

Нурбеков АйбатЖаксылыкулы

[batinkenu@mail.ru](mailto:batinkenu@mail.ru)

Магистрант 2-го курса, Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева,  
механико-математического факультета, кафедра механика  
Научный руководитель – Н.Ж.Джайчибеков

Определяются формулы, для расчета теплообмена, разрабатывается программный код, на основе данного программного кода производятся расчеты теплообмена в магистральном газопроводе.

Гидравлический и тепловой расчеты магистрального газопровода в соответствии с нормами технологического проектирования включают в себя расчеты линейных участков газотранспортных систем и магистральных газопроводов, а также расчет режимов работы компрессорных станций [1].

Для расчета теплового режима магистрального газопровода по определению температуры газа в любой точке газопровода, при любом способе прокладки с рабочим давлением до 7,5 МПа рекомендуется формула, учитывающая влияние эффекта Джоуля-Томпсона [2]:

$$t_x = t_{гр} + (t_n - t_{гр})e^{-ax} - D_i \frac{p_n^2 - p_k^2}{2aL P_{cp}} (1 - e^{-ax}) \quad (1)$$

$$a = \frac{\pi k_{cp} d_n}{q \rho_{газ} c_p} \cdot \frac{1}{M};$$

$$ax = \frac{\pi k_{cp} d_n x}{q \rho_{газ} c_p};$$

$x$  – расстояние от начала участка до рассматриваемой точки, в метрах;

$L$  – длина участка газопровода, в метрах;

$t_{гр}$  – температура грунта на глубине заложения оси газопровода, °К;

$t_n$  – температура газа в начале участка газопровода, °К;

$e$  – основание натуральных логарифмов ( $e = 2,718$ );

$D_i$  – коэффициент Джоуля-Томпсона, °К/Мпа (24, 25);

$p_n$  и  $p_k$  – абсолютные давление в начале и конце рассматриваемого участка, МПа;

$P_{cp}$  – среднее давление газа на участке, МПа;

$K_{cp}$  – средний коэффициент теплопередачи от газа к грунту, для приближенных расчетов  $K_{cp} = 1,75 \text{ Вт/ м}^2 \text{ °С}$ ;

$d_n$  – наружный диаметр газопровода, в метрах;

$q$  – расход газа, м<sup>3</sup>/сек;

$\rho_{газ}$  – плотность газа, кг/м<sup>3</sup>, по паспорту газа;

$c_p$  – теплоемкость газа,  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг °С}}$ , для приближенных расчетов  $c_p \approx 2510 \frac{\text{Дж}}{\text{кг °С}}$ ;

На основе формулы (1), используя программный код, графический интерфейс которого представлен на рисунке 1, будет рассчитываться температура в заданной точке газопровода.

Рис. 1 - Графический интерфейс программногокода приложения

Расчеты записываются в трех таблицах, для разных температур грунта. Строится график зависимости температуры газа по длине трубопровода от заданной температуры грунта. (таблица 1, таблица 2, таблица3).

### Изменение температуры газа по длине трубопровода в зависимости от заданной температуры грунта

Таблица 1

X, м	L, м	$t_{гр},$ К	$t_{н},$ К	$p_{н},$ МПа	$p_{к},$ МПа	$p_{ср},$ МПа	$d_{н},$ м	$q,$ м <sup>3</sup> / сек	$p_{газа},$ кг /м <sup>3</sup>	$c_p,$ Дж/к г С	$t_x, К$
0	100 000	273. 15	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	283.15
100 00	100 000	273. 15	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	282.64
200 00	100 000	273. 15	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	281.67
300	100	273.	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	281.67

00	000	15									
400	100	273.	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	281.19
00	000	15									
500	100	273.	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	280.73
00	000	15									
600	100	273.	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	280.28
00	000	15									
700	100	273.	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	279.84
00	000	15									
800	100	273.	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	279.4
00	000	15									
900	100	273.	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	278.98
00	000	15									
100	100	273.	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	278.56
000	000	15									

**Изменение температуры газа по длине трубопровода в зависимости от заданной температуры грунта**

Таблица 2

<b>X, м</b>	<b>L, м</b>	<b>t<sub>гр</sub>, К</b>	<b>t<sub>н</sub>, К</b>	<b>p<sub>н</sub>, МПа</b>	<b>p<sub>к</sub>, МПа</b>	<b>p<sub>ср</sub>, МПа</b>	<b>d<sub>н</sub>, м</b>	<b>q, м<sup>3</sup>/сек</b>	<b>p<sub>газа</sub>, кг/м<sup>3</sup></b>	<b>c<sub>p</sub>, Дж/кг К</b>	<b>t<sub>x</sub>, К</b>
0	100	293.	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	283.15
	000	15									
1000	100	293.	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	283.08
0	000	15									
2000	100	293.	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	283.01
0	000	15									
3000	100	293.	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	282.94
0	000	15									
4000	100	293.	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	282.88
0	000	15									
5000	100	293.	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	282.81
0	000	15									
6000	100	293.	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	282.75
0	000	15									
7000	100	293.	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	282.69
0	000	15									
8000	100	293.	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	282.63
0	000	15									
9000	100	293.	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	282.57
0	000	15									
1000	100	293.	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	282.51
00	000	15									

**Изменение температуры газа по длине трубопровода в зависимости от заданной температуры грунта**

Таблица 3

<b>X, м</b>	<b>L, м</b>	<b><math>t_{гр},</math> К</b>	<b><math>t_H,</math> К</b>	<b><math>p_H,</math> МПа</b>	<b><math>p_K,</math> МПа</b>	<b><math>p_{cp},</math> МПа</b>	<b><math>d_H,</math> м</b>	<b><math>q,</math> М<sup>3</sup>/ сек</b>	<b><math>p_{газа},</math> кг /М<sup>3</sup></b>	<b><math>c_p,</math> Дж/кг г С</b>	<b><math>t_x,</math> К</b>
0	100 000	253. 15	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	283.15
1000 0	100 000	253. 15	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	282.24
2000 0	100 000	253. 15	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	281.35
3000 0	100 000	253. 15	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	280.48
4000 0	100 000	253. 15	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	279.62
5000 0	100 000	253. 15	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	278.79
6000 0	100 000	253. 15	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	277.97
7000 0	100 000	253. 15	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	277.17
8000 0	100 000	253. 15	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	276.39
9000 0	100 000	253. 15	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	275.63
1000 00	100 000	253. 15	283.15	0.32	0.2	0.26	0.15	1000	0.75	500	274.88

Из представленного графика (рис. 2) зависимости температуры газа в данной точке от расстояния до рассматриваемой точки видно, что зависимость линейная, с увеличением расстояния до рассматриваемой точки уменьшается температура газа в рассматриваемой точке. Разные цвета линий указывают на различные значения заданной температуры грунта. Синяя линия означает максимальную температуру (293.15К), оранжевая - среднюю (273.15К) и зеленая - минимальную (253.15К). Различные температуры брались для того, чтобы оценить влияние времени года на температуру газа в газопроводе. Как мы можем заметить из данного графика, при максимальной температуре грунта, температура газа в газопроводе уменьшается медленнее чем при минимальной температуре грунта. Причиной такой разницы является разность температур грунта и газа в начале участка газопровода. Так как температура газа в начале участка газопровода равна 283.15К, то разность температуры газа в начале участка с максимальной температурой грунта равна 10С, а с минимальной температурой грунта равна -30С.

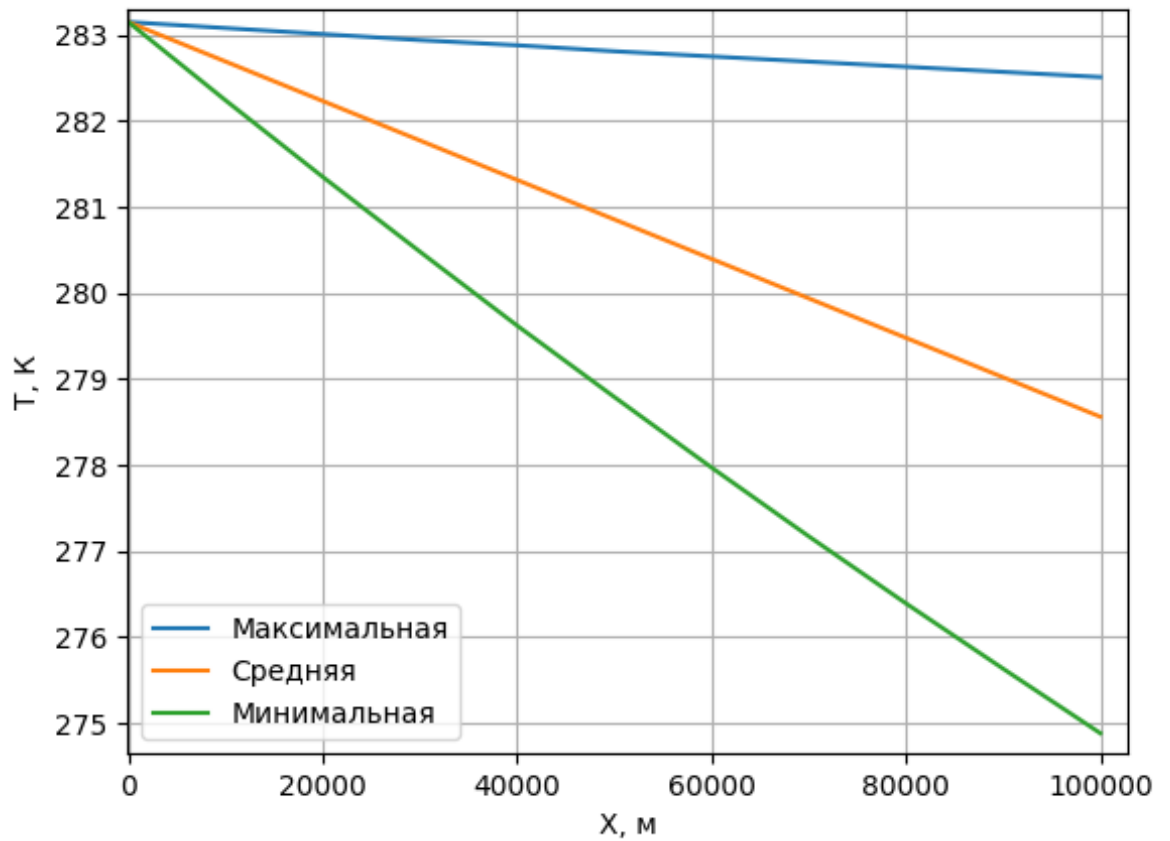


Рис 2 - Графики изменения температуры газа по длине газопровода в зависимости от заданной температуры грунта

**Список использованных источников**

5. Дульнев Г. Н., Тихонов С. В. Основы теории тепломассообмена, – СПб: СПбГУИТМО, 2010. – 93с.
6. Эккерт Э.Р., Дрейк Р.М. Теория тепло- и массообмена. Пер. с англ. Под ред. А.В. Лыкова. М.-Л., Госэнергоиздат, 1961.