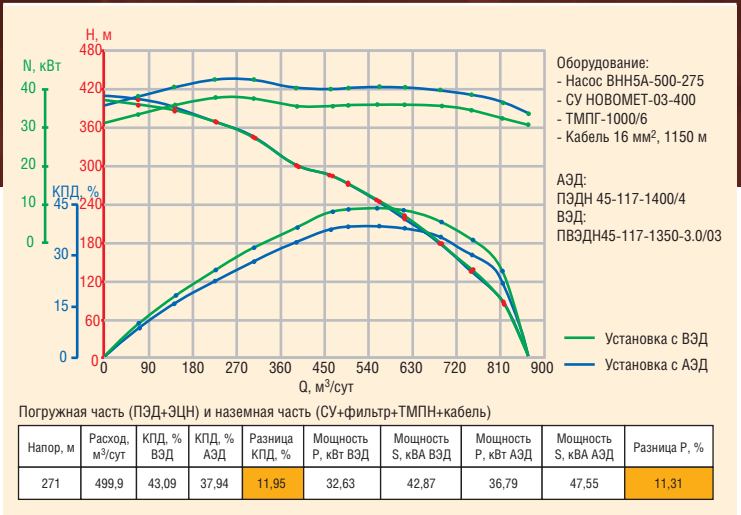


Рис. 6. Оценка потребления электроэнергии погружной и наземной частями УЭЦН 5А-500-275 при использовании вентиляльного и асинхронного электродвигателей



кусственно заужается с принятых +/-25%, до +/-5% (рис. 8)

Дополнительно программа рассчитывает фактический КПД всей установки для данной скважины, а также общее суммарное потребление электроэнергии из сети. После расчетов всегда можно сравнить возможные варианты между собой (табл 3, 4).

При подборе оборудования мы значительно разгружаем рабочий диапазон насоса и фактически сводим его к одной точке. То есть, мы подбираем насос таким образом, чтобы он работал с оптимальным КПД.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ УСТАНОВКИ НА МАКСИМУМЕ КПД ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СУ

Следующий аспект комплексного подхода к энергосбережению — это поддержание работы установки в точке оптимума КПД насоса непосредственно при эксплуатации. При помощи расширенного ТМС «Новомет» СУ управления получает данные о давлении добываемой жидкости на приеме и выкиде насоса. Далее по этим данным рассчитывается фактический режим работы насоса. В случае, если фактический режим отклоняется от точки оптимума, СУ меняет частоту — для того, чтобы максимально приблизить рабочую точку к оптимуму КПД. Специальный алгоритм управления СУ позволяет скважине работать исключительно в оптимальном режиме (с максимальным

ВЫДЕРЖКИ ИЗ ОБСУЖДЕНИЯ

Вопрос: Данила Николаевич, в чем заключается особый алгоритм управления СУ?

Данила Мартюшев: В использовании векторного режима управления, который позволяет управлять двигателем через СУ. Это способствует снижению потерь электроэнергии в двигателях.

Вопрос: Когда Вы говорите о поставке энергоэффективных УЭЦН, Вы подразумеваете под ними весь комплект, включая СУ производства «НОВОМЕТ» или это могут быть УЭЦН, допустим, оснащенные только ВД?

Д.М.: Возможны разные варианты, комплектацию энергоэффективных УЭЦН определяет заказчик. Также хотел бы отметить, что ВД нашего производства могут работать с СУ производства компаний «Борец», «РИТЭК» и других производителей. При этом будет и разный эффект от их внедрения.

Вопрос: Вы упомянули об использовании в СУ виртуального расходомера для замера дебита. На каких данных основана работа этого устройства?

Д.М.: Виртуальный расходомер делает расчеты исходя давления на приеме насоса, выходе из него и характеристик оборудования УЭЦН, которые содержатся в памяти СУ, и параметров работы скважины.

Таблица 3

Прогноз параметров работы установки ВНН5А-500

| Месторождение: Есоpetrol Н | Куст 1 | Скважина 1 | Пласт 1 |
|--|---------------------------|--------------------------------|---------|
| Ступень: ВНН5А-500 (Н 1176 м) (при 3957,6 об/мин) | Количество: 249 | Изготовитель: «НОВОМЕТ» | |
| Двигатель: ПЭД250-117 с частотой тока 68 Гц | | Изготовитель: «НОВОМЕТ» | |
| Кабель: КПБПЗ*25-120 | Удлинитель: ZTS EPOP 3*16 | | |
| Газосепаратор: нет. КПД погружной части: агрегат + кабельная линия = 45,79% | | Дата расчета: 01.04.2011 г. | |
| Дебит жидкости в мернике, м³/сут | | 700,0 | |
| Длина подвески (глубина подвески), м | | 2070,0 (2070,0) | |
| Обводненность жидкости, % | | 95 | |
| Объемная подача жидкости на входе в насос, м³/сут | | 705,9 | |
| Объемная подача смеси на входе в насос (после сепарации), м³/сут | | 758,1 | |
| Реальная рабочая зона насоса по характеристике на воде, приведенная к оборотам характеристики ступени в БД, м³/сут | | 523,6-561,3 | |
| НАСОС: | | | |
| Развиваемое давление, атм | | 192,11 | |
| Мощность, кВт | | 277,732 | |
| КПД, % | | 57,43 | |
| Нагрев ГЖС, °С | | 3,7 | |
| ДВИГАТЕЛЬ (максимально допустимая температура обмотки = 170,0°С): | | | |
| КПД, % | | 85 | |
| Температура обмотки, °С | | 122,48 | |
| Нагрев ГЖС, °С | | 1,56 | |
| Сила тока, А | | 59,58 | |
| Затрубное давление, атм | | 47,6 | |

Таблица 4

| Прогноз параметров работы энергоэффективной установки ВНН5А-500 | | | |
|--|---------------------------|-----------------------------|----------|
| Месторождение: Escopetrol H | Куст: 1 | Скважина: 1 | Пласт: 1 |
| Ступень: ЭЦН5А-500 (энергоэффективная) (H = 904 м) (при 4365,0 об/мин) | Количество: 240 | Изготовитель: «НОВОМЕТ» | |
| Двигатель: ПВЭДН400-117-3400/6.0 с частотой тока 75 Гц | | Изготовитель: «НОВОМЕТ» | |
| Кабель: КПБПЗ*25-120 | Удлинитель: ZTS EPOR 3*16 | | |
| Газосепаратор: нет. КПД погружной части: агрегат + кабельная линия = 58,57% | | Дата расчета: 01.04.2011 г. | |
| Дебит жидкости в мернике, м³/сут | | 700,0 | |
| Длина подвески (глубина подвески), м | | 2070,0 (2070,0) | |
| Обводненность жидкости, % | | 95 | |
| Объемная подача жидкости на входе в насос, м³/сут | | 705,91 | |
| Объемная подача смеси на входе в насос (после сепарации), м³/сут | | 757,22 | |
| Реальная рабочая зона насоса по характеристике на воде, приведенная к оборотам характеристики ступени в БД, м³/сут | | 474,7-508,3 | |
| НАСОС: | | | |
| Развиваемое давление, атм | | 193,89 | |
| Мощность, кВт | | 230,661 | |
| КПД, % | | 69,79 | |
| Нагрев ГЖС, °С | | 2,18 | |
| ДВИГАТЕЛЬ (максимально допустимая температура обмотки = 190°С): | | | |
| КПД, % | | 92 | |
| Температура обмотки, °С | | 109,12 | |
| Нагрев ГЖС, °С | | 0,64 | |
| Сила тока, А | | 63,59 | |

Таблица 5

Оценка эффективности комплексного подхода энергосбережению при добыче нефти

| Насос | Подача, м³/сут | КПД насоса, % | КПД установки, % | Мощность установки, кВт | Удельное энергопотребление, кВтч/м³ |
|-----------------|----------------|---------------|------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| ЭЦН5А-500Э-2000 | 500 | 70 | 56 | 211 | 9,75 |
| ЭЦН5А-500-2000 | 500 | 59 | 40 | 283 | 13,55 |
| ЭЦН5А-500-2000 | 350 | 44 | 32 | 244 | 16,73 |

КПД). Таким образом, при использовании расширенной ТМС возможна автоадаптация под изменяющиеся условия системы «пласт — скважина — УЭЦН».

У СУ есть и другие алгоритмы автоматического управления:

- вывод на режим при максимальном КПД;
- щадящий вывод на режим (применяется при закреплении мехпримесей, максимальном давлении на входе в насос, минимальной температуре ПЭД);
- поддержание оптимальной подачи;
- поддержание максимального дебита в рабочей области насоса;
- периодическая эксплуатация с максимальным КПД.

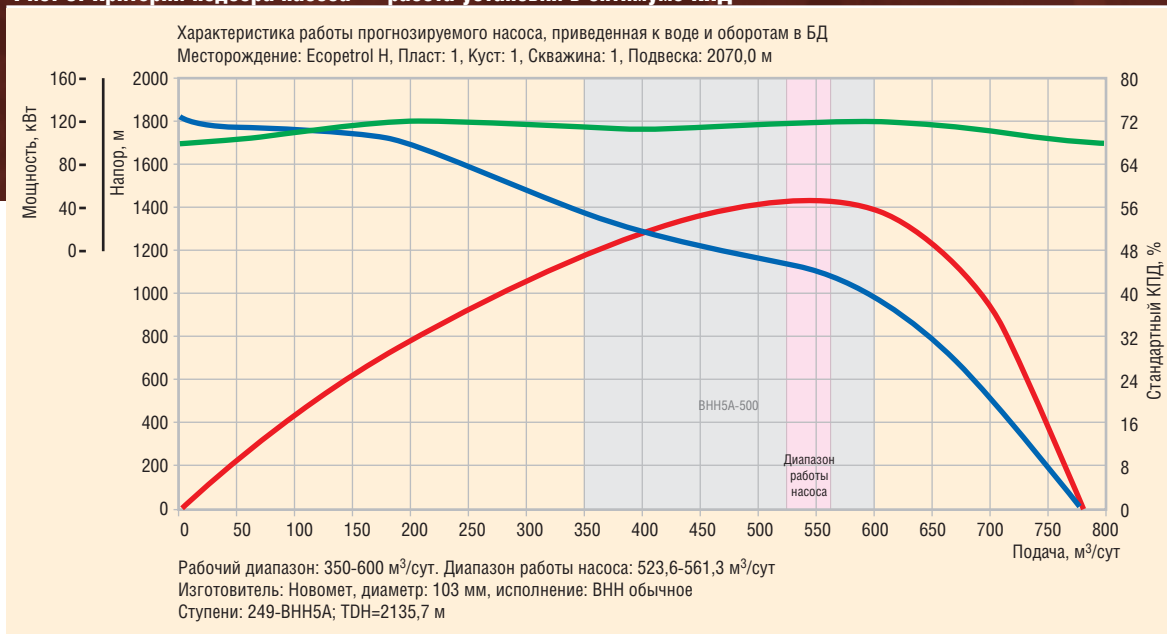
КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ

Комплексный подход «Новомет» к энергосбережению при добыче нефти основан на таких составляющих, как энергоэффективное оборудование, подбор оборудования по критерию максимального КПД при добыче и обеспечение работы насосной установки с максимальным КПД при эксплуатации средствами интеллектуальной СУ. Если при использовании отдельных видов энергоэффективного оборудования в составе УЭЦН можно достичь 25%-ной экономии электроэнергии, то при применении комплексного подхода можно сэкономить 41% энергии (табл. 5).

Таблица 6

| ОПИ энергоэффективных УЭЦН производства «НОВОМЕТ» | | | | |
|---|------------------------------------|---------------------------|--------|---------------|
| Нефтяная компания | ЭЦН | ПВЭД | Кол-во | Дата отгрузки |
| ТНК-ВР | ЭЦН5А-400Э-1750/33-003 (5400/225Э) | ПВЭДН70П-117-3000-6.0/47 | 1 | 30.11.2010 г. |
| Тургай Петролеум | ЭЦН5А-500Э-900/36-203 (5100/320) | ПВЭДН140-117-3000-6.0/44 | 1 | 27.09.2010 г. |
| Муравленковскнефть | ЭЦН5А-225-2000/13-003 | ПВЭДН63-117-1550-3.0/47 | 1 | 28.12.2010 г. |
| Муравленковскнефть | ВНН5А-100Э-200/14-003 | ПВЭДН100-117-2200-3.0/47 | 1 | 28.12.2010 г. |
| Муравленковскнефть | ЭЦН5А-500Э-2200/36-003 | ПВЭДН135П-117-2800-6.0/47 | 1 | 28.12.2010 г. |
| ГПН-Ноябрьскнефтегаз | ЭЦН5А-280Э-2700/36-243 | ПВЭДН125П-117-3100-6.0/47 | 1 | 28.03.2011 г. |

Рис. 8. Критерий подбора насоса — работа установки в оптимуме КПД



РЕЗУЛЬТАТЫ ОПИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ УЭЦН

Энергоэффективные УЭЦН производства «Новомет» прошли испытания на скважинах таких компаний, как ТНК-ВР, «Тургай Петролеум», «Газпром нефть» («Муравленковнефть» и «ГПН-Ноябрьскнефтегаз») (табл. 6). В качестве критериев успешности испытаний были выбраны отсутствие отказов и неисправностей, а также снижение удельного энергопотребления на 1 м³ добываемой жидкости. Срок испытаний составляет 180 суток.

ОПИ показали хорошие результаты. В частности, при использовании ЭЦН5А-400-1650 на скважинах «ТНК-Нягань» относительная экономия потребляемой электроэнергии на 1 м³ добытой жидкости составила 43%. В данном случае такая экономия обусловлена как раз применением энергоэффективного оборудования и разницей в точке работы этого оборудования (рис. 9).

В 2011 году планируется поставка энергоэффективных УЭЦН в «Газпром нефть» и «Самотлорнефтегаз». ♦

Рис. 9. Параметры работы УВНН5А-4003-1750 (5400/2253) и УЭЦН производства «Алмаз» в скв. №1955 куста 537 Талинского месторождения

Параметры работы УВНН5А-4003-1750 (5400/2253) и УЭЦН производства «Алмаз» в скв. №1955 куста 537 Талинского месторождения

| УЭЦН | ПЭД | Дата запуска | Дата отказа | Qж | Потребляемая мощность, кВт | Наработка, сут | Причина отказа |
|-------------------|---------------|--------------|-------------|-----|----------------------------|----------------|----------------|
| УЭЦН5А-4003-1750 | ПВЭДН70П-117 | 10.02.11 | - | 400 | 124 | 55 | |
| ЭЦНДИ35А-400-1650 | ПЭД-Я-140-117 | 19.08.10 | 04.02.11 | 330 | 179 | 169 | смена УЭЦН |

Относительная экономия потребляемой электроэнергии на 1 м³ добытой жидкости составляет 43%

| УЭЦН | ПЭД | Дата запуска | Qж | Потребляемая мощность, кВт | Наработка, сут | Причина отказа |
|-------------------|--------------|--------------|-----|----------------------------|----------------|----------------|
| УЭЦН5А-5003-900 | ПВЭДН125-117 | 27.10.10 | 600 | 116 | 156 | |
| QУВ-101-500-900 | - | - | 529 | 145 | - | |
| TD-4300 (500-900) | - | - | 480 | 156 | - | |

В данной скважине до внедрения энергоэффективных УЭЦН работала установка не схожего типоразмера, поэтому в данном случае сравнивать изменение энергопотребления некорректно

Уважаемые читатели!

Начиная с августа 2011 года (с №8'2011), инженерно-технический нефтегазовый журнал «Инженерная практика» переходит на платное представление материалов.

Бесплатный доступ к содержанию выпусков через интернет-портал www.glavteh.ru будет закрыт. Для того, чтобы оформить подписку на печатную или электронную версию журнала, заполните, пожалуйста, соответствующую анкету на нашем сайте (раздел «Подписка») или свяжитесь с нами по телефону (495) 371-05-74, 371-01-74, (499) 270-55-25. Также Вы можете прислать информацию по факсу (495) 371-01-74 (см. Подписной купон)

СТОИМОСТЬ И УСЛОВИЯ ПОДПИСКИ

Стоимость подписки на печатную/электронную версии*:

на год – 5830 рублей.

на полугодие – 3790 рублей.

* Минимальное количество приобретаемых электронных версий журнала – 3.

Скидки при оформлении корпоративной подписки:

- От 10 до 20 экземпляров – скидка 5%
- От 21 до 30 экземпляров – скидка 10%
- От 31 и более экземпляров – скидка 15%



ПОДПИСНОЙ КУПОН

ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ ЭЛЕКТРОННАЯ ВЕРСИЯ

Фамилия _____ Имя _____ Отчество _____

Должность _____

Название и юридический статус компании _____

Количество экземпляров журнала _____

Адрес доставки журнала:

Индекс _____ Адрес _____

Код города, телефон, факс _____

E-mail _____ Сайт _____

Менеджер отдела подписки – **Дарья Мирончикова**

Тел.: **+7 (495) 371-01-74, +7 (499) 270-55-25**

E-mail: **info@glavteh.ru**