



ПРАКТИКА ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ НАСОСОВ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ ОАО «САМАРАНЕФТЕГАЗ»

ПУПЧЕНКО Игорь Николаевич
Первый заместитель генерального
директора — главный инженер
ОАО «Самаранефтегаз»



**СУДАКОВ Александр
Алексеевич**
Главный механик
ОАО «Самаранефтегаз»

Закачка воды в пласт — один из неотъемлемых, но при этом и самых энергозатратных процессов в современной добыче нефти. Так, например, по данным одной из нефтегазодобывающих компаний в 2008 году 27% (3,29 млрд кВт·ч) от общего производственного потребления электроэнергии приходилось на систему поддержания пластового давления (ППД) [1]. Аналогичная картина наблюдается и в других нефтедобывающих компаниях (НК). В этой связи во всех НК остро стоит вопрос по повышению эффективности использования электроэнергии в производственных процессах. Одна из важных составляющих данного направления работы - организация постоянного контроля энергоэффективности эксплуатации оборудования.

В системе ППД в основном используются центробежные насосы, задача контроля энергоэффективности работы которых, прежде всего, сводится к контролю их КПД. Наличие надежного инструментария значительно упрощает решение этой задачи.

В настоящей статье представлены два метода измерения коэффициента полезного действия (КПД) насосов, используемых для насосов системы поддержания пластового давления: так называемый «классический» метод и термодинамический метод. Приведены достоинства и недостатки обоих методов. Представлен прибор «КПДмер-2М», принцип действия которого основан на термодинамическом методе. Приведены результаты испытаний прибора «КПДмер-2М» на объектах ОАО «Самаранефтегаз».

КЛАССИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ КПД

Обычно КПД измеряют с помощью так называемого «классического» метода. Существует ГОСТ 6134-2007, в котором этот метод подробно описан. На основе этого ГОСТа на каждом предприятии создаются свои руководящие документы.

Суть «классического» метода сводится к следующей формуле:

$$\text{КПД}_{\text{насоса}} = (\rho Q H / (102 N_{\text{потребляемая}} \text{КПД}_{\text{эл.дв.}})) 10^4,$$

где

Q — текущая подача насоса, м³/с;

ρ — плотность перекачиваемой жидкости, кг/м³;

H — напор, развиваемый насосом, м;

N_{потребляемая} — мощность, потребляемая насосным агрегатом из электросети, кВт;

КПД_{эл.дв.} — КПД электродвигателя, %.

Мы приводим здесь сокращенную формулу. В полной формуле дополнительно учитывается влияние на конечный результат конструкции подводящего и отводящего трубопровода. Однако для большинства высо-

конапорных насосов системы ППД это влияние практически равно нулю.

В свою очередь, измерение напора производится штатными манометрами.

Измерение подачи насоса осуществляется либо штатными, либо переносными расходомерами (как правило, ультразвуковыми). Вторые применяются чаще, так как на большинстве объектов ППД отсутствуют индивидуальные расходомеры для каждого насосного агрегата.

Измерение активной мощности отдельного взятого электродвигателя насосного агрегата требует наличия либо индивидуальных счетчиков активной мощности, либо использования переносных комплексов типа K505 или его современных аналогов.

Значение КПД электродвигателя также необходимо определять путем измерений, поскольку оно зависит от нагрузки, а двигателя на насосных агрегатах часто устанавливают с запасом по мощности. Методика определения приводится в документации производителями двигателей. В упрощенных расчетах КПД насоса часто используют паспортное значение КПД электродвигателя, приведенное для номинальных значений нагрузки.

Все расчеты, как правило, выполняются с использованием программного обеспечения на базе Microsoft Excel.

Среди достоинств «классического» метода можно выделить то, что он подходит для любых типов насосов. В свою очередь, недостатки метода сопряжены с трудоемкостью проведения замеров в случае отсутствия стационарных индивидуальных расходомеров и счетчиков электроэнергии для каждого насосного агрегата.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ КПД

В настоящее время для насосов системы ППД существует альтернативный метод измерения КПД. Это так называемый термодинамический метод [2-3]. Суть метода состоит в том, что практически все потери энергии в насосе (механические и гидравлические) в итоге идут на нагрев перекачиваемой жидкости. Таким образом, за счет измерения нагрева жидкости в насосе можно определить потери энергии в насосе и, соответственно, рассчитать его КПД. При этом нужно иметь в виду, что полученное таким образом значение КПД не учитывает механические потери в подшипниках и сальниках, составляющие от 1 до 3% общей мощности насоса. Поэтому описанный методика оперирует понятием «гидравлического КПД».

Для определения гидравлического КПД необходимо измерить напор, плотность перекачиваемой жидкости и разогрев перекачиваемой жидкости в насосе.

КНЯЗЕВ Алексей Алексеевич

Инженер-программист, ООО «Грант-Софт»

УТЛЯКОВ Сергей Геннадьевич

Ведущий инженер, ООО «Грант-Софт»

Измерение напора производится штатными манометрами, расположенными на агрегате. Плотность перекачиваемой жидкости определяется в лаборатории предприятия. Для измерения разогрева жидкости необходимо использовать дифференциальный термометр, причем нужен высокоточный термометр, так как разогрев жидкости в насосах невелик. Как показывает практика, в насосах ПДД разогрев жидкости находится в пределах 1–3°С. При этом измерения температуры через стенку трубы обеспечивают достаточную точность для целей контроля энергоэффективности. Более высокая точность достигается посредством врезки термокарманов.

Термодинамический метод измерения КПД, конечно, не лишен и недостатков. В частности, он подходит только для мощных высоконапорных насосов, перекачивающих либо воду, либо товарную нефть, а для других жидкостей методика не проработана.

Однако данный метод выгодно отличается простотой проведения замеров, так как помимо напора, необходимо измерять только температуру жидкости на входе и выходе насоса. Еще один безусловный плюс состоит в дешевизне используемого оборудования по сравнению с «классическим» методом: для полноценной работы требуется только дифференциальный термометр, а расходомер и счетчики электроэнергии не нужны.

ПРИБОР «КПДМЕР-2М»

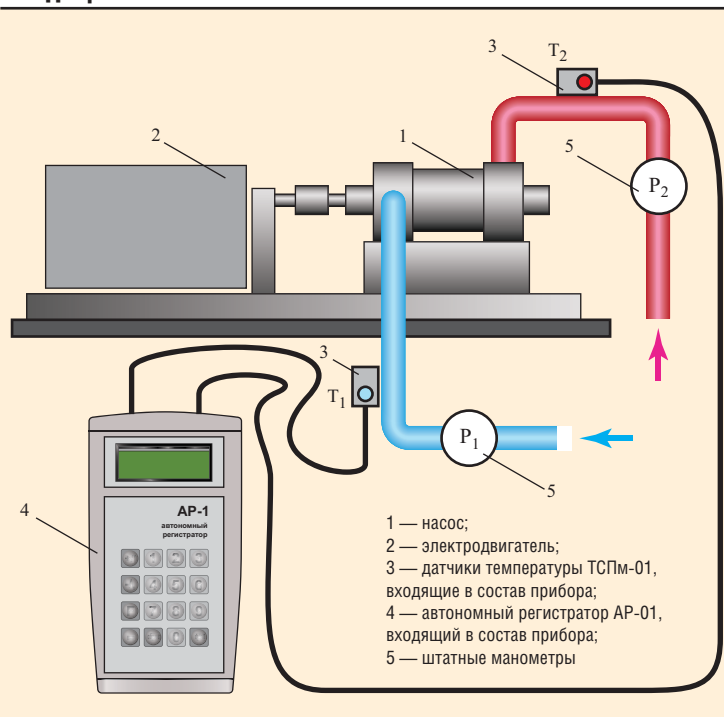
Помимо перечисленных преимуществ термодинамического метода как такового, крайне важно также и то, что сегодня на рынке доступен разработанный Группой компаний «Грант» специализированный прибор «КПДмер-2М» [4] для измерения КПД насосов данным методом. Наличие такого прибора существенно упрощает проведение измерений. Прибор представляет собой автономный цифровой высокоточный дифференциальный термометр с функцией расчета КПД.

Прибор «КПДмер-2М» позволяет

- проводить замеры температуры на входе и выходе насоса в автоматическом режиме;
- вводить с цифровой клавиатуры значения давления на входе и выходе насоса по показаниям штатных манометров;
- задавать значения плотности перекачиваемой жидкости по данным лаборатории;
- проводить расчет КПД насоса;
- проводить привязку полученных замеров к дате и времени, названию объекта и номеру агрегата;
- хранить в энергонезависимой памяти до 99 замеров;
- передавать полученные замеры на компьютер.

Схема проведения замеров КПД с помощью прибора «КПДмер-2М» приведена на рисунке 1.

Рис. 1. Схема проведения замеров КПД с помощью прибора «КПДмер-2М»



ПРИМЕЧАНИЯ К ЗАМЕРАМ

- 1, 2 — это оценочные значения расхода, на основе данных групповых расходомеров, взятое из предположения, что насосы дают одинаковую производительность, 1 — $(119 + 142 + 146 + 5) / 2 \text{ м}^3/\text{ч}$, 2 — $(171 + 72 + 183 + 23) / 2 \text{ м}^3/\text{ч}$, для реального расчета КПД эти значения не подходят.
 - 3, 4, 5, 6, 7 — значение потребляемой мощности было вычислено по току: 3 — $\cos\varphi = 0,98$, $U = 6000 \text{ В}$, $I = 81 \text{ А}$; 4 — $\cos\varphi = 0,98$, $U = 6000 \text{ В}$, $I = 71 \text{ А}$; 5 — $\cos\varphi = 0,98$, $U = 6000 \text{ В}$, $I = 84 \text{ А}$; 6 — $\cos\varphi = 0,98$, $U = 6000 \text{ В}$, $I = 76 \text{ А}$; 7 — $\cos\varphi = 0,98$, $U = 6200 \text{ В}$, $I = 68 \text{ А}$.
 - 8 — это оценочное значение КДП, полученное на основе оценочного значения расхода (см. пункт 1), истинное значение КПД рассчитать не представляется возможным в виду отсутствия данных по объему перекачиваемой жидкости каждым насосом;
 - 9 — измерение КПД двигателя не проводилось.
- В расчетах КПД использовалось паспортное значение КПД двигателя.

ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРА «КПДМЕР-2М» В ОАО «САМАРАНЕФТЕГАЗ»

26 мая 2014 года на насосных агрегатах ОАО «Самаранефтегаз» представителями Группы компаний «Грант» совместно со специалистами ОАО «Самара-

Таблица 1

Результаты ОПИ прибора «КПДмер-2М» в ОАО «Самаранефтегаз»												
№ замера	Время, ч:мин	№ агрегата	Наработка после капремонта, ч	Давление, кгс/см ²		Расход, м ³ /ч	Потребление з/э, кВт·ч	Разогрев, °С	Плотность, кг/м ³	КПД (расчет), %	КПД гид. (прибор), %	КПД (прибор), %
				Вход	Выход							
БКНС «Радаевская»												
1	12:33	1	2139	1	92	206 1	824,9 3	1,56	1162	66 8	56	56
2	12:56	3	924	1	96	206 1	723,1 4	2,18	1162	78 8	49	49
3	14:27	1	2139	1,1	86	224,5 2	855,5 5	1,56	1162	63 8	55	55
4	14:38	3	924	1,1	86	224,5 2	774,0 6	2,05	1162	73 8	47	47
БКНС первый сборный												
5	14:07	2	2000	0,7	130	130	715,6 7	1,32	1162	66 9	70	69

нефтегаз» и ООО «СамараНИПИнефть» были проведены испытания прибора «КПДмер-2М».

В ходе испытаний были выполнены замеры гидравлического КПД насосов с помощью прибора «КПДмер-2М» на трех насосных агрегатах системы ППД: БКНС «Радаевская» — два ЦНСА 180х1050 (насосные агрегаты Н-1, Н-3) и БКНС первый сборный — ЦНСА 180х1050 (Н-3).

Параллельно с выполнением измерений с использованием прибора «КПДмер-2М» были проведены контрольные расчеты КПД насосных агрегатов ЦНСА 180х1050 по показаниям расхода, напора и потребляемой двигателем мощности. По двум насосным агрегатам БКНС «Радаевская» замеры КПД были проведены на двух разных режимах работы агрегатов по расходу. Дополнительно на БКНС «Радаевская» с использованием прибора «КПДмер-2М» проведена оценка потерь КПД насосных агрегатов ЦНСА 180х1050 №Н-1, Н-3 при работе на прикрытую задвижку ЗКЛ Ду-200, Ру-160. Падение давления на задвижке составило 30 кгс/см² и сопровождалось при этом разогревом перекачиваемой жидкости на задвижке в 0,7°С, что при расходе 206 м³/ч дает потери мощности порядка 188 кВт·ч. Результаты проведенных замеров и расчетов приведены в таблице 1.

Полученные в ходе ОПИ данные позволяют сделать ряд выводов. Так, во-первых, замеры КПД с помощью прибора «КПДмер-2М» выполняются быстро и просто. Во-вторых, для этого не требуются специальные знания и дополнительная профессиональная подготовка персонала. И, в-третьих, прибор «КПДмер-2М» может использоваться не только для измерения КПД насосов, но и для оценки потерь мощности на запорной и регулирующей арматуре, а также в другом оборудовании, эксплуатация которого может сопровождаться гидравлическими потерями.

Таким образом, если «классический» метод измерения КПД насосов удобен для объектов ППД, на каждом

агрегате которых установлены стационарные расходомеры и счетчики электроэнергии, то для не оборудованных данными приборами объектов термодинамический метод измерения КПД представляется более удобным в силу простоты операций и дешевизны оборудования. ♦

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- КПД гид. (прибор), % — гидравлический КПД насоса, полученный по данным прибора КПДмер-2М;
- КПД (прибор), % — полное значение КПД насоса, с учетом механических потерь, полученное умножением 0,98 (соответствует механическому КПД насоса в нормальных условиях) на значение гидравлического КПД насоса;
- КПД (расчет), % — КПД насоса, рассчитанный по показаниям расхода, потребляемой мощности, КПД двигателя, давлению на входе и выходе насоса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зуев А. Энергосбережение в добыче: каждый киловатт на счету! // Новатор, 2009, № 28, С. 4–7.
2. Колосов Б.В., Сулейманов Р.Н., Котович А.А. К вопросу определения гидравлического КПД центробежных насосов системы поддержания пластового давления // Нефтепромысловое дело, 2001, №10, С. 15–18.
3. РД 153-39.1-305-03. Методика измерения гидравлического К.П.Д. насосов системы поддержания пластового давления / Р.Н. Сулейманов, А.С. Галеев, Г.А. Федотов. — Уфа: Изд-во УГНТУ, 2003, 29 с.
4. КПДмер-2М. Измеритель гидравлического коэффициента полезного действия насосов /Группа компаний «Грант». <http://www.grant-ufa.ru/products/automation-elements/kpdmer-2m.php>