

**РОСНЕФТЬ:**  
КВАРТАЛЬНЫЕ РЕКОРДЫ И МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ...

**МИРОВОЙ РЫНОК ГАЗА '2010:**  
НОВОЕ КАЧЕСТВО КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

**ВИНК РОССИИ ЗА РУБЕЖОМ:**  
ЕВРАЗИЯ, АФРИКА, ЛАТИНСКАЯ АМЕРИКА

**ПОПУТНЫЙ НЕФТЯНОЙ ГАЗ:**  
ВЫГОДОПОЛУЧАТЕЛЯМИ НЕ РОЖДАЮТСЯ, ИМИ СТАНОВЯТСЯ

**МЕХАНИЗИРОВАННАЯ ДОБЫЧА '2011:**  
СЛОВО И ДЕЛО ОТРАСЛЕВОГО  
ЭКСПЕРТНОГО СОВЕТА



**СЛАНЦЕВЫЙ ГАЗ:**  
А ГОВОРИЛИ ЗОЛУШКА...



**ЛЕННИИХИММАШ**

**ИНЖИНИРИНГОВОЙ КОМПАНИИ «ЛЕННИИХИММАШ» — 80 ЛЕТ**  
История крупного института, команда профессионалов  
и внушительный архив реализованных проектов

# КЛАССИФИКАЦИЯ ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ



**МАТВЕЙ ГИНЗБУРГ**

Член Экспертного совета по механизированной добыче нефти, первый заместитель генерального директора ООО «РИТЭК-ИТЦ»  
(По материалам 11-го Совещания Экспертного совета по механизированной добыче нефти)

Информирование потребителей об энергоэффективности оборудования является важным инструментом энергосберегающей политики. Эта информация позволит покупателям и пользователям объективно оценить приобретаемое оборудование и стимулировать их стремление работать с энергоэффективной техникой, что, в свою очередь, будет способствовать интенсификации работ по созданию машин с более высокими энергетическими показателями. Для правильной классификации погружных электродвигателей по энергоэффективности и корректного сравнения их энергетических показателей испытания ПЭД должны проводиться по единой методике независимыми от производителя и потребителя организациями. Полученные показатели энергоэффективности целесообразно включать в обозначения ПЭД.

**Д**оведение до потребителей класса энергетической эффективности оборудования предусмотрено стандартом ГОСТ Р 51388-99 «Энергосбережение. Информирование потребителей об энергоэффективности изделий бытового и коммунального назначения. Общие требования», в котором указано, что он может применяться и при маркировании (этикетировании) производственно-технических видов энергопотребляющего оборудования.

В соответствии с ГОСТ Р 51387-99 «Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения» за показатель энергетической эффективности может быть принята «...абсолютная, удельная или относительная величина потребления или потерь энергетических ресурсов для продукции

любого назначения или технологического процесса».

Асинхронные электродвигатели, в соответствии с ГОСТ Р 51677-2000 «Машины электрические асинхронные мощностью от 1 до 400 кВт включительно. Двигатели. Показатели энергоэффективности» классифицируются по показателю относительного снижения потерь.

$$\epsilon = 100 \cdot \frac{\Delta P_{дп} - \Delta P_{кл}}{\Delta P_{дп}}$$

где:

$\epsilon$  — показатель относительного снижения потерь в классифицируемом двигателе, %;

$\Delta P_{дп}$  — потери в двигателе, КПД которого соответствует уровню, достигнутому в производстве, кВт;

$\Delta P_{кл}$  — потери в классифицируемом двигателе, кВт.

## Энергоэффективность ПЭД

Оценка энергетической эффективности погружных электродвигателей имеет свои особенности. Если показатель энергетической эффективности обычных асинхронных электродвигателей определяется значением их КПД, то при определении энергетической эффективности погружных электродвигателей кроме потерь в двигателях должны быть учтены также потери в кабельных линиях, трансформаторах и станциях управления, величины которых определяют КПД и ток двигателя.

Уровень энергетической эффективности погружных двигателей можно оценить следующими показателями:

о  $\Sigma \Delta P$ , кВт — абсолютная величина суммарных потерь в си-

стеме «двигатель + кабельная линия + трансформатор + станция управления»;

- $K_{оп}$  — коэффициент относительных потерь: отношение разности суммарных потерь мощности в классифицируемых и базовых системах относительно этих потерь в базовых системах;

- $p_{уд}$  — удельная величина потерь: суммарные потери мощности, приходящиеся на 1 кВт номинальной мощности двигателя.

В качестве примера можно привести расчет показателей энергетической эффективности погружных электродвигателей ПЭД32-117 в составе УЭЦН со станцией управления прямого пуска (см. «Расчет показателей энергетической эффективности погружных электродвигателей...»).

Коэффициенты относительных потерь могут быть приведены в обозначениях ПЭД, что позволит потребителю заказывать двигатели с учетом их энергоэффективности.

Пример обозначения показателя относительных потерь в погружном электродвигателе мощностью 32 кВт с базовым значением относительных потерь ( $K_{оп} = 0$ ): ЭД32-117 — 00. Обозначение погружного электродвигателя мощностью 32 кВт с  $K_{уоп} = 12\%$  будет выглядеть следующим образом: ЭД32-117-У12 (где У показывает увеличение относительных потерь, 12 — численное значение коэффициента увеличения относительных потерь, %).

Для сопоставления энергетической эффективности двигателей с близкими по величине номинальными мощностями можно использовать показатель удельных величин потерь  $p_{уд}$ . Примером является расчет удельных потерь в приводах УЭЦН с ПЭД мощностью 20, 22, 24 и 25 кВт, энергетическая эффективность которых не может быть оценена коэффициентом относительных потерь из-за отсутствия базовых систем с ПЭД соответствующих мощностей (см. «Расчет удельных потерь...»).

## Энергосберегающие ВД

В связи с появлением на рынке погружных вентильных электродвигателей, разработчики и

## Вопросы из зала

**Анатолий САНТАЛОВ**, заведующий отделом погружных электроприводов ЗАО «Новомет-Пермь»:

Вентильные двигатели «НОВОМЕТА» в докладе оценены как недостаточно энергоэффективные. А это не так...

**М.Г.:** Классификация проведена на основе показателей КПД двигателей и рабочих токов, приведенных в ваших ТУ. Так, КПД ПВЭДН32-117 равен 88,9% — это достаточно невысокий показатель для вентильных электродвигателей. Запишите в ТУ значение КПД ПВЭДН32-117 равное, например 93%, и эти двигатели перейдут в категорию энергосберегающих.

**Евгений ПОШВИН**, директор Департамента инновационных разработок ЗАО «Новомет-Пермь»:

Вы считаете, что КПД двигателя может быть подтвержден только испытаниями на вашем стенде?

**М.Г.:** Я этого не говорил. Наоборот, было сказано о том, что испытания должны проводить аккредитованные в установленном порядке и соответствующим образом оснащенные испытательные лаборатории, независимые от изготовителя и потребителя. Однако если вы желаете провести испытания своих вентильных электродвигателей на нашем стенде, то мы готовы такие совместные испытания провести.

**Евгений ГРИГОРЯН**, заместитель директора представительства по технической поддержке ООО «Ойлпамп сервис»:

Для оценки энергетической эффективности погружных электродвигателей для начала нужно разработать единую и согласованную производителями и потребителями методику проведения стендовых испытаний...

**М.Г.:** Совершенно с вами согласен. Но нужна не только методика, но и инструмент, который обеспечит такую проверку. Под инструментом я подразумеваю стенды. Сегодня каждое предприятие имеет свои стенды, на которых проводятся испытания по своим «внутренним» методикам. В этих условиях невозможно обеспечить сопоставимость результатов.

Именно поэтому в докладе было указано, что до появления независимого сертификационного центра никаких дополнительных показателей энергоэффективности в техническую документацию и обозначения погружных электродвигателей вводить нельзя.

Вопрос создания независимого центра, который выполнял бы функцию сертификации погружных электродвигателей по параметрам энергоэффективности, достаточно сложен. Нужно продумать возможность делегирования функции подтверждения заявленных производителями энергетических параметров погружных электродвигателей Экспертному совету по механизированной добыче нефти или кафедре машин и нефтяного оборудования РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина.

тродвигателей, разработчики и изготовители которых декларируют их высокую энергоэффективность, целесообразно определить величины показателей их энергетической эффективности по приведенной методике.

В соответствии с ГОСТ Р 51541-99 показатели энергоэффективности продукции классифицируют по группам однородной продукции. Погружные асинхронные ПЭД и вентильные ВД

электродвигатели имеют различия по способу преобразования электрической энергии в механическую, однако в связи с тем, что и те и другие используются в качестве приводов в одних и тех же погружных насосных установках, их можно отнести к однородной продукции. В качестве примера можно привести расчет показателей энергетической эффективности вентильных электродвигателей мощностью 32 кВт (см. «Рас-

# Расчет показателей энергетической эффективности погружных электродвигателей ПЭД32-117 в составе УЭЦН со станцией управления прямого пуска

| Параметры                                                                                                          | Тип двигателя |           |            |            |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|------------|------------|-----------|
|                                                                                                                    | 1ЭД32-117М    | ЭД32-117М | ЭД32-117М5 | ПЭДН32-117 | ЭДБ32-117 |
| Исходные параметры                                                                                                 |               |           |            |            |           |
| Номинальная мощность ПЭД, кВт                                                                                      | 32            |           |            |            |           |
| Ток, I, А                                                                                                          | 35,5          | 26        | 25,5       | 26         | 27,5      |
| КПД, %                                                                                                             |               |           |            |            |           |
| Двигателя, $\eta_d$                                                                                                | 85            | 85        | 84         | 84         | 83        |
| Трансформатора ТМПН, $\eta_t$                                                                                      | 96*           |           |            |            |           |
| Станции управления, $\eta_{cy}$                                                                                    | 0*            |           |            |            |           |
| Сечение жилы кабеля, S, мм <sup>2</sup>                                                                            | 10            |           |            |            |           |
| Длина кабельной линии, м                                                                                           | 1 000         |           |            |            |           |
| Температура окр. среды, °С                                                                                         | 80            |           |            |            |           |
| Температурный коэффициент, $K_T$                                                                                   | 1,35          |           |            |            |           |
| Расчет потерь, кВт                                                                                                 |               |           |            |            |           |
| Потери в двигателе, $\Delta P_{\text{дв}}$                                                                         | 5,65          | 5,65      | 6,10       | 6,10       | 6,55      |
| Потери в кабеле, $\Delta P_{\text{к}}$                                                                             | 5,86          | 5,01      | 4,82       | 5,01       | 5,60      |
| Потери в трансформаторе, $\Delta P_{\text{т}}$                                                                     | 1,81          | 1,77      | 1,79       | 1,79       | 1,84      |
| Абсолютная величина суммарных потерь, $\Sigma \Delta P$                                                            | 13,32         | 12,43     | 12,71      | 12,90      | 13,99     |
| В качестве базовой системы принимается привод с двигателем ЭД32-117М, имеющий наименьшее значение суммарных потерь |               |           |            |            |           |
| Коэффициент увеличения относительных потерь, $K_{\text{уоп}}$ , %                                                  | 7,20          | 0,00      | 2,30       | 3,80       | 12,6      |
| Удельная величина потерь, $p_{\text{уд}}$                                                                          | 0,42          | 0,39      | 0,40       | 0,40       | 0,44      |
| *приняты в расчёте                                                                                                 |               |           |            |            |           |

## Расчет удельных потерь в приводах УЭЦН со станцией управления прямого пуска

| Параметры                                          | Тип двигателя |           |           |            |
|----------------------------------------------------|---------------|-----------|-----------|------------|
|                                                    | ЭДБ20-117     | ЭД22-117М | ЭДБ24-117 | ПЭДН25-117 |
| Исходные параметры                                 |               |           |           |            |
| КПД, $\eta$                                        | 83,5          | 84,5      | 82        | 84,3       |
| Ток, I, А                                          | 25,0          | 24,0      | 29,5      | 25,0       |
| Сечение жилы кабеля, S, мм <sup>2</sup>            | 10            | 10        | 10        | 10         |
| Расчёт потерь, кВт                                 |               |           |           |            |
| Потери в двигателе, $\Delta P_{\text{дв}}$         | 3,96          | 4,04      | 5,27      | 4,66       |
| Потери в кабеле, $\Delta P_{\text{к}}$             | 4,63          | 4,27      | 6,45      | 4,63       |
| Потери в трансформаторе, $\Delta P_t$              | 1,19          | 1,26      | 1,49      | 1,43       |
| Абсолютная величина сум. потерь, $\Sigma \Delta P$ | 9,78          | 9,57      | 13,21     | 10,72      |
| Удельная величина потерь, $p_{\text{уд}}$          | 0,49          | 0,44      | 0,55      | 0,43       |

чет показателей энергетической эффективности вентильных электродвигателей...»).

Пример обозначения показателя относительных потерь в погружном вентильном электродвигателе мощностью 32 кВт с  $K_{\text{соп}} = 26\%$ : ВД32-117-С26 (где С указывает на снижение относительных потерь, 26 — численное значение коэффициента снижения относительных потерь, %).

По величине коэффициента снижения относительных потерь можно классифицировать вентильные электродвигатели по двум категориям, предусмотренным ГОСТ Р 51677-2000 «Машины электрические асинхронные мощностью от 1 до 400 кВт включительно. Двигатели. Пока-

затели энергоэффективности». В соответствии с этим стандартом двигатели общепромышленного назначения, у которых суммарные потери мощности не менее чем на 20% меньше суммарных потерь мощности двигателей с нормальным КПД той же мощности и частоты вращения, классифицируются как энергосберегающие двигатели. По этим критериям двигателя ВД32-117 и ВДМ32-117, имеющие суммарные потери на 26% и 33% меньше суммарных потерь в двигателе ЭД32-117М с нормальным КПД, можно отнести к категории энергосберегающих двигателей (см. «Диаграмма относительных потерь...» и «Коэффициенты увеличения...»).

К единой методике испытаний

Следует отметить, что классификация погружных электродвигателей по показателю энергоэффективности возможна только в том случае, если значения КПД двигателей определены одинаковым инструментальным методом. Испытания погружных электродвигателей имеют свою специфику, однако единых требований к методике испытаний и функциональной схеме испытательных стендов нет, поэтому каждый разработчик и производитель проводит испытания погружных электродвигателей на собственном стенде по своей методике.

Полученные результаты «внутренних испытаний», в соответствии со стандартом ГОСТ Р 51380-99 «Энергосбережение. Методы подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности энергопотребляющей продукции их нормативным значениям» (п.5.1), декларируются разработчиком как соответствующие нормативной документации, по которой выпускается изделие.

Однако потребитель должен и имеет право потребовать от изготовителя обоснованной информации о приобретаемом оборудовании, и в первую очередь, о его энергетических характеристиках.

# Расчет показателей энергетической эффективности вентиляльных электродвигателей мощностью 32 кВт

| Параметры                                                  | Изготовитель                |                |          |           |             |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------|----------|-----------|-------------|
|                                                            | АЛНАС                       | ВД «РИТЭК-ИТЦ» |          |           | «НОВОМЕТ»   |
| Тип двигателя                                              |                             |                |          |           |             |
|                                                            | ЭД32-117М<br>Базовый привод | 1ВД32-117      | ВД32-117 | ВДМ32-117 | ПВЭДН32-117 |
| Исходные параметры                                         |                             |                |          |           |             |
| КПД, $\eta$                                                | 85,0                        | 91,2           | 91,2     | 90,8      | 88,9        |
| Ток, I, А                                                  | 26,0                        | 25,05          | 21,0     | 17,5      | 24,0        |
| Сечение жилы кабеля,<br>S, мм <sup>2</sup>                 | 10                          | 10             | 10       | 10        | 10          |
| Расчет потерь, кВт                                         |                             |                |          |           |             |
| Потри в двигателе, $\Delta P_{\text{ан}}$                  | 5,65                        | 3,08           | 3,08     | 3,24      | 3,99        |
| Потери в кабеле, $\Delta P_{\text{к}}$                     | 5,01                        | 4,82           | 3,27     | 2,27      | 4,27        |
| Потери в ТМП, $\Delta P_{\text{т}}$                        | 1,77                        | 1,66           | 1,59     | 1,56      | 1,67        |
| Потери в СУ, $\Delta P_{\text{су}}$                        | —                           | 1,28           | 1,23     | 1,21      | 1,30        |
| Абсолютная величина суммарных потерь, $\Sigma \Delta P$    | 12,43                       | 10,84          | 9,17     | 8,28      | 11,23       |
| Коэффициент снижения относит. потерь, $K_{\text{сop}}$ , % | 0                           | 13             | 26       | 33        | 10          |
| Удельная величина потерь, $p_{\text{уд}}$                  | 0,39                        | 0,34           | 0,29     | 0,26      | 0,35        |

Диаграмма относительных потерь в приводах с двигателями мощностью 32 кВт



Как правило, информация считается обоснованной, если она получена от независимых источников.

## Сертификация — шаг к энергоэффективности

Реализация предложения о включении в обозначения или паспортные таблички информа-

ции об энергетической эффективности погружных электродвигателей возможна только после включения погружных электродвигателей в перечень оборудования, подлежащего обязательной сертификации.

Основания для их включения в этот перечень имеются. В ГОСТ Р 51380-99 электродвигатели включены в рекомендуемый перечень продукции, подлежащей сертификации по показателям энергетической эффективности.

Постановлением Правительства РФ от 1 декабря 2009 г. №982 «Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации, и единого перечня продукции, подтверждение соответствия которой осуществляется в форме принятия декларации о соответствии» оборудование для эксплуатации нефтяных и газовых скважин отнесено к перечню оборудования, подлежащего обязательной сертификации.

Погружные электродвигатели являются одним из основных видов оборудования для эксплуатации нефтяных скважин. Включение погружных электродвигателей в перечень продукции, подлежащей сертификации по показателям энергетической эффективности, будет способствовать интенсификации работ в области совершенствования их энергетических параметров.

При обязательной сертификации испытания должны проводить аккредитованные в установленном порядке и соответствующим образом оснащенные испытательные лаборатории, независимые от изготовителя и потребителя.

К сожалению, сегодня в России нет такой независимой лаборатории, поэтому до ее создания проблема содействия потребителю в компетентном выборе продукции останется нерешенной.

Коэффициенты увеличения  $K_{\text{уon}}$  и снижения  $K_{\text{сop}}$  относительных потерь в приводах с погружными электродвигателями мощностью 32 кВт

| Тип двигателя               | Изготовитель    | $K_{\text{уon}}$ , % | $K_{\text{сop}}$ , % |
|-----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| ЭД32-117М                   | ОАО «Алнас»     | 0                    | 0                    |
| ЭД32-117М5                  | ОАО «Алнас»     | 2,3                  | —                    |
| ПЭДН32-117                  | ЗАО «НОВОМЕТ»   | 3,8                  | —                    |
| 1ЭД32-117М                  | ОАО «Алнас»     | 7,2                  | —                    |
| ЭДБ32-117                   | ОАО «БОРЕЦ»     | 12,6                 | —                    |
| ПВЭДН32-117                 | ЗАО «НОВОМЕТ»   | —                    | 10                   |
| 1ВД32-117                   | ООО «РИТЭК-ИТЦ» | —                    | 13                   |
| Энергосберегающие двигатели |                 |                      |                      |
| ВД32-117                    | ООО «РИТЭК-ИТЦ» | —                    | 26                   |
| ВДМ32-117                   | ООО «РИТЭК-ИТЦ» | —                    | 33                   |