

А.А. Андрижиевский, профессор; А.В. Романейко, аспирант;
О.Н. Веремеева, инженер (ОИЭЯИ «Сосны» НАНБ);
Л.В. Новаш, науч. сотрудник (ОИЭЯИ «Сосны» НАНБ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СХЕМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ТУРБОДЕТАНДЕРОМ

Main schemes of gas distribution with turbodetander are considered. Calculated results of turbodetander installation on GDS «Severnaya» are demonstrated.

Беларусь бедна собственными энергоносителями, поэтому важнейшее значение в последнее время приобретает использование вторичных источников энергии.

Одним из перспективных направлений в области энергосбережения является использование энергии избыточного давления природного газа на узлах его редуцирования. Данный способ частичного решения энергетической проблемы проще и дешевле строительства традиционных энергоблоков.

Система газоснабжения Беларуси включает магистральные трубопроводы, эксплуатируемые открытым акционерным обществом «Белтрансгаз», и газовые сети концерна «Белтопгаз». Протяженность магистральных трубопроводов в одноконтурном исполнении составляет около 6 тыс. км, а суммарная протяженность газовых сетей концерна «Белтопгаз» – порядка 19 тыс. км. В систему газораспределения входят также более 190 газораспределительных станций (ГРС) и газораспределительных пунктов (ГРП).

В структуре потребления топлива в Беларуси на долю природного газа приходится $\approx 70\%$. В связи с этим потенциал «даровой» энергии достаточно велик.

По существующим магистральным трубопроводам газ транспортируется с давлением до 5,5 МПа; в перспективе возможно увеличение давления до 10 МПа. Давление на ГРС и ГРП уменьшается до значений 1,2 и 0,15 МПа соответственно.

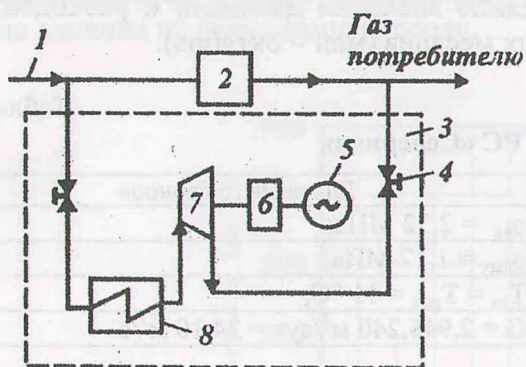


Рис. 1. Принципиальная схема УТДУ для выработки электроэнергии на ГРС:

- 1 – подвод газа к ГРС; 2 – ГРС (ГРП);
- 3 – УТДУ; 4 – кран; 5 – электрогенератор;
- 6 – редуктор; 7 – турбодетандер;
- 8 – подогреватель газа

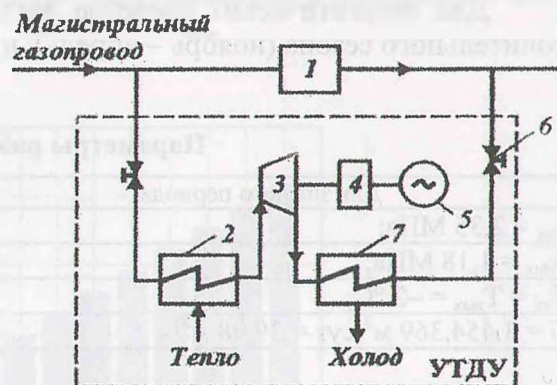


Рис. 2. Принципиальная схема для выработки электроэнергии и холода на ГРС:

- 1 – ГРС (ГРП); 2 – подогреватель газа;
- 3 – турбодетандер; 4 – редуктор; 5 – электрогенератор;
- 6 – кран; 7 – потребитель холода

Уменьшение давления газа обычно производится в дросселирующих устройствах различных типов, в которых энергия избыточного давления расходуется на преодоление гидравлических сопротивлений и, таким образом, безвозвратно теряется.

Использовать этот перепад давления можно с помощью турбодетандеров.

Турбодетандер – это турбинная машина для охлаждения газа за счет его расширения с совершением внешней работы, которая является основным элементом утилизационных турбодетандерных установок (УТДУ). По конструкции они представляют собой одно- или многоступенчатую турбину с неподвижными направляющими соплами и подвижными лопатками, расположенными на вращающемся роторе.

В соответствии с законами термодинамики сработка избыточного давления природного газа в турбодетандерах сопровождается резким снижением температуры газа, что становится причиной выпадения твердых гидратов воды и пропангектановой фракции, что может вызывать аварии в работе агрегата (при давлении газа на выходе из турбодетандера 0,3 МПа температура понижается до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$). Во избежание этого негативного явления в настоящее время применяют предварительный подогрев природного газа перед турбодетандером до температуры, гарантирующей его безопасную работу. Природный газ подогревают также и после турбодетандера в целях обеспечения нормальной работы горелочных и топочных устройств в потребительских установках.

Преобладающее число УТДУ в различных странах используется для получения электроэнергии, т. е. турбодетандеры служат для привода электрогенераторов. Типичная схема такой установки показана на рис. 1.

Турбодетандерная установка подключается параллельно ГРС (ГРП). Поскольку при малых расходах газа через турбодетандер целесообразно иметь повышенную частоту вращения, между турбодетандером и электрогенератором размещается редуктор.

Также утилизационные установки можно использовать для совместного получения электроэнергии и холода. Схема одной из возможных установок показана на рис. 2. По сравнению с утилизационной установкой, изображенной на предыдущем рисунке, в данном случае после турбодетандера размещен потребитель холода.

Для примера рассмотрим внедрение детандер-генераторного агрегата на ГРС «Северная» Минского управления магистрального газопровода (УМГ) ОАО «Белтрансгаз». Параметры газа на данной ГРС (табл. 1) позволяют использовать существующий перепад давления ($\sim 1,1\text{ МПа}$) для получения электрической энергии. По техническим характеристикам для данных параметров наиболее приемлем детандер-генераторный агрегат ДГА-2500, серийно выпускаемый фирмой «Криокор».

Для энергетических расчетов взяты средние значения давлений и расходов для отопительного сезона (ноябрь – апрель) и летних месяцев (май – октябрь).

Таблица 1

Параметры работы ГРС «Северная»

Для зимнего периода	Для летнего периода
$p_{\text{вх}} = 2,35\text{ МПа};$	$p_{\text{вх}} = 2,32\text{ МПа};$
$p_{\text{вых}} = 1,18\text{ МПа};$	$p_{\text{вых}} = 1,17\text{ МПа};$
$T_{\text{вх}} = T_{\text{вых}} = -2\text{ }^{\circ}\text{C};$	$T_{\text{вх}} = T_{\text{вых}} = 11\text{ }^{\circ}\text{C};$
$G = 3,454,369\text{ м}^3/\text{сут} = 39,98\text{ м}^3/\text{с}$	$G = 2,946,240\text{ м}^3/\text{сут} = 34,10\text{ м}^3/\text{с}$

Таблица 2

Расчетные энергетические параметры при установке ДГА-2500 на ГРС «Северная»

	Летний период	Зимний период	Всего за год
Выработка электроэнергии на ДГА, МВт·ч	4182	4893	9075
Экономия условного топлива на ГРС, т у.т.	1213	1420	2634

Расчет показал, что при установке выбранного детандер-генераторного агрегата на ГРС «Северная» будут достигнуты следующие энергетические параметры (табл. 2).

Для расчета экономических показателей внедрения детандер-генераторного агрегата на ГРС «Северная» приняты капитальные затраты в размере 230 \$/кВт на единицу установленной мощности. Для других энергетических источников, использующих нетра-

диционные виды энергии, этот показатель значительно выше (например, для ветровой электростанции – 1000 \$/кВт; для ГЭС малой мощности – 2500 \$/кВт, для солнечной электростанции – 3000 \$/кВт) [1].

Расчетные экономические показатели внедрения детандер-генераторного агрегата на ГРС «Северная» представлены в табл. 3.

Таблица 3

Расчетные экономические показатели

Показатель	Расчетное значение
Капитальные вложения, \$	575,000
Годовая производительность ДГА, кВтч	9,074,880
Стоимость вырабатываемой за год электроэнергии, \$	315,712
Период окупаемости, лет	1,82
Учетная норма прибыли, % в год	55
Чистая текущая ценность, \$	1824411,2
Внутренняя норма рентабельности, %	54,8
Индекс рентабельности	4,17
Стоимость 1 кВт установленной мощности, \$/кВт	273,8
Экономия топлива за год, т у. т.	2634
Экономия топлива за весь ресурс работы, т у. т.	39,510

На рис. 3 отображено распределение прибыли по проекту в течение всего срока эксплуатации.

Результаты расчета использования турбодетандерной установки ДГА-2500 на ГРС «Северная» Минского УМГ ОАО «Белтрансгаз» показали, что количество энергии, произведенной с помощью ДГА, может составить около 9 тыс. МВт·ч, годовая экономия топлива – ~ 2700 т у. т. Расчетный срок окупаемости проекта составляет ~ 2 года.

На основании многолетнего опыта работы в газовой промышленности отмечено, что применение турбодетандерных агрегатов для подготовки и переработки газа обуславливает простоту, надежность, низкую металлоемкость конструкций, широкий диапазон режимов работы, а также минимальное количество обслуживающего персонала и отсутствие влияния на окружающую среду.



Рис. 3. Распределение прибыли по проекту

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что рекуперация энергии избыточного давления природного газа на узлах его редуцирования является экономически и

энергетически выгодной, а потому целесообразно внедрение турбодетандерных установок на объектах транспорта и распределения газа.

ЛИТЕРАТУРА

Степанец А.А. Энергосберегающие турбодетандерные установки. – М.: Недра, 1999. – 258 с.

