

## Вопрос верификации энергетических характеристик погружных электродвигателей в новом стандарте на «Установки скважинных электроприводных лопастных насосов»

Одним из принципов национальной стандартизации является максимальная гармонизация разрабатываемых стандартов с аналогичными международными стандартами. Однако реализовать этот принцип при разработке российских стандартов удаётся не всегда. В ГОСТ Р 1.0-2012 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения» приведён перечень обстоятельств, которые допускают при разработках стандартов отклонение от этого принципа. Эти допущения были учтены при разработке ГОСТ 56830-2015 «Установки скважинных электроприводных лопастных насосов. Общие технические условия», аналогом которого является стандарт ISO/DIS 15551-1 Electric submersible pump systems for artificial lift (Системы электроцентробежных погружных насосов при механизированной эксплуатации).

Несмотря на одинаковые объекты стандартизации, национальный стандарт на лопастные насосы разработан на базе российского опыта производства, эксплуатации и ремонта этого оборудования. Концепция, заложенная в основу ГОСТ 56830-2015, подробно рассмотрена в статье [1].

При всей важности и актуальности разработанного стандарта, надо учесть, что сегодня в России действует принцип добровольного применения документов в области стандартизации, за исключением касающихся объектов технического регулирования.

Установки скважинных электроприводных лопастных насосов, не являясь объектами технического регулирования в масштабе страны, фактически являются таковыми для изготовителей этого оборудования: заказчик формирует свои технические требования к закупаемому оборудованию, которые, по сути, являются утверждёнными ими техническими регламентами, обязательными к исполнению.

Эти требования локального характера вместе с основными положениями технических условий и приемлемых для российского нефтегазового комплекса требований к зарубежному оборудованию УЭЦН были обобщены и включены в российский ГОСТ 56830-2015.

В соответствии с ГОСТ Р 1.0-2012 применение стандарта может стать обязательным для предприятий на основании их организационно-распорядительных документов, нормативных ссылок на стандарт в собственных стандартах предприятий, а также при наличии ссылки на стандарт в поставочных договорах. Если потребители придут к выводу, что соблюдение положений, изложенных в стандарте, позволяет более эффективно решать вопросы эксплуатации УЭЦН, то они могут включить в свои технические требования отдельные положения стандарта и потребовать от производителей оборудования внести соответствующие корректировки в свою техническую и нормативную документацию на УЭЦН и комплектующее оборудование.

**М.Я. Гинзбург,**  
советник директора  
ООО «ЭПУ-ИТЦ»,  
член Экспертного совета  
по механизированной  
добыче нефти



Однако, в стандарте есть некоторые технические требования, которые заказчик уже сейчас может рассматривать как технический регламент, обязательный к исполнению изготовителями. К их числу можно отнести требования по методам верификации, то есть подтверждения подлинности энергетических характеристик предлагаемых на рынке погружных электродвигателей.

Этот вопрос важен не только потому, что потребитель должен быть убеждён в том, что параметры энергетической эффективности предлагаемой изготовителем продукции полностью соответствуют их фактическим значениям, но и потому, что эти параметры являются индикаторами энергетической эффективности, значения которых определяют право на налоговые льготы и другие преференции с учётом перспективы включения энергоэффективных погружных электродвигателей в перечень объектов и технологий высокой энергетической эффективности согласно Постановлению Правительства РФ от 17.06.2015 г. № 600.

В статье [2] обращается внимание на то, что не только потребитель не имеет возможности проверить соответствие показателей энергетической эффективности оборудования значениям, приведённым в его технической документации, но не может проверить этот показатель и государственная структура, дающая разрешение на налоговые льготы.

На 18-м совещании Экспертного совета по механизированной добыче нефти, которое проходило в рамках 13-й Международной практической конференции и выставки «Механизированная добыча '2016», представитель ФБУ «НИЦПУРО», которому поручена ежегодная актуализация перечня объектов и технологий высокой энергетической эффективности, утверждённого Постановлением Правительства РФ № 600 от 17.06.2015, сообщил о том, что налоговые службы уже ставят вопрос о достоверности показателей энергетической эффективности оборудования, включённого в перечень объектов и технологий, которые имеют высокую энергетическую эффективность. Ими даже ставились вопросы

возврата в бюджет денежных средств в сумме льгот, полученных предприятиями за использование оборудования, энергетическая эффективность которого, по их мнению, не была документально убедительно подтверждена. Поэтому в интересах предприятий, использующих энергоэффективное оборудование, потребовать от производителя более высокого статуса метода подтверждения показателей энергетической эффективности, выпускаемого ими оборудования, который будет признан налоговыми органами. ГОСТ 31531-2012 «Энергосбережение. Методы подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности энергопотребляющей продукции их нормативным значениям. Общие требования» предусматривает следующие методы подтверждения показателей энергетической эффективности:

- ◆ декларацию производителя продукции;
- ◆ сертификационные испытания продукции;
- ◆ сбор и обработку статистических данных по показателям энергоэффективности.

Погружные электродвигатели не входят в перечень энергопотребляющей продукции, подлежащей обязательной сертификации по показателям энергетической эффективности. Нет в России и центра с полномочиями сертификации погружных электродвигателей. Поэтому методом подтверждения показателей энергетической эффективности погружных электродвигателей является декларация производителя, основанная на данных внутренних (производителя) **испытаний** продукции (ГОСТ 51380 -99).

ГОСТ 25941-83 «Машины электрические вращающиеся. Методы определения потерь и коэффициентов полезного действия» предусматривает два метода определения КПД: непосредственное (на стенде с нагрузочным устройством) и косвенное. Косвенный метод является обязательным «для машин с гарантированным значением КПД 85% и выше». Таким образом, КПД асинхронных погружных электродвигателей, имеющих значения этого показателя менее 85%, может определяться как непосредственным, так и косвенным методами, в то время как КПД вентильных погружных электродвигателей, имеющих его гарантированные значения более 85%, обязательно должны определяться косвенным методом.

Поэтому декларируемые предприятиями КПД выпускаемых ими вентильных электродвигателей в соответствии с ГОСТ 25941-83 определены косвенным методом — путём измерения и расчётов действующих потерь в машине.

Следует обратить внимание на то, что в редакции ГОСТ 25941-83 до 2008 года в вводной части было указано, что «Стандарт не распространяется на... машины, питаемые от полупроводниковых преобразователей». Причины ограничения перечня объектов, на которые распространяется стандарт не указаны. Можно предположить, что косвенные и расчётные методы определения потерь в двигателях, питаемых от преобразователей частоты, не обеспечивали требуемую точность при определении энергетических параметров двигателей. С 2008 года в стандарт были внесены изменения, исключившие

эти ограничения, при этом во всех пунктах, касающихся определения КПД двигателей, используется формулировка: «**при испытаниях** машин переменного тока, питаемых от полупроводниковых преобразователей...».

Поскольку сегодня значительная часть погружных асинхронных электродвигателей работает в комплекте со станциями управления с ПЧ, то определение их КПД испытаниями на стендах под нагрузкой можно интерпретировать как обязательное требование стандарта. Эти требования распространяются и на погружные вентильные электродвигатели.

Однако надо учесть, что помимо ГОСТ 25941-83, разработанного 33 года назад, есть и более «свежий» стандарт — ГОСТ Р МЭК 60034-2-1-2009 «Машины электрические вращающиеся Часть 2-1 Стандартные методы определения потерь и коэффициента полезного действия вращающихся электрических машин (за исключением машин для подвижного состава)». Надо полагать, что статус этого стандарта выше статуса аналогичного, утверждённого в 1983 году, не только по датам разработки, но и потому что он соответствует требованиям Международной электротехнической комиссии.

Важно отметить, что последние изменения в этот стандарт были внесены в июле 2016 года.

В этом стандарте нет требования выбора метода испытаний в зависимости от величины гарантированного значения КПД, который есть в ГОСТ 25941-83.

В ГОСТ Р МЭК 60034-2-1-2009 приведены предпочтительные методы испытаний для разных типов машин, а также классифицированы погрешности каждого из них. В стандарте указано, что «выбор метода испытаний для определения КПД зависит от требуемой точности, типа и размера испытываемой машины, доступного испытательного оборудования (питание, нагружающий или приводной двигатель)».

Погрешности методов испытаний по классификации стандарта разделены на 3 значения: «низкая», «средняя» и «высокая». Низкую погрешность при определении КПД асинхронных и синхронных электродвигателей обеспечивает прямое измерение вращающего момента (испытания под нагрузкой) (п.5.3, таблицы 2 и 3).

Косвенный метод определения КПД двигателей (метод суммирования составляющих потерь без испытаний под нагрузкой) также допускается стандартом, однако погрешность измерения при этом может быть от «средней» до «высокой». Поэтому метод определения КПД погружных электродвигателей испытаниями на стенде под нагрузкой с измерением момента нужно считать предпочтительным.

«Разумеется, хотелось бы иметь аттестованные стенды на все мощности и частоты вращения ПЭД» [3], считает АО «НОВОМЕТ-Пермь», энергетические характеристики выпускаемых ими погружных электродвигателей определены косвенным методом. Отсутствие возможности испытаний погружных электродвигателей на стенде они объясняют его

высокой стоимостью. «Специализированный стенд для прямого измерения КПД на мощности до 1 МВт и частотами вращения до 8500 об/мин (диапазон мощностей и частот вращения погружных электродвигателей, выпускаемых АО «НОВОМЕТ-Пермь») требует затрат в несколько миллионов долларов. Поэтому в мире таких стендов для ПЭД не существует» [4].

Действительно, стенд для испытаний мегаваттных погружных электродвигателей при частотах вращения до 8500 об/мин создавать нецелесообразно. Двигателями такой мощности комплектуются насосы с дебитом до 6 000 куб/сут — это штучная продукция, которая, можно предположить, производится чрезвычайно редко и даже не каждый год. Интересно было бы знать, сколько таких комплектных УЭЦН АО «НОВОМЕТ-Пермь» поставил нефтяникам России и за рубеж.

Стенд должен обеспечить возможность испытаний двигателей, среднее значение мощности которых определяется средним дебитом скважин, эксплуатируемых УЭЦН в России. В 2015 году в нефтяной отрасли России средний дебит составил 102,18 м<sup>3</sup>/сут. Надо полагать, что для испытания двигателей, комплектующих УЭЦН с таким средним дебитом и напором до 3000 м, нет необходимости создавать стенд с нагрузочным устройством мощностью 1 МВт и частотой вращения 8500 об/мин. Необходимо также учесть, что двигатели большой мощности — секционные, испытания которых в соответствии с п. 4.4.1 ГОСТ 30195-94 и п.7.2 ГОСТ Р 56624-2015 допускаются проводить отдельно на каждой секции.

В новых стандартах ГОСТ 56830-2015 «Установки скважинных электроприводных лопастных насосов Общие технические условия» и ГОСТ Р 56624-2015 «Энергетическая эффективность. Погружные лопастные насосы и электродвигатели для добычи нефти. Классы энергоэффективности» есть ряд требований, которые должны быть обеспечены при испытаниях под нагрузкой. Например, в ГОСТ Р 56624-2015 указано, что «при испытании определяется КПД электродвигателя..., при проведении испытаний электродвигатель должен находиться только в вертикальном положении».

Особенно актуально требование к определению КПД на нагрузочном стенде погружных вентильных электродвигателей. Конструктивные особенности погружных электродвигателей характеризуются большим отношением его длины к диаметру. При таких соотношениях характерно явление «скручивания» вала двигателя под действием крутящего момента. Скручивание смещает магнитную ось каждой роторной секции на определённый для неё угол, что приводит к снижению крутящего момента, мощности и КПД двигателя. Поэтому расчётные значения КПД погружных вентильных электродвигателей всегда будут выше фактических, полученных с учётом фактора «скручивания» вала двигателя при его испытаниях на стенде.

Тем не менее, в новых стандартах нет прямых требований к методу определения энергетических характеристик погружных электродвигателей, в то время как в международном стандарте ISO/DIS

15551-1 указано, что силовые характеристики двигателя определяются методом испытаний с использованием стенда с «нагрузочным устройством».

Требование к определению энергетических характеристик погружных электродвигателей методом прямых испытаний на стендах с нагрузочным устройством предлагается включить в ГОСТ Р 56830-2015 и ГОСТ Р 56624-2015 отдельным пунктом.

Это решение не вызовет проблем у предприятий, которые пока не имеют необходимых стендов, так как руководство стандартом является добровольным.

Однако такой пункт отразит позицию разработчика стандарта по вопросу точности метода определения энергетических характеристик погружных электродвигателей.

Значения энергетических характеристик погружных электродвигателей, определенных на стенде под нагрузкой повысит доверие потребителей к декларируемым параметрам.

Однако и в этом случае нет гарантии, что декларируемые показатели энергетической эффективности погружных электродвигателей соответствуют фактическим значениям. Не рассматривая возможность сознательной корректировки изготовителем показателей при испытаниях на стенде под нагрузкой в сторону их завышения, нужно учесть, что точность результатов испытаний определяется многими факторами, такими как методика испытаний, класс точности измерительных приборов и аппаратуры, тарировка датчика момента, а также квалификация персонала испытателей.

В Международном стандарте ISO/DIS 15551-1 эти факторы учтены процедурой верификации характеристик погружных электродвигателей. Стандартом предусмотрено, что «изготовитель в соответствии с требованиями покупателя должен разработать строгую процедуру испытаний для того, чтобы показать, что система соответствует своему целевому предназначению... Верификация проекта должна быть выполнена изготовителем, чтобы проверить, что проект компонента соответствует техническим характеристикам... Верификация проекта включает документально подтвержденные действия, такие как проверка проектных вычислений, испытания компонентов...» и, наконец, самое главное требование:

«**Вся документация по верификации проекта должна быть включена в файл проектных данных компонента и одобрена уполномоченным лицом, помимо автора проекта.**»

Требований к процедурам верификации энергетических характеристик оборудования, входящего в состав УСЭЛН, в новых стандартах ГОСТ 56830-2015 и ГОСТ 56624-2015 нет, поэтому необходимо в этих стандартах описать процедуру верификации декларируемых параметров оборудования по аналогии с процедурой, предусмотренной Международным стандартом ISO/DIS 15551-1.

Верификация показателей энергетической эффективности оборудования независимой организацией, это компромиссное решение между декларативным методом подтверждения показателей энергетичес-

кой эффективности, при котором методика определения энергетических показателей, результаты расчётов и замеров известны только производителю, и обязательной сертификацией, результаты которой должны признаваться всеми государственными и частными структурам.

До тех пор, пока погружные двигатели не будут включены в перечень оборудования, подлежащего обязательной сертификации по показателям энергетической эффективности, предложение включить в стандарт требование верификации показателей энергетической эффективности **«уполномоченным лицом, помимо автора проекта»**, на сегодня является единственным способом повышения достоверности заявленных производителем показателей их энергетической эффективности.

Предлагаемые корректировки внесут элементы гармонизации ГОСТ 56830-2015 с аналогичным Международным стандартом ISO/DIS 15551-1.

Необходимо обсудить и сформулировать требования нефтяников к содержанию верификацион-

ных документов, которые должны быть им предоставлены изготовителем при заказе оборудования.

Нефтяники также должны определить, кто может быть уполномоченным лицом, проверяющим и согласующим результаты испытаний и расчётов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Камалетдинов Р.С., Григорян Е.Е. Стандартизация электропогружных установок — инструмент повышения эффективности добычи нефти. // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. — 2014. — № 1.

2. Гинзбург М. Гора родила мышь // Нефтегазовая вертикаль. — 2014. — № 8.

3. Пошвин Е., Агеев Ш., Санталов А. Правильный выбор. Тернистый путь инноваций «Новомет» // НГВ — ТЕХНОЛОГИИ. — 2015. — № 9.

4. Агеев Ш.Р., Санталов А.М., Рабинович А.И., Перельман О.М., Харламов П.А. Энергосберегающей технологии — быть! // Нефтегазовая вертикаль. — 2015. — № 23–24.