

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК РАСЧЕТА МОЩНОСТИ ГПА ГТК-25ИР

УДК:62-185.4

Е.А. Смирнов, ООО «Газпром трансгаз Москва» (Москва, РФ)
Ю.Ю. Толстихин, ООО «Газпром трансгаз Москва»
Ф.В. Блинов, ИТЦ ООО «Газпром трансгаз Москва» (Москва, РФ)
А.В. Шишов, ИТЦ ООО «Газпром трансгаз Москва»

Авторами статьи исследуется важнейший аспект диагностики газоперекачивающих агрегатов ГТК-25ИР – достоверное определение мощности. Рассматривается альтернатива существующим методикам, в основе которых лежит математическая модель. Проводится сравнительный анализ существующих методик расчета мощности. Итогом работы является определение и выбор наиболее оптимальной методики расчета мощности ГТК-25ИР.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ГПА ГТК-25ИР, ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ, СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК, КОЭФФИЦИЕНТ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ (КТС), БЕСКОНТАКТНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА (БИКМ), ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА.

В 80-х гг. XX в. в ООО «Газпром трансгаз Москва» введено в эксплуатацию 12 газоперекачивающих агрегатов (ГПА) ГТК-25И, работающих по простейшей схеме. Номинальная мощность на момент поставки составляла 25 МВт. Позднее для повышения экономичности данные ГПА модернизировали: рабочий цикл агрегатов стал регенеративным. На сегодняшний день номинальная мощность ГТК-25ИР согласно СТО 2-1.20-122-2007 составляет 22,2 МВт с эффективным КПД 34,5 %.

Поскольку ГПА ГТК-25ИР находятся на основном газотранспортном коридоре «Уренгой – Помары – Ужгород» и имеют большую установленную мощность, к техническому состоянию данных агрегатов предъявляются повышенные требования. Повышение технического состояния этих машин является приоритетным направлением в эксплуатации ГПА для ООО «Газпром трансгаз Москва».

Как известно, техническое состояние ГПА определяется по результатам проведения тепло-

технических испытаний. Анализ результатов теплотехнических испытаний позволяет:

- оптимизировать затраты на ремонтные работы;

- оценить качество ремонта;
- выявить дефекты на ранней стадии их развития;
- определить техническое состояние агрегата;



Графическое представление схемы магистральных газопроводов в зоне ответственности ООО «Газпром трансгаз Москва»

Smirnov E.A., Gazprom transgaz Moscow, LLC (Moscow, RF)
Tolstihin Y.Y., Gazprom transgaz Moscow, LLC
Blinov F.V., Gazprom transgaz Moscow, LLC, Engineering-technical centre (Moscow, RF)
Shishov A.V., Gazprom transgaz Moscow, LLC, Engineering-technical centre

GTK-25IR Existing power calculation methods comparative analysis

One of the most important diagnostics aspect of gas pumping aggregates GTK-25IR is studied in this article by authors collaboration –reliable power definition. Alternative for existing methods, which contains mathematical model, is considered. Comparative analysis of existing power calculation methods is shown. Work result is a proposal for correction of STO Gazprom 2-3.5-253-2008 and most optimal GTK-25IR power calculation method selection.

KEY WORDS: GPA GTK-25IR, POWER DEFINITION, METHODIC COMPARISON, TECHNICAL CONDITION COEFFICIENT (TCC), NON-CONTACT TORQUE MEASURER (NCTM), PARAMETRIC DIAGNOSTIC.

• в целом повысить потенциал надежности газотранспортной системы.

Для определения технического состояния ГПА GTK-25ИР существует несколько методик:

- СТО Газпром 2-3.5-253-2008;
- методика, разработанная ЗАО «ДИГАЗ»;
- методика, основанная на документации завода-изготовителя.

Оперативно определить техническое состояние ГПА GTK-25ИР в эксплуатационных условиях позволяет программный комплекс «КТС ГПА Ingoil», разработанный ООО «Ингойл» в 2005 г. по техническому заданию ООО «Газпром трансгаз Москва». В основе данного расчетного модуля лежат СТО Газпром 2-3.5-253-2008 и методические указания ПР 51-31323949-43-99.

Расчет мощности согласно СТО Газпром 2-3.5-253-2008 и, соответственно, по программному комплексу «КТС ГПА Ingoil» производится по параметрам компримируемого газа. Исключая недостоверность показаний измерительного оборудования, к недостаткам данной методики можно отнести использование коэффициента расхода конфузора. Коэффициент расхода конфузора может отличаться от паспортного значения по многим причинам, в том числе из-за дальной доработки конструкции.

Характерной особенностью методики, разработанной ЗАО «ДИГАЗ», является расчет выходных пока-

зателей газотурбинной установки (ГТУ) на основе решения системы уравнений рабочего процесса в линеаризованном виде. Данная методика согласована ПАО «Газпром» и рекомендована к применению с 2013 г. сроком на 2 года. Несмотря на то что срок действия данной методики истек, она будет подробно рассмотрена в этой статье.

Расчет мощности по вышеуказанным методикам производится при преимущественном использовании математического аппарата. Точность определения выходных показателей, по сути, обуславливается точностью измерительного оборудования. Согласно данным СТО Газпром 2-3.5-253-2008 погрешность определения мощности по этой методике составляет 5 %, а разработчики методики ЗАО «ДИГАЗ»

закладывают погрешность определения мощности 2,5 %.

Методика завода-изготовителя предполагает графическое определение мощности ГПА GTK-25ИР. Графические зависимости и порядок определения мощности представлены в документации на ГПА GTK-25ИР.

При одинаковых исходных данных конечные результаты, рассчитанные по различным методикам, существенно отличаются друг от друга. В связи с этим возникает потребность в достоверном определении технического состояния ГПА.

Из опыта применения вышеуказанных методик можно отметить:

- точность определения основных выходных параметров, прежде всего мощности, зависит от точности измерительного оборудования;



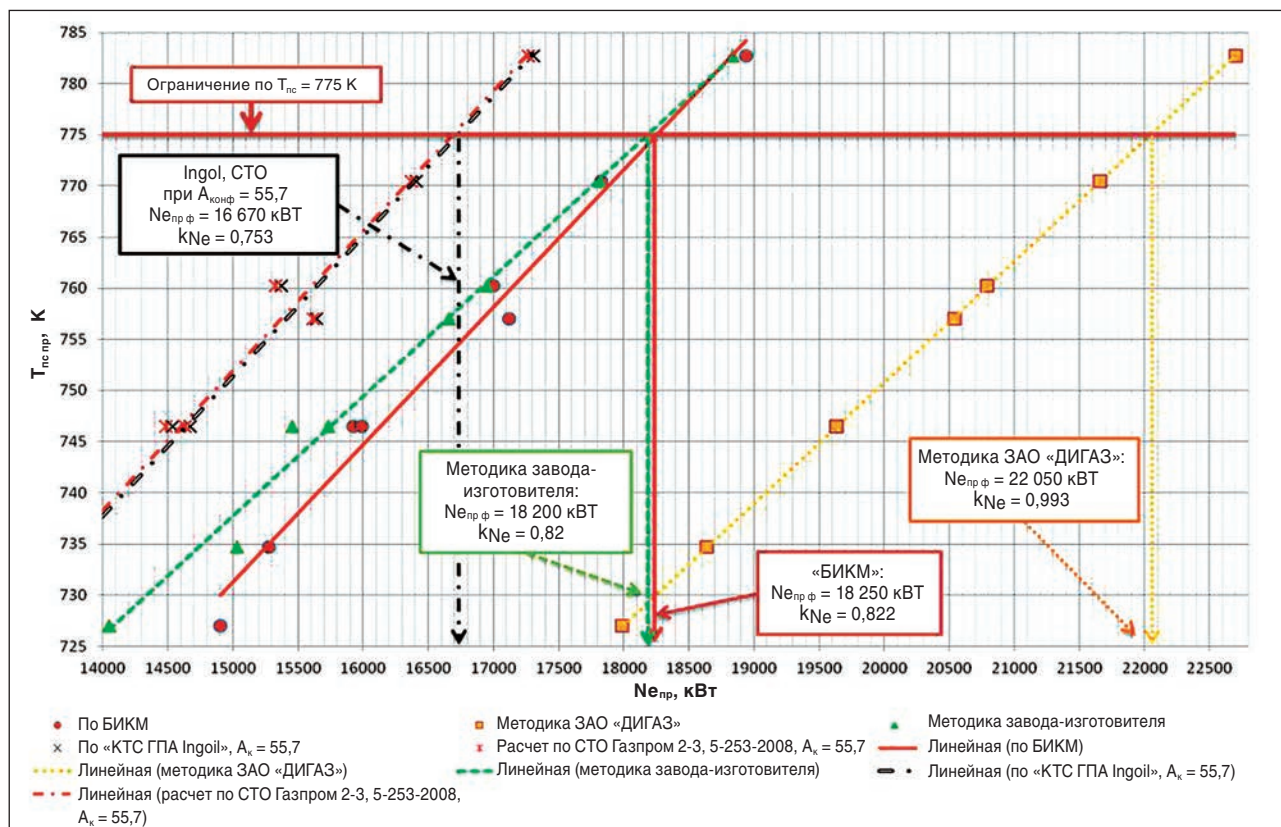


Рис. 2. Графическое представление результатов расчета мощности по различным методикам

- огромный вклад в точность определения мощности по СТО Газпром 2-3.5-253-2008 и ПР 5131323949-43-99 вносит значение коэффициента расхода конфузора;

- разночтение конечных результатов при одинаковых исходных данных;

- невозможность объективного сравнения методик между собой из-за преобладания математической модели в основе каждой из методик.

Альтернативным решением является метод прямого измерения

крутящего момента. Существенное преимущество данного метода обуславливается тем, что для определения мощности помимо измеренного крутящего момента требуется лишь достаточно точное измерение частоты вращения силового вала.

$$N = M\omega, \quad (1)$$

где N – мощность, M – крутящий момент на валу, ω – угловая скорость.

Учитывая, что $\omega = 2\pi n$, окончательное выражение для определения мощности принимает вид:

$$N = M2\pi n, \quad (2)$$

где n – частота вращения силового вала (с^{-1}).

Современные измерители крутящего момента (ИКМ) обеспечивают погрешность 1 % при определении крутящего момента. Благодаря этому ИКМ занимают лидирующую позицию среди альтернативных средств измерения мощности ГПА.

В целях повышения эффективности диагностического обслуживания ГПА ГТК-25ИР в ООО «Газпром трансгаз Москва» на агрегат данного типа был установлен бесконтактный измеритель крутящего момента (БИКМ) отечественного производства ООО ФПК «Космос-Нефть-Газ». Установленный БИКМ М-106М-64000-3 имеет верхний предел измерения крутящего момента 64 000 Н·м.

Установка БИКМ на ГТК-25ИР позволила объективно оценить техническое состояние и провести сравнительный анализ существующих методик расче-

Таблица 1. Эффективная фактическая мощность и КТС по мощности

Наименование методики	$N_{\text{ф.ф.}}^{\text{ф}}$, кВт	КТС*
Методика применения БИКМ	18 250	0,822
Методика ЗАО «ДИГАЗ»	22 050	0,993
Методика завода-изготовителя	18 200	0,82
«КТС ГПА Ingoil»	16 670	0,753
СТО Газпром 2-3.5-253-2008	16 670	0,753

*Согласно СТО 2-1.20-122-2007 нормативное значение КТС по мощности для ГПА ГТК-25ИР составляет 0,9.

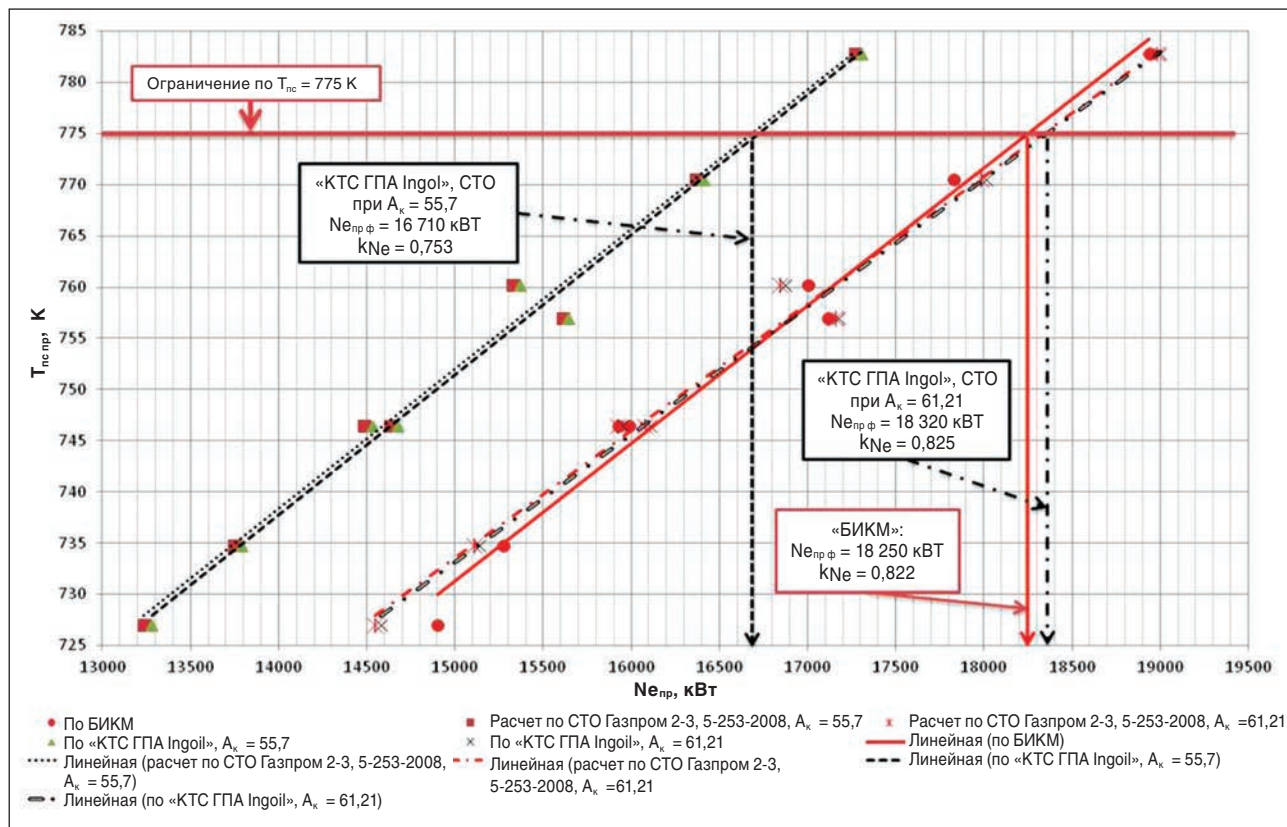


Рис. 3. Графическое представление результатов уточнения коэффициента расхода конфузора

та по результатам проведенных теплотехнических испытаний.

По данным, полученным в ходе теплотехнических испытаний, по рассматриваемым методикам произведен расчет эффективной фактической мощности, а также коэффициента технического состояния (КТС) по мощности. Результаты расчета эффективной фактической мощности представлены на рис. 1. Результаты расчета КТС по мощности представлены в табл. 1.

Наблюдается существенное расхождение результатов расчета по методике ЗАО «ДИГАЗ» ($N_{эф0} = 22\,050 \text{ кВт}$) и по методике применения БИКМ ($N_{эф0} = 18\,250 \text{ кВт}$). Завышенные значения выходных параметров крайне негативно сказываются в дальнейшей перспективе эксплуатации ГПА. Это повлечет за собой некорректный анализ состояния ГПА и, следовательно, несвоевременное определение развития возможных дефектов, способствующих снижению ре-

сурса и возможному возникновению аварийной ситуации.

Методика завода-изготовителя, основанная на определении расхода по характеристике нагнетателя, дала вполне удовлетворимую сходимость с методикой применения БИКМ. Погрешность определения эффективной фактической мощности по методике завода-изготовителя составила менее 0,3 %.

Существенное отличие результатов, полученных по СТО Газпром 2-3.5-253-2008 и по программному комплексу «КТС ГПА Ingoil», от методики применения БИКМ может объясняться некорректным значением коэффициента расхода конфузора. При расчете коэффициент расхода конфузора принимался равным $A_k = 55,7 \text{ м}^{2,5}/\text{мин}$ согласно СТО Газпром 2-3.5-253-2008.





В процессе обработки результатов производилось уточнение коэффициента расхода конфузора путем обратного пересчета мощности (после уточнения $A_k = 61,21 \text{ м}^{2,5}/\text{мин}$). При дальнейшем расчете мощности по СТО Газпром 2-3.5-253-2008 и по программному комплексу «КТС ГПА Ingoil» значения совпадали со значениями, полученными по методике применения БИКМ (см. рис. 2).

Полученные данные указывают на необходимость уточнения коэффициента расхода конфузора, принятого в СТО Газпром 2-3.5-253-2008 для ГПА ГТК-25ИР.

Прежде чем начать реализацию полученного опыта на всем парке ГПА ГТК-25ИР, планируется повторное проведение теплотехнических испытаний, дополненных применением ультразвукового расходомера (УЗР). Совместное использование УЗР и БИКМ исключает влияние измерительного оборудования при определении коэффициента расхода конфузора.

Несмотря на расхождение результатов, полученных по методике применения БИКМ и по программному комплексу «КТС ГПА Ingoil» при значении

коэффициента расхода конфузора, принятому согласно СТО Газпром 2-3.5-253-2008 $A_k = 55,7 \text{ м}^{2,5}/\text{мин}$, можно сказать, что данный программный комплекс наиболее предпочтителен. При введении уточненного коэффициента расхода конфузора в исходные данные при расчете мощности с помощью программного комплекса «КТС ГПА Ingoil» наблюдается сходимость результатов с методикой применения БИКМ.

Преимущества использования программного комплекса «КТС ГПА Ingoil» следующие:

- оперативность определения технического состояния ГПА;
- отсутствие необходимости специального обучения персонала;
- удобство хранения информации и проведения сравнительного анализа;
- наглядность результатов анализа данных теплотехнических испытаний.

Уточнение коэффициента расхода конфузора для всего парка ГПА ГТК-25ИР позволит с достаточной точностью определять КТС агрегатов при помощи СТО Газпром 2-3.5-253-2008, несмотря на наличие регулируемого соплового аппарата турбины низкого давления. Также не будет необходимости разработки и внедрения новых методик расчета мощности ГПА ГТК-25ИР. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. СТО Газпром 2-1.20-122-2007. Методика проведения энергоаудита компрессорной станции, компрессорных цехов с газотурбинными и электроприводными ГПА. – Информ.-рекламный центр газовой промышленности, 2007. – С. 115.
2. СТО Газпром 2-3.5-253-2008. Контроль качества оборудования при поставке и эксплуатации. Агрегаты газоперекачивающие с газотурбинным приводом. Аппараты воздушного охлаждения газа. – Газпром экспо, 2009. – С. 86.
3. Вертепов А.Г., Зарицкий С.П., Чинёнов В.В., Вертепов А.А. Модифицированная методика определения выходных показателей газотурбинных установок агрегатов ГТК-25ИР в условиях эксплуатации // Газотурбинные технологии. – 2013. – № 113. – С. 2–6.
4. Ольховский Г.Г. Тепловые испытания стационарных газотурбинных установок. – М.: Энергия, 1971. – С. 408.

REFERENCES

1. STO Gazprom 2-1.20-122-2007. Compressor station, compressor shop with gas and electric driven GPA energy audit methodic. LLC Gas industry inform-advertisement center. – 2007. – P. 115.
2. STO Gazprom 2-3.5-253-2008. Equipment quality control at supply and operation. Gas pumping aggregates with gas turbine drive. Gas air-cooling devices. – LLC Gazprom Expo, 2009. – P. 86.
3. Vertepov A.G., Zaritskiy S.P., Chinenov V.V., Vertepov A.A. Gas turbine aggregates output numbers definition modified method // Gas turbine technologies. – 2013. – № 113. – P. 2–6.
4. Olhovskiy G.G. Stationary gas turbines heat tests. – M.: Energy, 2009. – P. 408.