

УДК 622.691.4

Д.И. Ширяпов, заместитель начальника лаборатории, ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,
e-mail: D_Shiryapov@vniigaz.gazprom.ru

ТЕРМОДИНАМИКА ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ГАЗОПРОВОДОВ

В условиях северной строительно-климатической зоны, где распространены многолетнемерзлые грунты, имеющие отрицательные температуры, проведение традиционных гидравлических испытаний магистральных газопроводов (МГ) при отрицательных температурах воздуха и грунта трудновыполнимо из-за возможного замерзания воды и сложности ее удаления.

В указанных условиях следует применять пневматический способ испытаний газопроводов на прочность воздухом. Однако и при пневматических испытаниях атмосферным воздухом в полость газопровода вносится значительное количество воды, удаление которой из газопровода при отрицательной температуре грунта крайне затруднено. Кроме того, в процессе срабатывания воздуха после выполнения испытания газопроводов пневматическим способом происходят интенсивные теплообменные процессы, которые необходимо принимать во внимание.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ В ГАЗОПРОВОДЕ ПРИ ЕГО ИСПЫТАНИИ ПНЕВМАТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

На рисунке 1 приведены зависимости влагосодержания воздуха при его 100%-ной относительной влажности от давления при различных температурах, построенные по данным [1].

Согласно требованиям [2], влагосодержание внутри газопровода после его осушки сухим воздухом должно соответствовать температуре точки росы минус 20 °С (при атмосферном давлении). Из рисунка 1 видно, что этой температуре точки росы соответствует влагосодержание около 0,63 г/кг (зеленая точка).

По мере повышения давления до испытательного в газопроводе происходит конденсация влаги из воздуха.

Для МГ с рабочим давлением 120 атм (11,8 МПа) давление испытания газопровода категории «Н» составит $11,8 \times 1,1 = 12,98$ МПа [3]. В газопроводе, проложенном в многолетнемерзлых грунтах, сконденсировавшаяся из воздуха влага за время испытания на прочность перейдет в твердое состояние и образует трудноудаляемую ледяную корку. Так, например, для МГ Бованенково-Ухта на участке КС Ярынская – КС Гагарацкая минимальная температура грунта на глубине заложения газопровода составляет минус 10,3 °С. Таким образом, в процессе проведения испытаний на прочность воздух перейдет в состояние, характеризующееся давлением около 13 МПа и тем-

пературой минус 10 °С. Из рисунка 1 видно, что влагосодержание воздуха при таких условиях составляет около 0,02 г/кг (синяя точка). Это означает, что из каждого килограмма воздуха в процессе испытаний в газопроводе выпадет в виде конденсата около 0,61 г воды. Суммарное количество воды, конденсирующейся в газопроводе при испытаниях (кг), определяется как

$$M_{\text{воды}} = \frac{\pi D_{\text{вн}}^2 L_{\text{пр}} \rho_{\text{Рисп}}^{\text{Тр}} (d_{\text{Рисп}}^{\text{Тр}} - d_{\text{Рисп}}^{\text{Тр}})}{4 \cdot 1000}, \quad (1)$$

где $D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр газопровода, мм; $L_{\text{пр}}$ – протяженность газопровода, мм; $\rho_{\text{Рисп}}^{\text{Тр}}$ – плотность воздуха при испытательном давлении и температуре грунта, кг/м³; $d_{\text{Рисп}}^{\text{Тр}}$ – массовое влагосо-



Рис. 1. Зависимость влагосодержания воздуха при его 100%-ной относительной влажности от давления при различных температурах

держание воздуха, подаваемого в газопровод при испытаниях, соответствующее его температуре точки росы при атмосферном давлении, г/кг; $d_{\text{Тгр}}^{\text{Тгр}}_{\text{Рисп}}$ – массовое влагосодержание воздуха при его 100%-ном относительном влагосодержании, температуре грунта и испытательном давлении, г/кг.

Из формулы (1) количество воды (льда), выпадающей при пневматических испытаниях на участке МГ Бованенково-Ухта от КС Яринская до КС Гагарацкая, протяженностью 120 км составляет около 16 т.

Из рисунка 1 видно, что с целью исключения конденсации влаги, воздух, подаваемый в газопровод в процессе испытаний, должен быть осушен до температуры точки росы не выше минус 60 °С при атмосферном давлении (коричневая точка).

Условие невыпадения конденсата в газопроводе в процессе испытаний пневматическим способом выглядит как

$$d_{\text{под.возд}} \leq d_{\text{исп.возд}} \quad (2)$$

где $d_{\text{под.возд}}$ – влагосодержание воздуха, подаваемого в газопровод при его испытаниях на прочность пневматическим способом, г/кг; $d_{\text{исп.возд}}$ – влагосодержание воздуха, находящегося в газопроводе при испытательном давлении и температуре грунта на глубине заложения газопровода, г/кг.

С учетом зависимости влагосодержания воздуха от его давления и температуры, приведенной в [4], из выражения (2) можно получить следующее условие для влагосодержания воздуха, подаваемого в газопровод:

$$d_{\text{под.возд}} \leq \frac{0,38 \cdot e^{\frac{17,5043 \cdot t_{\text{г}}}{t_{\text{г}} + 241,2}}}{P_{\text{исп}} - 0,000611 \cdot e^{\frac{17,5043 \cdot t_{\text{г}}}{t_{\text{г}} + 241,2}}} \quad (3)$$

где $t_{\text{г}}$ – температура грунта на глубине заложения газопровода, °С; $P_{\text{исп}}$ – испытательное давление, МПа.

Таким образом, при проведении пневматических испытаний газопроводов в условиях отрицательных температур на глубине заложения газопровода недостаточно обеспечивать влагосодержание воздуха, равное влагосодержанию при осушке газопровода сухим воздухом, а должно выполняться условие (3) по температуре точки росы воздуха, подаваемого в газопровод.

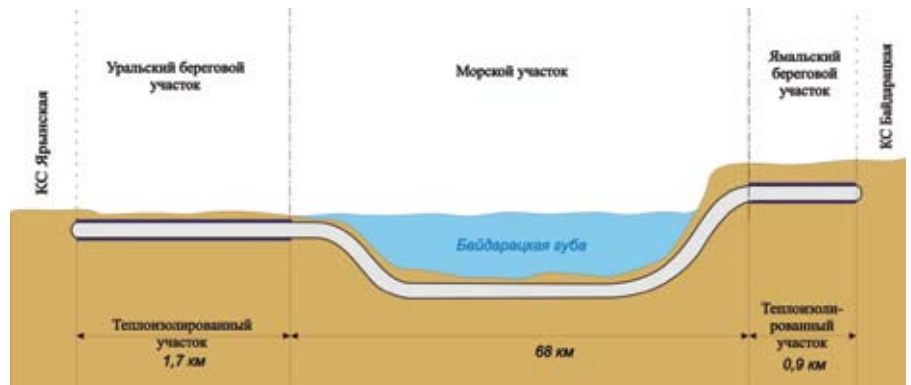


Рис. 2. Схема подводного перехода МГ Бованенково-Ухта через Байдарацкую губу

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ ПРИ ОПОРОЖНЕНИИ ГАЗОПРОВОДА, ИСПЫТАННОГО ПНЕВМАТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

После выдержки участка газопровода под испытательным давлением воздух из него выпускают в атмосферу. При этом происходит дросселирование, сопровождающееся необратимым расширением воздуха в газопроводе и его охлаждением [5]. Для МГ с рабочим давлением до 7,4 МПа, сооружаемых в условиях положительных температур на глубине заложения газопровода, данная особенность не имеет принципиального значения, поскольку температура газопровода в этом случае находится в приемлемых границах за счет достаточно интенсивного подвода теплоты извне и поддержания постоянного значения кинетической энергии воздуха.

В условиях сооружения МГ в северной строительной-климатической зоне применяется транспортировка газа при отрицательных температурах с целью недопущения растепления многолетнемерзлых грунтов. При этом используется теплоизоляция труб на участках газопровода надземной прокладки, а также пересекающих талики и водные преграды, с тем чтобы не нарушать их температурный режим. Кроме того, тепловая изоляция труб применяется также на участках газопровода с транспортом газа при положительных температурах, пролегающих по многолетнемерзлым грунтам. На таких участках теплообмен с окружающим трубопроводом грунтом затруднен и при быстром стравливании воздуха из газопровода после его испытания температура труб может значительно понизиться.

Это приведет к нарушению температурных ограничений, установленных техническими требованиями к трубам, соединительным деталям и арматуре, установленной на МГ.

Для количественной оценки процессов, происходящих при стравливании воздуха после пневматических испытаний участка газопровода, рассмотрим пример МГ Бованенково-Ухта на участке перехода через Байдарацкую губу, схема которого приведена на рисунке 2.

Протяженность подводного перехода составляет 70,6 км, он пролегает под земно по дну Карского моря, глубина воды в местах заложения составляет до 20 м. Температуры грунтов на глубине заложения газопровода на морской части участка от КС Байдарацкая до КС Яринская изменяется от –2 до +3 °С.

Подводный переход в соответствии с [6] испытывают на прочность пневматическим способом, на давление, равное 1,25 от рабочего, то есть $11,8 \times 1,25 = 14,75$ МПа.

Сухопутные участки подводного перехода через Байдарацкую губу (см. рис. 2) проложены в многолетнемерзлых грунтах и имеют тепловую изоляцию.

При проведении испытаний подводного перехода через Байдарацкую губу оборудование и техника размещаются на ямальском береговом участке. Отсюда следует, что при осушке данного участка сухим воздухом продувка будет осуществляться на открытый конец, находящийся на уральском береговом участке, и температура труб на этом участке протяженностью 1700 м будет непосредственно сказываться как на качестве осушки, так и на ее продолжительности. Таким образом, для

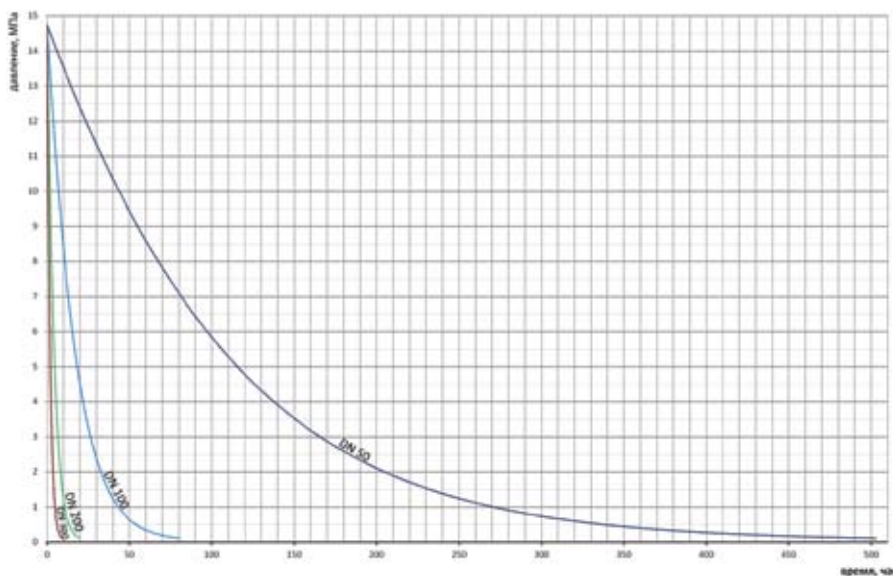


Рис. 3. Зависимости давления в магистральном газопроводе Бованенково-Ухта на участке перехода через Байдарацкую губу от времени при его опорожнении через продувочные свечи различного диаметра

определения оптимальных параметров стравливания воздуха по окончании пневматических испытаний следует рассматривать именно теплоизолированный участок на уральском берегу, как наиболее критичный.

При адиабатическом расширении от давления p_1 до p_2 температура воздуха изменяется как [8]

$$t_{\text{адиабат}} = t_{1\text{адиабат}} \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k_{\text{возд}} - 1}{k_{\text{возд}}}}, \quad (4)$$

но, учитывая, что теплоизолированный газопровод не является полностью адиабатической системой, согласно уравнению теплопроводности Фурье, количество тепловой энергии, Вт, передаваемой через 1 м длины его цилиндрической

стенки имеющей однослойную изоляцию, определяется как [9]

$$q_1 = \frac{2\pi\lambda_{\text{из}}(t_{\text{возд}} - t_{\text{гр}})}{\ln \frac{D_{\text{из}}}{D_{\text{н}}}} \quad (5)$$

где $\lambda_{\text{из}}$ – коэффициент теплопроводности изоляции, Вт/м·°С; $D_{\text{из}}$ – наружный диаметр изолированного трубопровода, м; $D_{\text{н}}$ – наружный диаметр трубопровода, м; $t_{\text{возд}}$ – температура воздуха в газопроводе, °С; $t_{\text{гр}}$ – температура грунта на глубине заложения газопровода, °С.

Для построения временной зависимости температуры в газопроводе в процессе стравливания из него воздуха рассмотрим единичный отрезок газопровода и разобьем процесс на множество ква-

зистационарных состояний, длящихся τ секунд, считая, что в каждом из них на воздух, находящийся в газопроводе, действует постоянный тепловой поток q_1 , Вт. За каждый промежуток времени τ_1 давление в газопроводе изменяется от P_{i-1} до P_i .

За период изменения давления в газопроводе с P_{i-1} до P_i из него вытекает масса воздуха, равная

$$M_i = \frac{\pi d^2}{4} L_{\text{тр}} (\rho_{i-1} - \rho_i), \quad \text{кг}, \quad (6)$$

где ρ_{i-1} – плотность воздуха, находящегося в газопроводе при условиях, соответствующих $i-1$ -му квазистационарному состоянию, кг/м³; ρ_i – плотность воздуха, находящегося в газопроводе при условиях, соответствующих i -му квазистационарному состоянию, кг/м³.

Период истечения массы воздуха, равной M составляет, с

$$\tau_i = \frac{\frac{\pi D_{\text{вн}}^2}{4} L_{\text{тр}} (\rho_{i-1} - \rho_i)}{G}, \quad (7)$$

где G – массовый расход воздуха при его истечении из газопровода, кг/с, равный при критическом и некритическом истечении соответственно

$$G = \begin{cases} s_{\text{св}} \sqrt{2 \frac{k_{\text{возд}}}{k_{\text{возд}} + 1} \left(\frac{2}{k_{\text{возд}} + 1} \right)^{\frac{2}{k_{\text{возд}} - 1}} \frac{P_i^2}{RT}} & \text{при } \frac{0,101325}{P_i} < \left(\frac{2}{k_{\text{возд}} + 1} \right)^{\frac{k_{\text{возд}}}{k_{\text{возд}} - 1}} \\ s_{\text{св}} \sqrt{2 \frac{k_{\text{возд}}}{k_{\text{возд}} - 1} \frac{P_i^2}{RT} \left[\left(\frac{0,101325}{P_i} \right)^{\frac{2}{k_{\text{возд}}}} - \left(\frac{0,101325}{P_i} \right)^{\frac{k_{\text{возд}} + 1}{k_{\text{возд}}}} \right]} & \text{при } \frac{0,101325}{P_i} \geq \left(\frac{2}{k_{\text{возд}} + 1} \right)^{\frac{k_{\text{возд}}}{k_{\text{возд}} - 1}} \end{cases} \quad (8)$$

На рисунке 3 приведены зависимости давления в МГ Бованенково-Ухта на участке перехода через Байдарацкую губу при его опорожнении через продувочные свечи различного диаметра, построенные исходя из зависимостей 4–8.

Из зависимостей, приведенных на рисунке 3, видно, что наиболее плавный режим стравливания имеет место при использовании продувочной свечи DN 50, но при этом опорожнение газопровода занимает более 500 часов. При использовании продувочной свечи DN 300 опорожнение занимает менее 10 часов, однако за счет резкого расширения воздуха температура газопровода может экстремально понизиться.

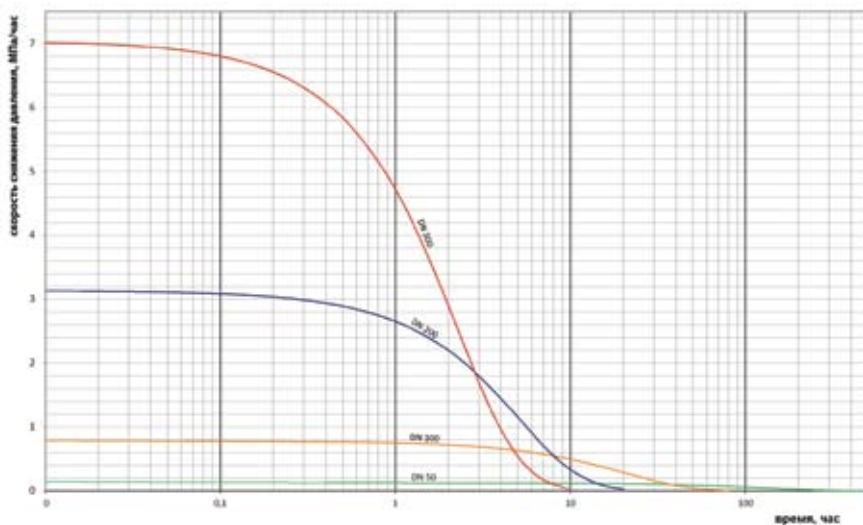


Рис. 4. Зависимости скорости снижения давления газопроводе от времени в процессе стравливания воздуха из подводного перехода через Байдарацкую губу

Изготовление деталей трубопровода

 Плоские приварные
 фланцы

 Воротниковые приварные
 фланцы

 Фланцы свободные
 на приварном кольце

 Прижимные фланцы для
 соединения пластиковых
 труб ПНД и ПВХ

 Нестандартные фланцы
 изготовление по
 чертежам заказчиков

Фланцевые заглушки АТК

Поворотные заглушки

Изготовление крепежа

Шпильки, болты, и т. д.

Анкерные болты

Закладные детали

Металлоконструкции

Фермы, стойки и т. д.

Винтовые сваи

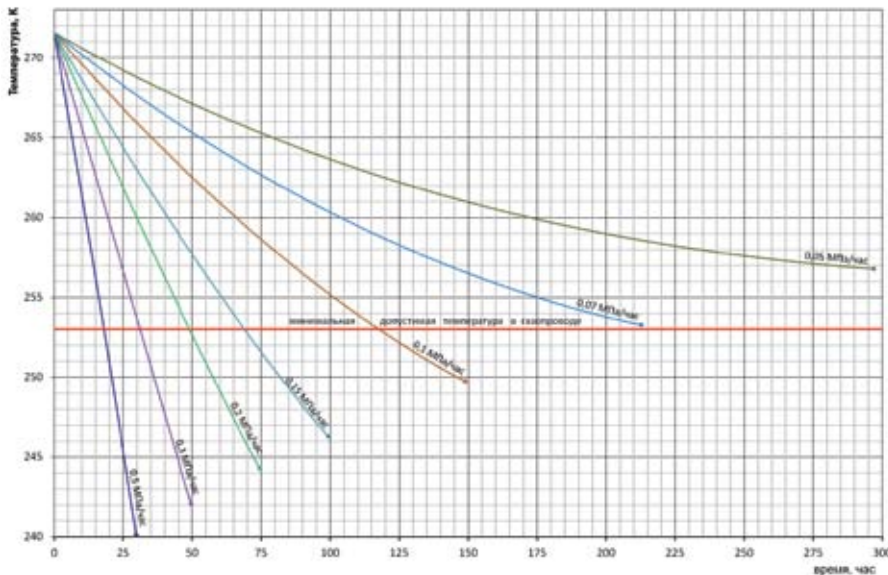
 195248, Санкт-Петербург
 Уманский пер., 71
 +7 (812) 448 19 82
 +7 (812) 448 19 83


Рис. 5. Зависимости температуры в газопроводе от времени при его опорожнении с различной скоростью снижения давления в процессе стравливания воздуха из подводного перехода через Байдарацкую губу для теплоизолированного прибрежного участка

Вместе с тем следует обратить внимание на то, что стравливание воздуха из газопровода через продувочную свечу какого-либо постоянного диаметра неэффективно с точки зрения ограничения минимальной температуры в газопроводе, поскольку скорость снижения давления в процессе стравливания неравномерна, в то время как именно она является фактором, влияющим на понижение температуры (см. формулу 4).

На рисунке 4 приведены зависимости скорости снижения давления в газопро-

воде от времени в процессе стравливания воздуха из подводного перехода через Байдарацкую губу.

Из рисунка 4 видно, что скорость снижения давления в газопроводе при стравливании через свечу постоянного сечения колеблется в значительных пределах. Так, при стравливании через свечу DN 300 скорость снижения давления изменяется от 7 МПа/час до 0 в течение 10 часов.

Отсюда следует, что при опорожнении участка газопровода следует контролировать скорость падения давления

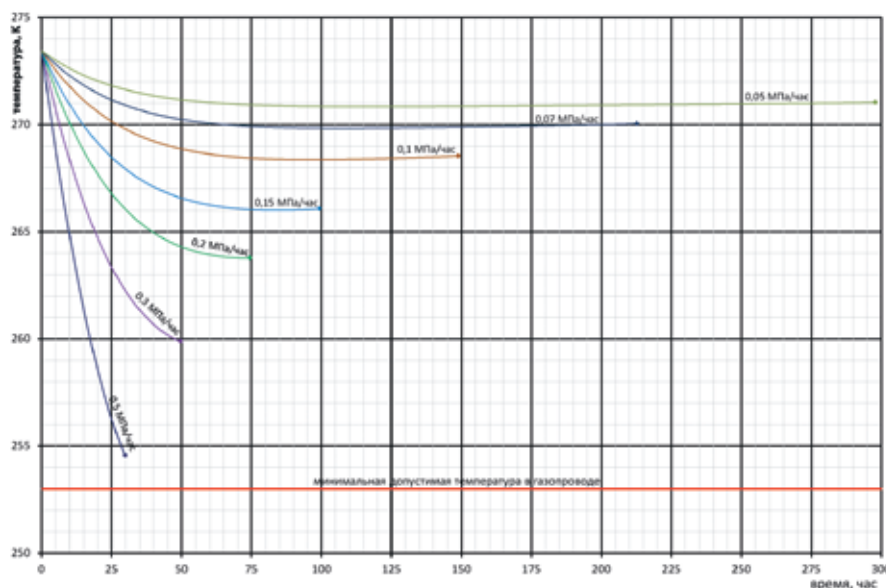


Рис. 6. Зависимости температуры в газопроводе от времени при его опорожнении с различной скоростью снижения давления в процессе стравливания воздуха из подводного перехода через Байдарацкую губу для нетеплоизолированного морского участка

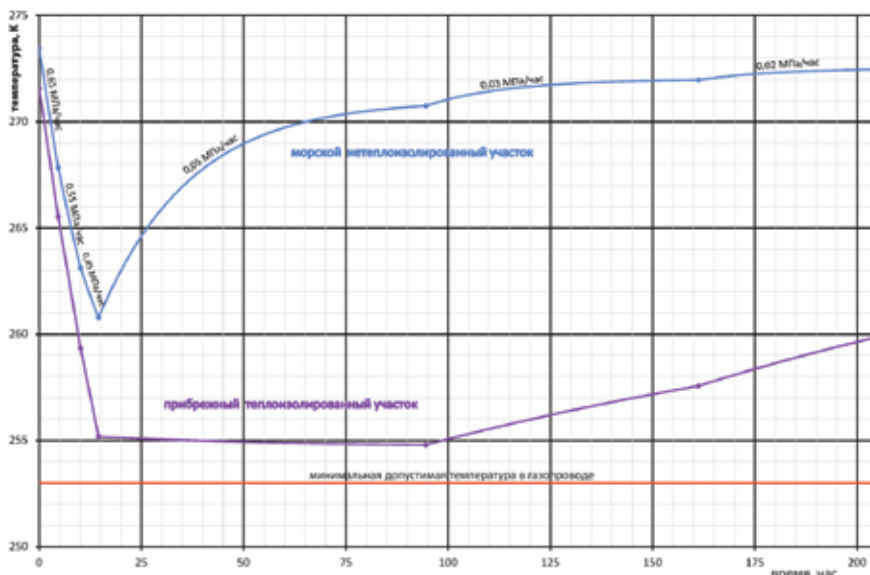


Рис. 7. Зависимости температуры в газопроводе от времени при его опорожнении с различной скоростью снижения давления в процессе стравливания воздуха из подводного перехода через Байдацаккую губу для морского нетеплоизолированного участка и прибрежного теплоизолированного участка

в участке газопровода, руководствуясь при этом показаниями манометра, установленного на участке газопровода. Для регулировки скорости падения давления при этом следует в процессе стравливания переходить с меньшего диаметра продувочной свечи на больший или контролировать темп падения давления в газопроводе путем изменения расхода воздуха краном-регулятором.

На рисунке 5 приведены зависимости температуры в газопроводе от времени при его опорожнении с различной скоростью снижения давления в процессе

стравливания воздуха из подводного перехода через Байдацаккую губу для теплоизолированного ямальского прибрежного участка.

Из рисунка 5 видно, что стравливание воздуха из участка газопровода со скоростью более 0,07 МПа/час приводит к понижению температуры в нем ниже минимальной допустимой техническими требованиями к трубам, соединительным деталям и арматуре. Вместе с тем стравливание воздуха с постоянной скоростью 0,07 МПа/час занимает достаточно продолжительное время – почти 9 суток. Однако это

время может быть сокращено, если стравливание воздуха из газопровода производить поэтапно, с различными скоростями снижения давления в газопроводе.

На морской нетеплоизолированной части подводного перехода в процессе стравливания воздуха происходят теплофизические процессы, имеющие несколько иной характер. На рисунке 6 приведены зависимости температуры в газопроводе от времени при его опорожнении с различной скоростью снижения давления в процессе стравливания воздуха из подводного перехода через Байдацаккую губу для нетеплоизолированного морского участка.

Из рисунка 6 видно, что за счет более интенсивного по сравнению с прибрежными участками теплообмена с окружающим грунтом даже при скорости стравливания 0,5 МПа/час температура в газопроводе не опускается ниже минимально допустимой. Данный факт подтверждает предположение о том, что определяющим критерием является температура именно в теплоизолированной ямальской части подводного перехода.

Сопоставив кривые, приведенные на рисунках 5 и 6, можно видеть, что оптимальным режимом опорожнения газопровода является такой, когда скорость падения давления в подводном переходе составляет 0,07 МПа/час.

В этом случае температура газопровода в конце стравливания составит около 253 К и 270 К для прибрежной и морской частей подводного перехода соответственно.

Необходимо учитывать, что значения температур в морской и прибрежной части подводного перехода по окончании испытаний оказывают непосредственное влияние на качество последующей осушки газопровода. Помимо того что при понижении температуры грунта эффективность осушки резко падает, следует обратить внимание на то, что продувка сухим воздухом газопровода, имеющего на 68 км своей протяженности температуру примерно на 17 градусов выше, чем на конечных 1,8 км. Как следствие – в процессе осушки воздух, попадая в газопровод, сначала будет насыщаться влагой до достижения температуры точки росы,

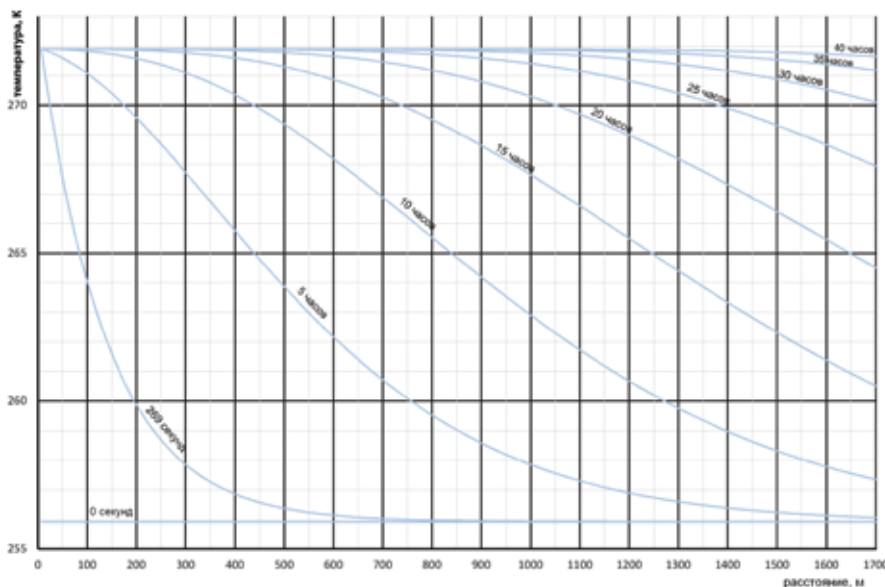


Рис. 8. Распределения температуры воздуха по длине прибрежного теплоизолированного участка газопровода при различных промежутках времени, прошедшего с начала осушки подводного перехода

равной температуре основной части подводного перехода, а затем, охлаждаясь в конечном участке, будет выделять конденсат в виде влаги.

Отсюда следует, что нужно выбирать такой режим опорожнения испытанного газопровода, при котором температура газопровода по окончании стравливания воздуха была бы максимально возможной, а разница температур между теплоизолированной и нетеплоизолированной частями – минимальной.

Отчасти этого можно добиться, проводя стравливание воздуха из газопровода с переменной скоростью, замедляя темп падения давления в газопровode по мере стравливания.

Так, на рисунке 7 приведены зависимости температуры в газопровode от времени при его опорожнении с различной скоростью снижения давления в процессе стравливания воздуха из подводного перехода через Байдарацкую губу для морского и теплоизолированного прибрежного участка, построенные для следующего графика снижения давления в газопровode: с испытательного давления (14,75 МПа) до рабочего (11,8 МПа) – 0,65 МПа/час; с 11,8 МПа до 9 МПа – 0,55 МПа/час; с 9 МПа до 7 МПа – 0,45 МПа/час; с 7 МПа до 3 МПа – 0,05 МПа/час; с 3 МПа до 1 МПа – 0,03 МПа/час; с 1 МПа до атмосферного давления – 0,02 МПа/час.

Испытанный подводный переход МГ подлежит осушке сухим воздухом со стороны ямальского берега с выпуском воздуха у КС Ярынская.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ НА ТЕПЛОИЗОЛИРОВАННОМ УРАЛЬСКОМ ПРИБРЕЖНОМ УЧАСТКЕ ГАЗОПРОВОДА В ПРОЦЕССЕ ЕГО ОСУШКИ

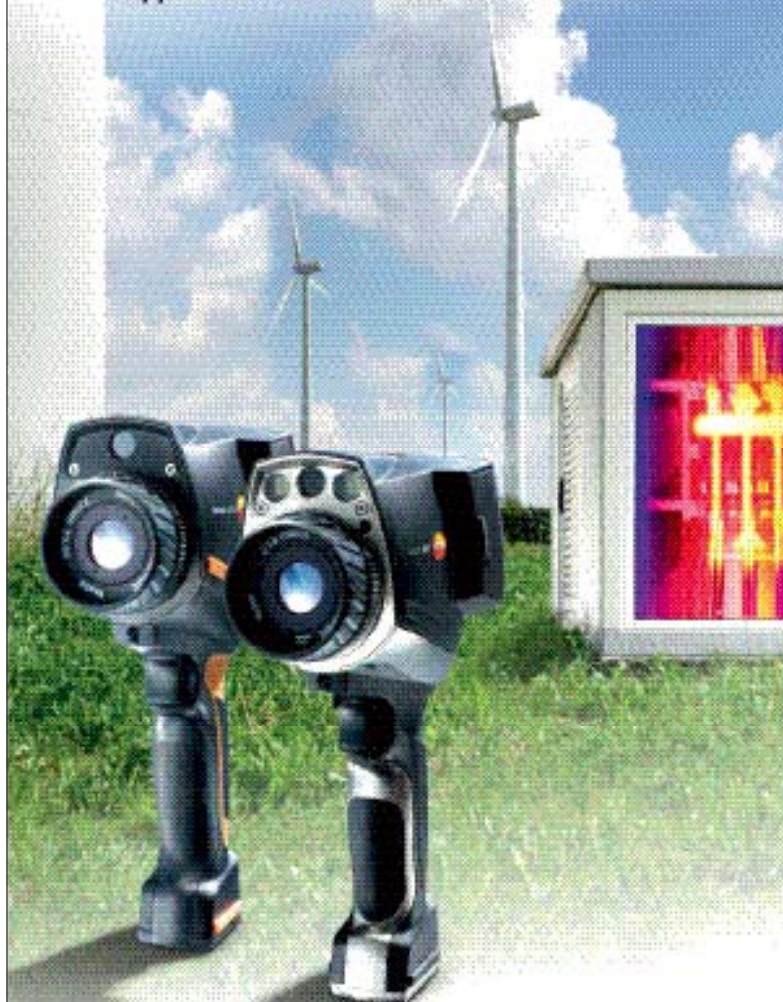
Несмотря на то что осушка сухим воздухом при низких температурах в газопровode малоэффективна, необходимо учесть, что в процессе осушки воздух, проходя через основную часть подводного перехода, будет принимать его температуру, после чего воздействовать на теплоизолированный прибрежный участок газопровода, имеющий меньшую температуру. В этой связи с целью интенсификации подъема температуры прибрежной части подводного перехода целесообразно начинать его осушку сразу же по окончании стравливания.

Определим, какое время понадобится для того, чтобы температура в прибрежном теплоизолированном участке сравнялась с температурой в основной части подводного перехода. Рассмотрим, как будет меняться температура газопровода в процессе осушки теплоизолированного участка подводного перехода через Байдарацкую губу диаметром 1219х27,2 мм, протяженностью 1702 м, при температуре грунта на глубине заложения нетеплоизолированной морской части подводного перехода 271,91 К и начальной температуры прибрежной теплоизолированной части 255,92 К. Осушка выполняется путем продувки через газопровод осушенного воздуха с производительностью 24192 м³/час.

На рисунке 8 приведены зависимости температуры воздуха по длине прибрежного теплоизолированного участка газопровода при различных промежутках времени, прошедшего с начала осушки подводного перехода.

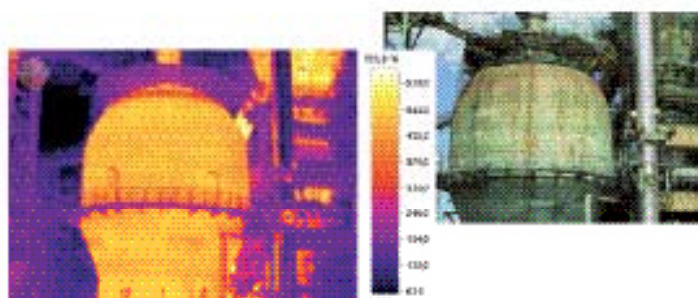


Тепловизоры testo 881, testo 875 Видеть больше. Знать больше.



- диагностика состояния электрооборудования,
- определение уровня жидкости в резервуарах,
- поиск энергопотерь и т.д.

**Тепловизор testo 875 –
119 000 руб. за комплект (с НДС)!**



Российское отделение testo (Германия)-
ООО "Тесто Рус"
Тел.: (495) 788-98-11; Факс: (495) 788-98-49;
info@testo.ru; www.testo.ru/teplivizor

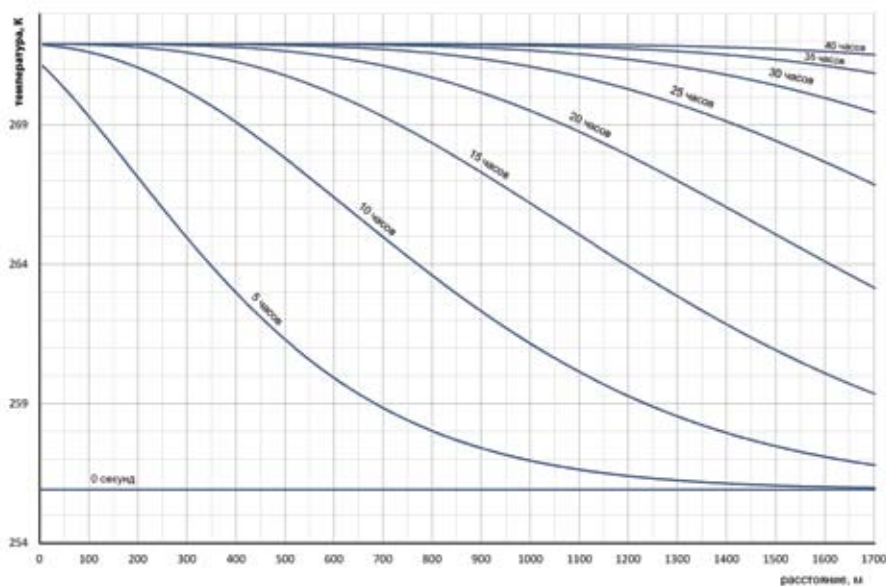


Рис. 9. Распределения температуры труб по длине прибрежного теплоизолированного участка газопровода при различных промежутках времени, прошедшего с начала осушки подводного перехода

Из приведенных зависимостей видно, что с течением времени температура воздуха повышается, причем сначала процесс проходит интенсивно, затем замедляется, и примерно через 40 часов температура воздуха в прибрежном теплоизолированном участке становится равной температуре воздуха в морской части. Кривая для 269 секунд соответствует времени однократного полного воздухообмена в прибрежной части подводного перехода. На рисунке 9 приведены распределения температуры труб по длине прибрежного теплоизолированного участка газопровода при различных промежутках времени, прошедшего с начала осушки подводного перехода.

Из рисунка 9 видно, что распределения температур металла труб коррелируют с распределением температур воздуха, приведенным на рисунке 9. При этом наблюдается некоторая инерция температур стали по сравнению с температурами воздуха, уменьшающаяся к концу процесса практически до нуля. Таким образом, если испытанный подводный переход через Байдарацкую губу непосредственно по окончании стравливания воздуха начать осушать, то температура труб на его морской части и прибрежном уральском участке выровняется спустя примерно 40 часов после начала осушки.

ВЫВОДЫ

1. Обоснованы требования к уровню влагосодержания воздуха, подаваемого в газопровод при его испытании на прочность пневматическим способом, в зависимости от испытательного давления и температуры грунта на глубине заложения газопровода.
2. Показано, как влияет режим стравливания воздуха из испытанного участка МГ на изменение его температуры для теплоизолированных и нетеплоизолированных участков.
3. Даны рекомендации по режимам стравливания воздуха из испытанных пневматическим способом участков газопровода, из условия предотвращения понижения температуры газопровода ниже минимально допустимой техническими требованиями к трубам, соединительным деталям и арматуре.
4. Показано, как изменяется температура газопровода на теплоизолированном участке при его продувке в процессе осушки.
5. Полученные результаты позволили установить оптимальные параметры выполнения испытаний газопроводов на прочность пневматическим способом, последующего стравливания воздуха из испытанного участка газопровода и осушки путем продувки сухим воздухом.
6. Полученные результаты были использованы при разработке технических требований по очистке полости, испытаниям и осушке подводного перехода МГ Бованенково-Ухта через Байдарацкую губу.

Литература:

1. Карабин А.И. Сжатый воздух. Выработка, потребление, пути экономии. – М.: Машиностроение, 1964.
2. СТО Газпром 2-3.5-354-2009 Порядок проведения испытаний магистральных газопроводов в различных природно-климатических условиях.
3. СТО Газпром 2-2.1-249-2008 Магистральные газопроводы.
4. ГОСТ 8.524-85 Государственная система обеспечения единства измерений. Таблицы психрометрические. Построение, содержание, расчетные соотношения.
5. Вукалович М.П., Новиков И.И. Термодинамика. – М.: Машиностроение, 1972.
6. Технические требования по очистке полости, испытаниям и осушке подводного перехода магистрального газопровода Бованенково-Ухта через Байдарацкую губу. – М., 2009.
7. ТУ 5767-006-56925804-2007 Плиты полистирольные вспененные экструзионные Пеноплэкс 000 «ПО Пеноплэкс».
8. Болгарский А. В., Мухачев Г. А., Щукин В. К. Термодинамика и теплопередача. – М.: Высшая школа, 1975.
9. Хижняков, С. В. Практические расчеты тепловой изоляции (для промышленного оборудования и трубопроводов). – М.: Энергия, 1976.

Ключевые слова: магистральный газопровод, пневматические испытания, осушка, многолетнемерзлые грунты.



ДЕЛАН

Качество не подвластное времени!

Собственное производство и гарантированная поставка качественных изоляционных мастик "ТРАНСКОР-ГАЗ" и "ТРАНСКОР"; рулонного материала "РАМ"; термостойкой мастики "ДЕКОМ-ГАЗ"; термостойкого материала "ДЕКОМ-РАМ"; битумно-полимерной мастики "ДЕКОМ-АЭРОГАЗ" для ремонта магистральных газо- и нефтепроводов в трассовых условиях.

КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ ОБЕСПЕЧЕНО СЕРТИФИЦИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА, СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ ТРЕБОВАНИЯМ ГОСТ Р ИСО 9001 - 2008

www.DELAN.SU

143900, Московская обл., г. Балашиха, шоссе Энтузиастов, 30
т/ф: +7.495.521.80.23 / +7.495.521.80.29/
+7.495.521.21.13 / +7.495.521.69.74

