

П. М. Клепацкий, доцент; В. Н. Фарафонов, доцент;  
Т. Ф. Шкарупа, канд. техн. наук

## НОРМИРОВАНИЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ГАЗА ПО ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

In work is considered structure of the consumption fuel-energy resource (FER) objects of a gas transport system. The received of standardization methods of the consumption to electric powers and natural gas by all types compressor stations; the linear part of system gas main; a gas distribution and gas meter stations. The calculation of the technological losses of the gas at transport it by a gas transport system is worked. Testing calculations confirmed validity was a designing methodic.

**Введение.** Газотранспортная система (ГТС) ОАО «Белтрансгаз» является поистине уникальной системой по мощности, протяженности и сложности, не имеющей себе равных в Республике Беларусь. По ней осуществляется поставка природного газа внутренним потребителям республики и транзитная поставка российского природного газа в страны СНГ, Европы и Балтии. Газотранспортная система постоянно развивается, совершенствуется, меняет свою конфигурацию за счет включения в нее новых объектов и газопроводов.

В настоящее время газотранспортная система ОАО «Белтрансгаз» включает 7318 км газопроводов в одностороннем исчислении диаметром от 100 до 1400 мм.

Кроме того, в ее состав входят:

- 6 линейных компрессорных станций (КС) с 16 компрессорными цехами общей установленной мощностью 603 МВт;
- Осиповичское и Прибугское подземные хранилища газа (ПХГ) общим объемом 0,6 млрд. м<sup>3</sup> с КС мощностью 9,1 МВт;
- 231 газораспределительная станция (ГРС), 25 автомобильных газонаполнительных компрессорных станции (АГНКС) суммарной производительностью 9000 заправок в сутки.
- 6 газоизмерительных станций (ГИС).

Кроме того, ОАО «Белтрансгаз», обслуживает белорусский участок магистрального газопровода «Ямал – Европа» протяженностью 575 км, принадлежащий ОАО «Газпром».

Общий объем транспорта газа по собственной газотранспортной системе и по магистральному газопроводу «Ямал – Европа» в 2006 г. составил 65 млрд. м<sup>3</sup>. Из них белорусским потребителям было поставлено около 20,8 млрд. м<sup>3</sup> газа. Транзит составил 44,2 млрд. м<sup>3</sup>.

**Основная часть.** Правительством Республики Беларусь перед предприятиями топливно-энергетического комплекса поставлена задача повсеместного снижения себестоимости энергоносителей. В структуре затрат предприятия «Белтрансгаз» значительную долю составляют расходы на приобретение и оплату топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), затраченных на транспортировку газа по

газопроводам и расходы на поддержание системы газопроводов в надлежащем техническом состоянии, обеспечивающем безопасную эксплуатацию. Задача снижения себестоимости природного газа может быть выполнена только в рамках снижения затрат топливно-энергетических ресурсов на транспорт газа во всех элементах ГТС. Основой проведения анализа и оптимизации расходования ТЭР является нормирование.

В работе применяются следующие термины и определения [1, 2].

Собственные технологические нужды расхода ТЭР на транспорт газа включают следующие статьи расхода ТЭР: на компримирование газа, прочие технологические нужды.

Затраты газа при транспортировке его по ГТС – количество газа, затраченное на эксплуатацию и техническое обслуживание ГТС.

Расход газа на технологические топливные нужды (топливный газ) – расход природного газа, используемого в качестве топлива привода газоперекачивающих агрегатов (ГПА).

Расход ТЭР на прочие технологические нужды – расход природного газа и электроэнергии, необходимый для проведения прочих технологических операций по поддержанию работоспособности и требуемого режима эксплуатации газопроводов.

Технологические потери газа – потери природного газа, связанные с принятой схемой и технологией транспортировки газа и обусловленные степенью совершенства технологии, а также уровнем техники и технических средств, применяемых в ГТС.

Технически неизбежные потери (ТНП) – потери природного газа, связанные с качеством оборудования, его техническими характеристиками, длительностью эксплуатации и т. д. ТНП входят в состав технологических потерь.

Нормы расхода природного газа и электроэнергии на собственные технологические нужды транспорта газа – научно и технически обоснованные величины расхода, устанавливаемые в нормативной документации, характеризующие предельно допустимые значения потребления природного газа и электроэнергии на единицу полезной работы объекта при регламентирован-

ных условиях эксплуатации в планируемый период.

В качестве меры полезной работы объектов при транспорте природного газа используются:

- при нормировании расхода топливного газа или электроэнергии на компримирование в компрессорном цехе (КЦ) – политропную работу сжатия (ПРС);

- при нормировании технологических потерь природного газа на линейную часть (ЛЧ) газопровода – объем (запас) природного газа в газопроводе;

- при нормировании расхода газа и электроэнергии на собственные технологические нужды по ГТС – товаротранспортную работу.

Индивидуальная норма (норматив) расхода топливного газа на компримирование в КЦ с газотурбинным приводом или электроэнергии для КЦ с электроприводом – научно и технически обоснованная норма расхода природного газа или электроэнергии, характеризующая предельно допустимое потребление природного газа или электроэнергии для конкретного типа ГПА на 1 кВт·ч ПРС применительно к фактическим условиям работы КЦ.

Индивидуальная норма технологических потерь природного газа на линейной части газопровода – научно и технически обоснованная норма потерь природного газа, характеризующая предельно допустимые технологические потери природного газа на ЛЧ, отнесенные к объему (запасу) природного газа в газопроводе для конкретного диаметра газопровода.

Основным методом определения индивидуальных норм расхода ТЭР на собственные технологические нужды является расчетно-аналитический метод с использованием паспортных характеристик и опытно-статистических данных о действительных расходах ТЭР в различных эксплуатационных условиях.

Нормы расхода ТЭР на собственные технологические нужды по ГТС – удельные показатели расхода ТЭР для производства единицы товаротранспортной работы при регламентированных условиях эксплуатации объектов в планируемый период. Рассчитываются на основе соответствующих нормативных потребностей в ТЭР на собственные технологические нужды.

Нормативные потребности КЦ и КС в ТЭР на собственные технологические нужды – абсолютные показатели расхода ТЭР, используемых на собственные технологические нужды объектами за плановый период.

Нормативные потребности КЦ и КС в ТЭР на вспомогательные производственно-эксплуатационные нужды – абсолютные показатели расхода природного газа и электроэнергии,

используемых на вспомогательные производственно-эксплуатационные нужды объектом за плановый период.

Затраты природного газа при транспортировке его по ГТС состоят из расхода газа на собственные технологические нужды и расхода его на технологические потери, включающие в себя технически неизбежные потери.

В первую очередь проводится расчет нормативного планового режима транспорта газа по ГТС. Для этого требуется следующая информация:

- план по объему транспорта природного газа на планируемый период, детализированный по величинам поставок природного газа от источников и подачи потребителям;

- нормативные показатели технического состояния оборудования КС и линейной части;

- свойства транспортируемого природного газа: значение температуры транспортируемого природного газа на выходе из аппаратов воздушного охлаждения (АВО), низшая теплота сгорания газа, плотность газа;

- средняя температура атмосферного воздуха за планируемый период.

Расчет нормативных плановых режимов производится по программе, минимизирующей затраты ТЭР на компримирование газа.

По результатам расчета нормативного планового режима получают следующие данные, используемые для нормирования расхода газа или электроэнергии на КЦ:

- данные о числе агрегатов каждого типа, включаемых в работу;

- объем газа, перекачиваемый КЦ за планируемый период времени;

- значения давлений и температур природного газа на входе и выходе ГПА КЦ.

Исходными данными для расчета объемов газа, обусловленных технологическими потерями, на ЛЧ и газопроводах-отводах ГТС являются данные о длине и внутреннем диаметре, средней температуре и давлении по каждому участку на планируемый период. Для расчета объемов технически неизбежных потерь по объектам ГТС – количество фланцевых соединений, запорно-регулирующей арматуры, предохранительных клапанов, свечных кранов, их диаметр и время работы источников ТНП.

**Расчет потребности ГТС в топливном газе или электроэнергии для компримирования** (рис. 1–2). По результатам расчета нормативного планового режима определяют политропную работу сжатия каждого КЦ. Потребность в топливном газе на планируемый период для КЦ с газотурбинным приводом на компримирование определяют на основе рассчитываемых по техническим характеристикам ГПА, индивидуальным нормам расхода топливного газа цеха и объема политропной работы сжатия КЦ.

Потребность в электроэнергии на планируемый период для КЦ с электроприводом на компримирование определяют на основе рассчитываемых по техническим характеристикам ГПА, индивидуальным нормам расхода электроэнергии цеха и объема политропной работы сжатия КЦ.

Потребность КС в топливном газе или электроэнергии для компримирования на планируемый период определяют суммированием потребностей, рассчитанных для КЦ.

Потребность организации в топливном газе или электроэнергии для компримирования на планируемый период определяют суммированием потребностей, рассчитанных для КС.

#### Расчет количества газа на прочие технологические нужды объектов ГТС (рис. 1).

1. Расход природного газа на прочие технологические нужды КЦ:

- расход природного газа на пуски, остановки ГПА;
- расходы природного газа на эксплуатацию и техобслуживание технологического оборудования КЦ.

2. Расход природного газа на технологические нужды линейной части магистрального газопровода, ГИС и ГРС:

- на перестановку запорной арматуры магистрального газопровода (МГ);
- на периодическую очистку газопроводов очистными устройствами;
- на продувку участков газопроводов при проведении огневых работ;
- на стравливание участков газопроводов;
- на заправку метанольных установок;
- на продувку пылеуловителей;
- подогревателями газа на ГРС;
- при подрыве предохранительных клапанов;
- регуляторами давления типа РД, РДУ и др.;
- на перестановку запорной арматуры на объектах ГРС;
- на заправку одоризационных установок;

- на продувку участков газопроводов ГРС;
- системой КИПиА;
- топочными (котельными) собственными нужд;

#### Расход электроэнергии на прочие технологические нужды (рис. 2).

1. Расход электроэнергии на технологические нужды КЦ:

- аппаратами воздушного охлаждения газа;
- аппаратами воздушного охлаждения воды;
- объектами системы КИПиА.

2. Расход электроэнергии на технологические нужды ЛЧ магистрального газопровода состоит из потребления электроэнергии:

- объектами системы КИПиА;
- установками электрохимической защиты (ЭХЗ).

3. Расход электроэнергии на технологические нужды ГРС и ГИС состоит из потребления электроэнергии:

- объектами системы телемеханики, КИПиА;
- установками ЭХЗ.

4. Потери электроэнергии в сетях и трансформаторах.

#### Расчет количества газа на технологические потери ГТС (рис. 1).

1. Технологические потери газа на КЦ обусловлены качеством оборудования, его техническими характеристиками, длительностью эксплуатации. В их состав входят:

- потери газа по фланцевым и штуцерным соединениям, уплотнениям штоков запорной арматуры, через предохранительные клапаны;
- потери газа через нормально-закрытые свечные краны, допустимые стандартом;

2. Технологические потери природного газа на линейной части, ГРС и ГИС включают в себя потери газа:

- через сквозные повреждения трубопроводов линейной части;
- технически неизбежные потери на линейной части, ГРС и ГИС:

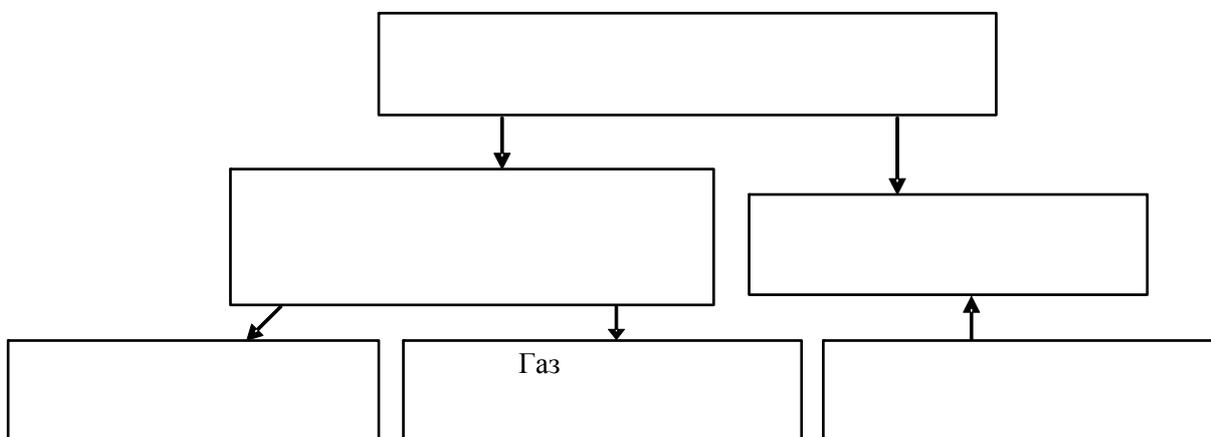


Рис. 1. Основные статьи расхода природного газа на собственные технологические нужды транспорта газа

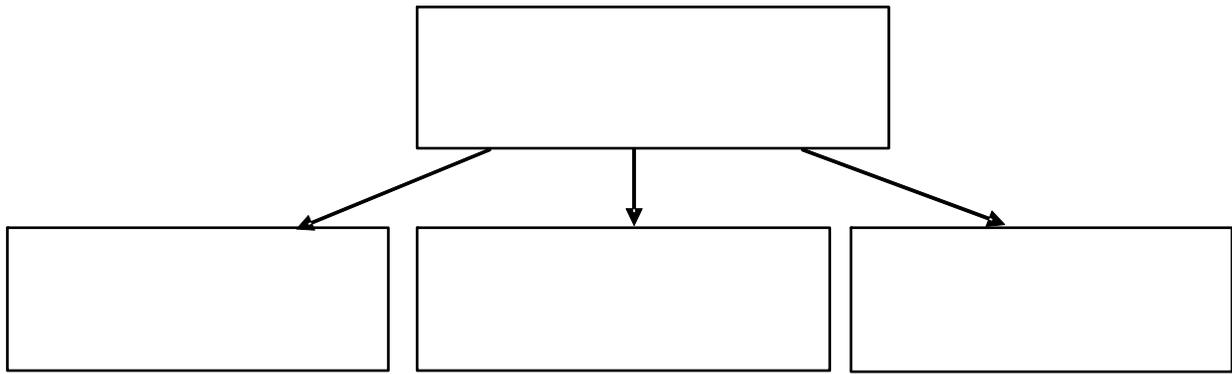


Рис. 2. Основные статьи расхода электроэнергии на собственные технологические нужды транспорта газа

– по фланцевым и штуцерным соединениям и через предохранительные клапаны;  
 – нормально-закрытые свечные краны, допустимые стандартом.

Нормы расхода электроэнергии  $H_e$  и природного газа  $H_g$  на собственные нужды ГТС определяются по формулам:

$$H_e = \frac{E_e}{A_{\text{ттр}}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{млн. м}^3\cdot\text{км}), \quad (1)$$

$$H_g = \frac{E_g}{A_{\text{ттр}}}, \text{ кг у.т.}/(\text{млн. м}^3\cdot\text{км}), \quad (2)$$

где  $E_e$  и  $E_g$  – суммарные планируемые потребности в электроэнергии и природном газе на собственные нужды по всей системе, складывающиеся из суммы всех затрат электроэнергии и газа по всем энергопотребляющим объектам ГТС;  $A_{\text{ттр}}$  – суммарная товаротранспортная работа по всей ГТС, рассчитываемая по формуле

$$A_{\text{ттр}} = \sum_{i=1}^n V_i \cdot L_i, \text{ млн. м}^3\cdot\text{км}, \quad (3)$$

где  $V_i$  – количество транспортируемого природного газа по  $i$ -му участку газопровода за отчетный или планируемый период времени, млн. м<sup>3</sup>;  $L_i$  – длина  $i$ -го участка магистрального газопровода, км.

**Заключение.** В представленной работе разработана методика нормирования потребления электроэнергии и природного газа всеми типами КС, ЛЧ, ГРС и ГИС; расчета технологических потерь газа в газотранспортной системе.

По данным, предоставленным ОАО «Белтрансгаз», проведены поверочные расчеты, подтверждающие достоверность разработанной методики.

### Литература

1. Методика определения норм расхода и нормативной потребности в природном газе на собственные технологические нужды магистрального транспорта газа: РД 153-39.0-112-2001. – М.: ООО «НИПГТТ и ВНИИГАЗ», 2001. – 28 с.
2. Положение о нормировании расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь: утв. постановлением Комитета по энергоэффективности при СМ РБ 19.11.2002, № 9. – 13 с.