

УДК 622.692.4.076:62-533.65

## Определение тепловых потерь подогревателя газа газораспределительной станции с промежуточным теплоносителем

В.М. Янчук<sup>1\*</sup>, И.В. Шишкин<sup>2</sup>, С.А. Шкулов<sup>2</sup>, Д.В. Федотов<sup>2</sup>,  
П.А. Кузьбожев<sup>2</sup>, А.В. Сальников<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ООО «Газпром трансгаз Ухта», Российская Федерация, 169300, Республика Коми, г. Ухта, наб. Газовиков, д. 10/1

<sup>2</sup> Филиал ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в г. Ухта, Российская Федерация, 169330, Республика Коми, г. Ухта, ул. Севастопольская, д. 1-а

<sup>3</sup> ООО «Транснефть – Порт Приморск», Российская Федерация, 188910, Ленинградская обл., Выборгский р-он, пр. Портовый (Приморская тер.), д. 7

\* E-mail: v.yanchuk@sgp.gazprom.ru

**Тезисы.** В качестве устройств подогрева газа газораспределительной станции (ГРС) наибольшее распространение получили подогреватели газа с промежуточным теплоносителем. В соответствии с данными производителей, коэффициент полезного действия подогревателей рассматриваемого типа в номинальном режиме работы составляет 82 % (87 % у современных моделей). Фактически, эффективность работы устройств может быть значительно ниже обозначенного уровня, что обусловлено рядом негативных факторов, к которым могут быть отнесены тепловые потери в окружающую среду вследствие недостаточной эффективности мероприятий по теплоизоляции корпуса подогревателя.

С целью определения особенностей теплообмена между действующими подогревателями газа и окружающей средой было выполнено детальное тепловизионное обследование и расчетное моделирование подогревающего оборудования ГРС. В результате анализа полученных сведений установлено:

- общие тепловые потери тепловой энергии в подогревателе ранней конструкции достигают 4,1 % от общей генерируемой тепловой мощности устройства;
- в зимний период, в режиме высокой производительности теплогенератора, до 2,6 % получаемой тепловой мощности приходится на тепловые потери через теплоизоляционный слой корпуса, до 0,5 % на тепловые потери через опоры корпуса и до 1 % на тепловые потери с открытых поверхностей приемной камеры дымовой трубы.

В качестве устройств подогрева газа газораспределительной станции (ГРС) наибольшее распространение получили подогреватели газа с промежуточным теплоносителем, включающие следующие основные узлы:

- стальной корпус (резервуар) с теплоизолированными стенками, заполненный промежуточным теплоносителем (вода, диэтиленгликоль);
- блок нагрева, состоящий из жаровой трубы с поворотным коробом и блоком дымогарных труб;
- блок сжигания топливного газа, включающий размещаемые в жаровой трубе основную и запальную горелки, трубопроводы топливного газа, управляющее и регулирующее оборудование;
- теплообменник для нагрева газа, выполненный в виде трубной сборки, присоединенной к поворотной и разделительной двухобъемной камере с двумя патрубками с фланцами для присоединения подводящего и отводящего трубопроводов нагреваемого газа;
- блок автоматики.

При работе подогревателя высокотемпературные продукты сгорания природного газа последовательно проходят через жаровую и дымогарные трубы, передавая за счет конвективного теплообмена тепловую энергию промежуточному теплоносителю, который далее передает тепло проходящему по теплообменнику и нагреваемому природному газу.

**Ключевые слова:** подогреватель газа, теплообмен, тепловизионное обследование.

В соответствии с данными производителей коэффициент полезного действия (КПД) подогревателей рассматриваемого типа в номинальном режиме работы составляет 82 % (87 % у современных моделей). Фактически, эффективность работы устройств может быть значительно ниже обозначенного уровня, что обусловлено рядом негативных факторов, к которым могут быть отнесены теплотери в окружающую среду вследствие недостаточной эффективности теплоизоляции корпуса подогревателя.

В качестве средства теплоизоляции корпуса подогревателя типа ПТПГ-30 (ранней конструкции) применялись маты, имеющие оболочку из стеклоткани, заполняемые минеральной (базальтовой) ватой. Толщина теплоизоляционного слоя составляла 20...30 мм (рис. 1).

Опыт применения в качестве теплоизоляции материалов на основе минеральных нитей или волокон показывает, что с течением времени при относительно малом тепловом потоке через теплоизоляционный слой (в периоды отключения подогревателей) происходит его постепенное водонасыщение атмосферной влагой и уплотнение под собственным весом. В результате происходит снижение эксплуатационных характеристик теплоизоляции с увеличением коэффициента теплопроводности материала.

Для устранения основных недостатков теплоизоляционного слоя (водонасыщение, уплотнение) в современных устройствах используются твердые негорючие пористые теплоизоляционные материалы (например, пенополиуретан), показывающие при эксплуатации меньшую интенсивность снижения характеристик.

Также для повышения эффективности теплоизоляции толщина ее слоя в современных подогревателях значительно увеличена (в 3 раза и выше) до 100...110 мм.

### Результаты тепловизионного контроля, расчетное моделирование

С целью определения особенностей теплообмена между действующими подогревателями газа и окружающей средой было выполнено детальное тепловизионное обследование подогревающего оборудования ГРС. В качестве объекта контроля выступали подогреватели газа типа ПТПГ-30 ранних версий (срок эксплуатации – 25 лет) и усовершенствованной конструкции (срок эксплуатации – до 8 лет), характеризующиеся сходной теплопроизводительностью и имеющие отличия по организации теплоизоляции корпуса.

Фрагмент протокола, содержащего результаты тепловизионного контроля подогревателя газа ПТПГ-30 ранней конструкции, показан на рис. 2. Установлено, что теплоизоляция корпуса устройства недостаточна и при температуре промежуточного теплоносителя 55 °С и температуре воздуха минус 12 °С температура облицовочного стального слоя достигает 7 °С. К зонам интенсивного теплоотвода также относятся опоры (температура в зоне стыковки с корпусом достигает 40 °С), узел соединения теплогенератора с корпусом (присоединительный фланец), открытые части приемной камеры дымовой трубы.

Теплоизоляция корпуса подогревателя выполнена из минеральной ваты, в исходном состоянии имеющей коэффициент теплопроводности приблизительно 0,05 Вт/(м·К).



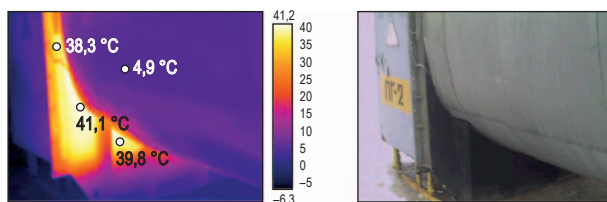
Рис. 1. Характерные нарушения теплоизоляционного покрытия корпуса подогревателя ПТПГ-30 с длительным сроком эксплуатации

Для условий эксплуатации обследуемого подогревателя температура поверхности при исправном состоянии теплоизоляции должна составлять не больше минус 7 °С, при этом плотность теплового потока с поверхности корпуса приблизительно составляет 120 Вт/м<sup>2</sup> (рис. 3). Фактически, зафиксированная температура поверхности корпуса (7 °С) обеспечивается при условии увеличения коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала до  $\lambda \approx 0,2$  Вт/(м·К), при этом плотность теплового потока примерно возрастает до 360 Вт/м<sup>2</sup> (увеличивается примерно в три раза).

Общая площадь поверхности корпуса подогревателя составляет примерно 24 м<sup>2</sup>, соответственно, объем теплопотерь приблизительно составит 9 кВт.

В соответствии с данными эксплуатирующей организации, секундный расход топливного природного газа составляет примерно 0,011 м<sup>3</sup>/с. При условии полной утилизации получаемого тепла (что недостижимо в реальных условиях) тепловая мощность устройства составит не менее 350 кВт, из которых 2,6 % составляют тепловые потери через корпус.

Для оценки теплопотерь через опоры корпуса (выполненные из стали и не имеющие теплоизоляционного слоя) выполнено расчетное

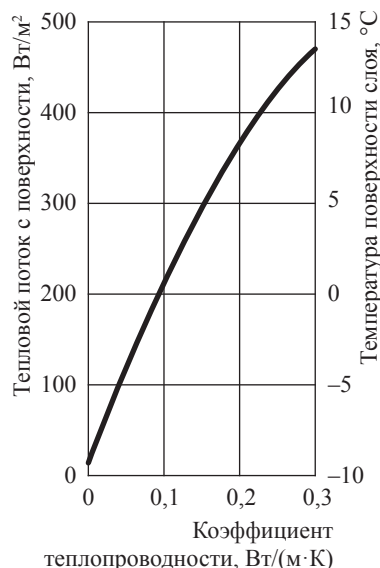
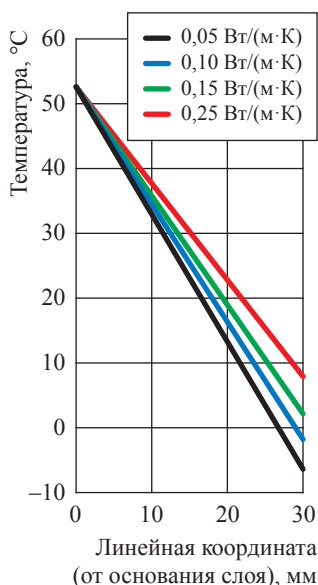
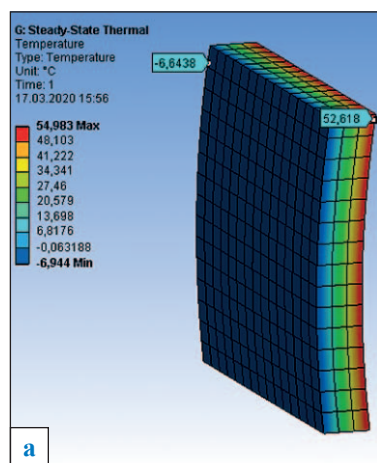


**Рис. 2. Результаты тепловизионного обследования подогревателя газа с промежуточным теплоносителем ранней конструкции**

моделирование процессов теплообмена, происходящих в подогревателе при заданном режиме работы (рис. 4), по результатам которого установлено следующее [1]:

- плотность теплового потока проходящего через металл опоры в месте присоединения к корпусу приблизительно составляет 33 кВт/м<sup>2</sup>;
- при условии, что общая площадь поверхности контакта двух опор с корпусом составляет 0,05 м<sup>2</sup>, объем теплопотерь через опоры составит 1,7 кВт или примерно 0,5 % от тепловой мощности теплогенератора.

Плотность теплового потока, отводимого в воздух от поверхности металла приемной камеры дымовой трубы, составляет примерно 1 кВт/м<sup>2</sup>. При полной площади поверхности



**Рис. 3. Оценка теплопотерь подогревателя типа ПТПГ-30 ранней конструкции (температура воздуха минус 12 °С, температура промежуточного теплоносителя 55 °С): а – поле распределения температур; б – график распределения температур по толщине слоя теплоизоляции в зависимости от коэффициента теплопроводности; в – тепловой поток с поверхности теплоизоляционного слоя при различном коэффициенте теплопроводности материала**

теплообмена, приблизительно составляющей 2,7 м<sup>2</sup>, теплопотери составят 2,7 кВт, или примерно 1 % от общей генерируемой тепловой мощности.

Тепловизионное обследование подогревателя усовершенствованной конструкции показало следующее:

- теплоизоляция корпуса достаточно эффективна, температура облицовочного слоя примерно соответствует или немного превышает температуру воздуха;
- поверхность приемной камеры дымовой трубы оснащена теплоизоляционным слоем с внешней облицовкой из стального листа с минимальными теплопотерями;
- наибольшая интенсивность излучения зафиксирована на опорах корпуса

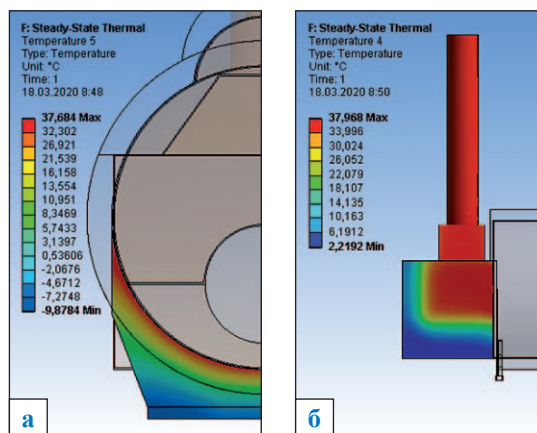


Рис. 4. Температура опор (а) и приемного короба дымовой трубы (б) в рабочем режиме работы контролируемого устройства (подогревателя типа ПТПГ-30 ранней конструкции)

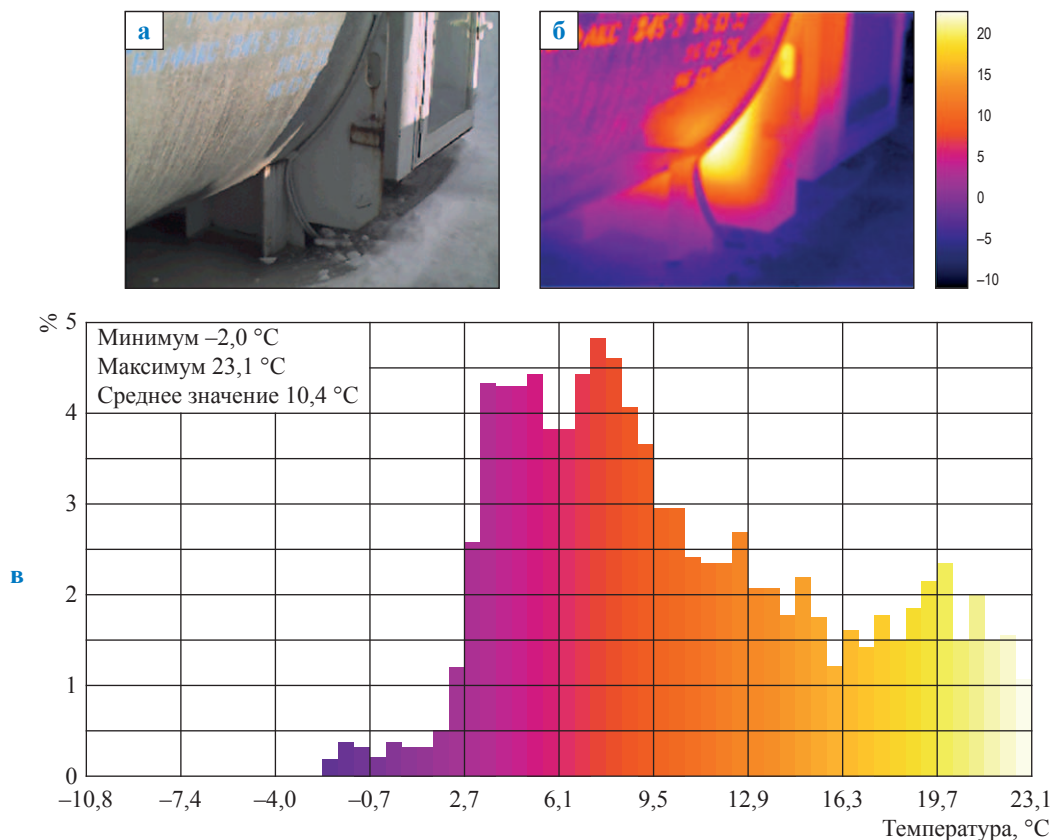


Рис. 5. Температура опоры подогревателя газа типа ПТПГ-30 новой конструкции (температура промежуточного теплоносителя – 32 °C, температура воздуха – минус 15 °C): а – общий вид устройства; б – тепловизионный снимок; в – распределение температуры по видимой поверхности опоры

и присоединительном фланце теплогенератора к корпусу (температура нагрева достигает 23 °С при температуре промежуточного теплоносителя 38 °С, рис. 4).

Результаты тепловизионного контроля и расчетного моделирования показывают, что в подогревателе типа ПТПГ-30 ранней конструкции имеют место значительные теплопотери:

- установлено, что в зимний период, в режиме высокой производительности теплогенератора, до 2,6 % получаемой тепловой мощности приходится на тепловые потери через теплоизоляционный слой корпуса, до 0,5 % на тепловые потери через опоры корпуса и до 1 % на тепловые потери с открытых поверхностей приемной камеры дымовой трубы;
- общие тепловые потери тепловой энергии в подогревателе ранней конструкции достигают 4,1 % от общей генерируемой тепловой мощности устройства.

В подогревателях новой конструкции имеет место снижение тепловых потерь, но оно незначительно, так как основные узлы теплоотвода (опоры корпуса, присоединительный

фланец теплогенератора) остаются так же, как и в подогревателях ранней конструкции открытыми и общие тепловые потери с теплоизлучающих поверхностей могут достигать 2 % (рис. 5).

\*\*\*

Одним из условий обеспечения высокой эффективности нагрева газа в подогревателях с промежуточным теплоносителем является минимизация тепловых потерь в окружающую среду, что может быть обеспечено, в том числе, за счет качественной теплоизоляции поверхностей теплоотвода. Реализация подобных решений позволит повысить КПД устройств без внедрения существенных изменений в конструкцию.

### Список литературы

1. Чигарев А.В. ANSYS для инженеров: справ. пособие / А.В. Чигарев, А.С. Кравчук, А.Ф. Смалюк. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 512 с.