

Determinarea capacității tehnice a rețelei de transport gaze naturale

La baza calculelor capacității tehnice a rețelelor de transport gaze naturale stau calculele hidraulice folosite la proiectarea și exploatarea conductelor de gaze. Formula teoretică de calcul a debitului volumetric pentru regimul staționar izoterm de mișcare este:

$$Q = 0,0358 \sqrt{\frac{P_1^2 - P_2^2}{Z T \lambda L \Delta}} d^5$$

în care: $K = 0,0358$ - coeficientul de calcul pentru condiții normale de stare;

P_1 și P_2 - presiunea absolută a gazelor, MPa , respectiv la începutul și sfârșitul conductei cu lungimea L , în km și diametrul interior d , mm ;

Z - coeficientul de compresibilitate;

Δ - densitatea relativă a gazelor în raport cu aerul, kg/m^3 ;

T - temperatura absolută a gazelor în condiții normale, K ;

λ - coeficientul rezistențelor hidraulice.

Variația capacității de transport a unei conducte în funcție de diferența de presiuni.

Diferența de presiuni poate fi mărită prin mărirea presiunii P_1 sau micșorarea presiunii P_2 . Creșterea presiunii inițiale conduce la majorarea esențială a debitului de gaze. La presiuni finale mici în raport cu presiunea inițială variația presiunii finale influențează foarte puțin asupra debitului transportat. În acest caz se poate considera, în mod aproximativ, că debitul variază proporțional cu presiunea inițială. Această observație nu este însă valabilă la presiuni finale apropiate de presiunea inițială (căderea mică de presiune), pentru care presiunea finală influențează semnificativ debitul transportat.

În tabel sunt prezentate valorile proprietăților fizico – chimice de bază ale componentelor gazelor naturale, necesare pentru efectuarea calculelor.

Tabel

Valorile proprietăților componentelor de bază ale gazelor naturale la presiunea atmosferică
 $P = 101325 Pa$ și temperatura $T = 273,15 K$.

Indici	Componentele gazelor naturale			
	Metan	Etan	Propan	Butan-n
Masa moleculară, g	16,042	30,068	44,094	261,5

Presiunea critică, P_c , $10^5 Pa$	44,93	47,67	42,57	35,02
Temperatura critică T_c , K	191,1	305,6	370,0	425
Valorile fracțiunilor molare, y_i	0,9541	0,0336	0,0116	0,0007
Presiunea pseudo- critică a amestecului, P_{pc} , $10^5 Pa$	46,4			
Temperatura pseudo- critică a amestecului T_c , K	197,2			
Densitatea, ρ_n , kg/m^3	0,72	1,34	1,97	2,6
Densitatea relativă în raport cu aerul, Δ , kg/m^3	0,554	1,038	1,523	2,007
Constanta gazelor perfecte, R , $J/kg \cdot K$	519,62	277,13	188,95	143,34
Exponentul adiabatic	1,31	1,198	1,16	1,144
Constanta C	190	287	324	349

Calculul conductelor simple.

Problemă: Să se determine debitul volumetric în conducta, care se exploatează 19 ani, viteza medie pe lungimea conductei, viteza în secțiunea inițială și finală, dacă prin conducta cu lungimea $L=120,7\text{ km}$, diametrul $d_{ex}=530\times 10$ și rugozitatea absolută $k=0,05\text{ mm}$ se mișcă în regim izotermic gaze naturale cu compoziția aproximativ identică gazului metan, cu temperatura $t=10^0\text{ C}$, presiunile absolute în secțiunile inițială și finală: $P_1=3\cdot 10^6\text{ Pa}$, $P_2=1\cdot 10^6\text{ Pa}$.

Rezolvare:

1. Se determină presiunea medie în conductă:

$$P_m = \frac{2}{3} \left(P_1 + \frac{P_2^2}{P_1 + P_2} \right) = \frac{2}{3} \left[3 \cdot 10^6 + \frac{(1 \cdot 10^6)^2}{3 \cdot 10^6 + 1 \cdot 10^6} \right] = 2,17 \cdot 10^6\text{ Pa}$$
 2. Din tabelul 3.7 pentru gazul natural se adoptă densitatea relativă $\Delta = 0,554$, presiunea și temperatura critică $P_c = 44,93 \cdot 10^5\text{ Pa}$ și $T_c = 191,1\text{ K}$;

3. Se determină temperatura și presiunea pseudoreduce:

$$T_r = \frac{T}{T_c} = \frac{273,15 + 10}{191,1} = 1,48;$$

$$P_{r,1} = \frac{P_1}{P_c} = \frac{3 \cdot 10^6}{44,93 \cdot 10^5} = 0,67 ;$$

$$P_{r,2} = \frac{P_2}{P_c} = \frac{1 \cdot 10^6}{44,93 \cdot 10^5} = 0,22;$$

$$P_{r,m} = \frac{P_m}{P_c} = \frac{2,17 \cdot 10^6}{44,93 \cdot 10^5} = 0,48.$$

4. Valoarea factorului de abatere în secțiunea inițială, finală și medie pentru gazele naturale poate fi determinată cu formula Berthelot:

$$Z_1 = 1 + \frac{9}{128} \cdot \frac{P_1}{P_c} \cdot \frac{T_c}{T} \left(1 - 6 \frac{T_c^2}{T^2} \right), \text{ care dacă ținem samă de expresiile pentru determinarea } P_r \text{ și}$$

T_r poate fi exprimată sub forma:

$$Z_1 = 1 + \frac{9}{128} \cdot \frac{P_{r,1}}{T_r} \left(1 - \frac{6}{T_r^2} \right) = 1 + \frac{9}{128} \cdot \frac{0,67}{1,48} \left(1 - \frac{6}{1,48^2} \right) = 0,944$$

$$Z_2 = 1 + \frac{9}{128} \cdot \frac{P_{r,2}}{T_r} \left(1 - \frac{6}{T_r^2} \right) = 1 + \frac{9}{128} \cdot \frac{0,22}{1,48} \left(1 - \frac{6}{1,48^2} \right) = 0,98$$

$$Z_m = 1 + \frac{9}{128} \cdot \frac{P_{r,m}}{T_r} \left(1 - \frac{6}{T_r^2} \right) = 1 + \frac{9}{128} \cdot \frac{0,48}{1,48} \left(1 - \frac{6}{1,48^2} \right) = 0,96$$

5. Determinăm valoarea coeficientului Darcy a rezistențelor hidraulice prin frecare, presupunând că conducta funcționează în zona pătratică rugoasă:

$$\lambda = 0,067 \left(\frac{2k}{d} \right)^{0,2} = 0,067 \left(\frac{2 \cdot 0,05}{510} \right)^{0,2} = 0,012,$$

de obicei $k = 0,03 \dots 0,05\text{ mm}$ la general, pentru conductele din țevi noi $k = 0,02 \dots 0,03\text{ mm}$, iar pentru cele învechite $k = 0,05\text{ mm}$.

6. Determinăm debitul volumetric în condiții normale:

$$Q_n = 0,0358 \sqrt{\frac{P_1^2 - P_2^2}{Z T \lambda L \Delta}} d^5 =$$

$$= 0,0358 \sqrt{\frac{(3^2 - 1^2) \cdot 10^{12}}{0,96 \cdot 283,15 \cdot 0,012 \cdot 120700 \cdot 0,554}} \cdot 0,51^5 = 40,27\text{ m}^3 / \text{s}$$

Calculul este preluat din lucrarea:

Valentin Tonu, Constantin Țuleanu, Alexandru Gusev. „Captarea, tratarea, și transportarea gazelor naturale combustibile”.