

ДОДАТКИ

Додаток 1

Основні параметри компонентів природного газу і повітря

Газ	Густина при нормальних умовах, ρ_n , кг/м ³	Критичний тиск, $P_{кр.}$, МПа	Критична температура, $T_{кр.}$, К
Метан	0,668	4,73	192
Етан	1,263	4,98	305
Пропан	1,872	4,34	370
Бутан	2,519	3,87	425,2
Пентан	3,221	3,44	470
Гексан	3,583	3,09	507
Азот	1,166	3,46	127
Сірководень	1,434	9,18	373
Вуглекислий газ	1,842	7,53	304
Водяна пара	0,75	22,56	647
Повітря	1,293	3,84	134

Додаток 2

Загальна характеристика компонентів, які входять до складу природних газів

Параметр	Метан CH_4	Етилен C_2H_4	Етан C_2H_6	Пропан C_3H_8	Бутилен C_4H_8
1	2	3	4	5	6
Молярна маса, кг/моль	16,04	28,05	30,07	44,09	56,11
Вміст, %: вуглецю водню	74,97 25,03	85,7 14,3	79,96 20,04	81,8 18,2	85,7 14,3
Густина: рідини, кг/л	0,30/0,12	0,39/0,23	0,37/0,23	0,50/0,39	0,61/0,56
газу, кг/м ³	0,72/0,67	1,26/1,18	1,36/1,27	2,00/1,87	2,59/2,43
по повітрю, кг/м ³	0,55/0,52	0,98/0,91	1,05/0,98	1,55/1,44	2,0/1,8
В'язкість: динамічна $\mu \cdot 10^{-7}$, Па·с	1,02/1,102	0,98/1,03	0,88/0,94	0,77/0,82	0,7/0,77
кінематична $\nu \cdot 10^{-7}$, м ² /с	14,24/16,18	7,5/8,66	6,35/7,28	3,7/4,26	3,05
динамічна в'язкість рідкої фази, $\mu \cdot 10^{-7}$, Па·с	6,8	6,4/5,3	6,6/6,1	13,8/10,75	27,1/22,2
Питомий об'єм, м ³ /кг	1,39/1,49	0,79/0,85	0,74/0,79	0,49/0,53	0,38/0,41
Молярний об'єм, м ³ /моль	22,38	22,25	22,18	21,64	21,6
Температура, К: кипіння	108,5	169,3	184,37	230,94	226,75
плавлення	90,5	103,85	89,4	85,15	87,7
Критичні параметри газу: температура, К	190,6	282,4	305,75	370	419,8

1	2	3	4	5	6
тиск, МПа	4,52	5	4,88	4,34	3,97
молярний об'єм, см ³ /моль	99,5	123,6	147,9	210	240
густина, кг/м ³	160,6	226,6	204	231	228,1
питомий об'єм, м ³ /кг	0,00662	0,00441	0,0049	0,00455	0,00429
Кількість пари, одержаної при випаровуванні рідини:					
1 л	417,3	315,5	277,7	257,1	239,2
1 кг	1393	797,5	746,7	508	398,4
Питома газова стала, Дж/·(кгК)	518,67	296,15	276,64	188,68	148,18
Октанове число	110	100	125	125	81
Граничний ступінь стиснення	—	—	—	8,15	6,29
Коефіцієнт С в рівнянні Сатерланда	164	225	252	278	328,9
Молярна маса, кг/моль	58,12	72,15	2,016	28,02	32
Вміст, %:					
вуглецю	82,8	83,3	—	—	—
водню	17,2	16,7	—	—	—
густина:					
рідини, кг/л	0,58/0,54	0,62/0,62	—	—	—
газу, кг/м ³	2,70/2,53	3,43/3,2	0,08/0,08	1,25/1,17	1,43/1,34
по повітрю, кг/м ³	2,99/1,95	2,65/2,48	0,69/0,06	0,97/0,90	1,11/1,03

Продовження додатку 2

Параметр	<i>n</i> -Бутан <i>n</i> -C ₄ H ₁₀	<i>ізо</i> -Пентан <i>ізо</i> -C ₅ H ₁₂	Водень H ₂	Азот N ₂	Кисень O ₂
1	2	3	4	5	6
В'язкість:					
динамічна $\mu \cdot 10^{-7}$, Па·с	0,69/0,76	—	—	—	—
кінематична $\nu \cdot 10^{-7}$, м ² /с	2,45/2,95	—	—	—	—
динамічна в'язкість рідкої фази $\mu \cdot 10^{-7}$, Па·с	21,5/17,19	28,7/23,3	—	—	—
Питомий об'єм, м ³ /кг	0,37/0,39	0,29/0,31	11,23/12,02	0,79/0,86	0,69/0,75
Молярний об'єм, м ³ /моль	21,46	21,03	22,43	22,41	22,4
Температура, К:					
кипіння	272,5	300,85	20,2	77,19	90,03
плавлення	134,65	113,11	13,8	62,98	54,17
Критичні параметри газу:					
температура, К	425,17	460,9	33,3	126,26	154,96
тиск, МПа	3,75	3,29	1,32	3,35	5,01
густина, кг/м ³	228	229,4	38	310	410
молярний об'єм, см ³ /моль	225	308	0,06445	90,4	78
питомий об'єм, м ³ /кг	0,00439	0,00426	0,03225	0,0321	0,00244
Кількість пари, одержаної при					

1	2	3	4	5	6
випаровуванні рідини:					
1 л	224,7	193,9	—	—	—
1 кг	386	311,1	—	—	—
Питома газова стала, Дж/(кгК)	143,08	115,23	4124,68	296,75	259,78
Октанове число	91	90	—	—	—
Граничний ступінь стиснення	7,36	7,35	—	—	—
Коефіцієнт C у рівнянні Сатерланда	377,4	382,8	73	103,9	126,6

П р и м і т к а: У чисельнику наведені параметр при нормальних умовах ($T=273\text{ К}$, $P=1,013\text{ Па}$); в знаменнику – при стандартних ($T=293\text{ К}$, $P=0,1013\text{ МПа}$).

Додаток 3

Фізико-хімічні властивості газів

Параметр	Метан CH ₄	Етилен C ₂ H ₄	Етан C ₂ H ₆	Пропан C ₃ H ₈	Бутилен C ₄ H ₈	н-Бутан н-C ₄ H ₁₀	ізо- Пентан ізо- C ₅ H ₁₂	Водень H ₂
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин, мг/м ³ :								
в атмосферному повітрі	-	3	-	-	3	200	100	-
у воді водоймищ	-	0,5	-	-	0,2	-	-	-
Межа вибуховості газів у суміші з повітрям при T=273 К, P=0,1 МПа, %:								
нижня	5,3	2,8	3	2,2	-	1,9	1,3	4,1
верхня	15	28,6	12,5	9,5	-	8,5	8	74,6
Різниця між межами, %	9,7	25,8	9,5	7,3	-	6,6	6,7	70,5
Температура спалаху, К:								
з повітрям	913	813	803	723	788	763	743	783
з киснем	931	773	758	763	718	733	683	813
Телосємність, кДж/К:								
при сталому тиску	2,167	1,46	1,65	1,43	1,59	1,59	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
у рідкій фазі при P=0,1 МПа	3,45	2,41	2,95	2,22	-	2,23	-	
при сталому об'ємі	1,65	1,12	1,37	1,36	1,43	1,45	-	
Теплота згоряння, кДж/м ³		63 039			121 434		157 640	12 752
вища газової фази	49 948	-	69 685	99 173	-	128 590	-	-
нижча газової фази	35 797	99 063	63 723	91 251	113 508	118 645	145 822	10 755
нижча рідкої фази	21 850	-	22 479	24 677	28 579	-	-	-
Потреба при горінні на 1 м газу, м ³ :								
кисню	2	3	3,5	5	6	-	8	0,5
повітря	9,52	14,28	16,66	23,8	28,56	-	38,08	3,38
Жаропродуктивність газу, К	2313	2553	2373	2383	2473	-	2393	2508
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К):								
пароподібних компонентів	0,11	0,059	0,065	0,053	0,049	0,049	-	-
рідких компонентів	0,105	-	0,682	0,45	-	0,477	-	-

Додаток 4

Значення коефіцієнтів *A* і *B* і рівнянні вологовмісту газу

Температура, К	<i>A</i>	<i>B</i>	Температура, К	<i>A</i>	<i>B</i>	Температура, К	<i>A</i>	<i>B</i>
233	0,145	0,00347	281	8,2	0,063	329	126	0,487
235	0,178	0,00402	283	9,39	0,0696	331	138	0,521
237	0,219	0,0465	285	10,72	0,0767	333	152	0,562
239	0,267	0,00538	287	12,39	0,0855	335	166,5	0,599
241	0,323	0,00623	289	13,94	0,093	337	183,3	0,645
243	0,393	0,0071	291	15,75	0,102	339	200,5	0,691
245	0,471	0,00806	293	17,87	0,112	341	219	0,741
247	0,566	0,00921	295	20,15	0,1227	343	238,5	0,793
249	0,677	0,01043	297	22,8	0,1343	345	260	0,841
251	0,804	0,01168	299	25,5	0,1453	347	283	0,902
253	0,96	0,0134	301	28,7	0,1595	340	306	0,965
255	1,14	0,0151	303	32,3	0,174	351	335	1,023
257	1,35	0,01705	305	36,1	0,189	353	363	1,088
259	1,59	0,01927	304	40,5	0,207	355	394	1,148
261	1,868	0,02165	309	45,2	0,224	357	427	1,205
263	2,188	0,0229	311	50,8	0,242	359	462	1,25
265	2,55	0,0271	313	56,2	0,263	361	501	1,29
267	2,99	0,03035	315	62,7	0,285	363	537,5	1,327
269	3,48	0,0338	317	69,2	0,31	365	582,5	1,381
271	4,03	0,377	319	76,7	0,335	367	624	1,405
273	4,67	0,0418	321	85,3	0,363	369	672	1,445
275	5,4	0,0464	323	94	0,391	371	725	1,487
277	6,225	0,0515	325	103	0,422	373	776	1,59
279	7,15	0,0571	327	114	0,454	375	1093	2,62

Додаток 5

Основні параметри циклонних пиловловлювачів

№ п/п	Параметр	Тип пиловловлювача			
		ГП- 692.01. 000	ГП- 426.00. 000	ГП- 144.00.0 00	ГП-105 мульти - цикл.
1	Продуктивність, млн.м ³ /добу, при робочому тиску: Р = 4 МПа Р = 5 МПа	— 5	15 —	— 20	6,4
2	Тиск робочий, МПа	5,5	5,5	7,5	3,92
3	Максимальний тиск, МПа				5,48
4	Фракційна ефективність очищення в % не менше при розмірах твердих часток, мкм: 5—10 10—20 20—40 40	80 95 98 100	80 — 98 100	— 95 — —	— — — —
5	Температура середовища °С	від — 20 до 100			
6	Теплоносій	вода	з температурою 120 °С		
7	Кількість циклонів	5	5	5	187
8	Робочий тиск теплоносія, МПА	0,5	0,5	0,5	
9	Діаметр ПУ, мм	1200	1850	2000	1600
10	Діаметр циклона, мм	350	600	600	60
11	Габарити, мм: ширина висота	2240 5675	3250 9300	3500 9500	—
12	Питомі металозатрати, кг/млн м ³	1360	1533	1550	—
13	Маса, кг	6800	23 000	31 000	—

Додаток 6

Методика розрахунку тривалості роботи експлуатаційної колони свердловини

Тривалість роботи експлуатаційної колони свердловини визначається за формулою:

$$T_e = \frac{\delta_n - \delta_k}{V_k},$$

де δ_n – початкова товщина стінки експлуатаційної колони, мм;

δ_k – критична товщина стінки експлуатаційної колони для заданого робочого тиску, мм;

V_k – швидкість корозії стінки експлуатаційної колони для заданого робочого тиску (δ_x) визначається за формулою:

$$\delta_k = \frac{n \cdot K_{оп} \cdot P_p \cdot D}{0,875 \cdot 2 \cdot \sigma_T} + 2;$$

де n – коефіцієнт запасу міцності при розрахунку на внутрішній надлишковий тиск, $n=1,15$;

$K_{оп}$ – коефіцієнт перевищення тиску при оприсуванні колони;

P_p – максимальний робочий тиск на гирлі свердловини, МПа;

D – діаметр колони (зовнішній), мм;

σ_T – межа текучості металу, МПа;

0,875 – коефіцієнт, який враховує відхилення товщини стінки;

2 – поправка на ослаблення тіла труби різьбою, мм.

Швидкість корозії стінки експлуатаційної колони V_k визначається за формулою:

$$V_k = K_1 \cdot K_2 \cdot A \cdot B \cdot t;$$

$$K_1 = \sqrt{Q},$$

де Q – дебіт свердловини тис.м³/добу;

$$K_2 = 0,0008 (C_{CO_2})^{\frac{1}{3}}$$

де C_{CO_2} – об'ємна концентрація вуглекислого газу, %
A – температурний коефіцієнт.

$$A = \left(\frac{P_p}{P_p + 0,28t} \right)^{\frac{1}{3}}$$

де P_p – максимальний робочий тиск на гирлі свердловини, МПа;
B – коефіцієнт вологовмісту

$$B = (\gamma_{II} - \gamma_{Г})^{\frac{1}{2}},$$

де γ_{II} і $\gamma_{Г}$ – вологовміст газу при пластових умовах і на гирлі свердловин; г/м³;
t – температура на гирлі свердловин при відборі газу, °С.

Найважливіші фізичні сталі

1. Одиниці вимірювання температури по шкалах Цельсія (t_C), Фаренгейта (t_F), Реомюра (t_R), Кельвіна (T_K) і Ранкіна (T_P):

2.

$$t_R = \frac{4}{5} t_C = \frac{4}{9} (t_F - 32);$$

$$t_C = \frac{5}{4} t_R = \frac{5}{9} (t_F - 32);$$

$$t_F = \frac{9}{5} t_C + 32 = \frac{9}{4} t_R + 32;$$

$$T_K = \frac{5}{9} T_P; \quad T_K = t_C + 273.$$

3. Співвідношення позасистемних одиниць з іншими одиницями СІ:

$$1 \text{ ft (фут)} = 0,3048 \text{ м}$$

$$\text{Довжина: } 1 \text{ mi (миля)} = 1609,34 \text{ м}$$

$$1 \text{ in (дюйм)} = 2,54 \text{ см.}$$

$$\text{Маса: } 1 \text{ lb (фунт)} = 0,45359 \text{ кг}$$

$$\text{Площа: } 1 \text{ ft}^2 \text{ (квадратний фут)} = 0,0929930 \text{ м}^2$$

$$1 \text{ ac (акр)} = 4046,86 \text{ м}^2$$

$$\text{Об'єм: } 1 \text{ bbl (us) (баррель США)} = 0,158987 \text{ м}^3$$

$$1 \text{ gal (us) (галон США)} = 0,00378541 \text{ м}^3 = 3,7 \text{ дм}^3 = 3,7 \text{ л}$$

$$\text{Густина: } 1 \text{ lb/ft}^3 \text{ (фунт на кубічний фут)} = 16,0185 \text{ кг/м}^3$$

$$1 \text{ lb/gal (фунт на галон)} = 119,829 \text{ кг/м}^3$$

$$1 \text{ ft}^3/\text{bbl (кубічний фут на баррель)} = 0,17811 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$1 \text{ lbf (фунт-сила)} = 4,44822 \text{ Н}$$

$$1 \text{ ат (технічна)} = 0,980665 \text{ бар.}$$

$$1 \text{ кгс}\cdot\text{м (кілограм-сила-метр)} = 9,80665 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$1 \text{ lb}\cdot\text{ft (фунт-сила-фут)} = 1,35582 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$1 \text{ бар.} = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$1 \text{ psi (фунт-сила на квадратний дюйм)} = 6,89476 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$1 \text{ lbf/ft}^2 \text{ (фунт-сила на квадратний фут)} = 47,8803 \text{ Па}$$

$$1 \text{ к.с.г. (кінська сила-година)} = 2,64780 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ к.с. (кінська сила)} = 735,4988 \text{ Вт}$$

$$1 \text{ lbf}\cdot\text{ft/s (фунт-сила-фут у секунду)} = 1,35582 \text{ Вт}$$

$$1 \text{ hp (британська кінська сила)} = 745,7 \text{ Вт}$$

$$1 \text{ Btu/s (британська одиниця тепла в секунду)} = 1055,06 \text{ Вт}$$

Співвідношення одиниць СІ з іншими одиницями

Найменування одиниць	Переведення з інших систем у СІ	Переведення з СІ в інші системи
1	2	3
Маса	$1 \text{ г} = 10^{-3} \text{ кг}$	$1 \text{ кг} = 10^3 \text{ г}$
Густина	$1 \text{ г/см}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3$ $1 \text{ т/м}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3$	$1 \text{ кг/м}^3 = 10^{-3} \text{ г/см}^3$ $1 \text{ кг/м}^3 = 10^{-3} \text{ т/м}^3$
Масовий розхід	$1 \text{ кг/год} = 278 \cdot 10^{-6} \text{ кг/с}$ $1 \text{ т/год} = 278 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$ $1 \text{ кг/хв} = 16,7 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$	$1 \text{ кг/с} = 3600 \text{ кг/год}$ $1 \text{ кг/с} = 3,6 \text{ т/год}$ $1 \text{ кг/с} = 60 \text{ кг/хв}$
Об'ємний розхід	$1 \text{ м}^3/\text{год} = 278 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ $1 \text{ л/год} = 278 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3/\text{с}$ $1 \text{ л/хв} = 16,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$	$1 \text{ м}^3/\text{с} = 3600 \text{ м}^3/\text{год}$ $1 \text{ м}^3/\text{с} = 3,6 \text{ л/год}$ $1 \text{ м}^3/\text{с} = 6 \cdot 10^4 \text{ л/хв}$
Сила	$1 \text{ кгс} = 9,81 \text{ Н}$	$1 \text{ Н} = 0,102 \text{ кгс}$
Тиск	$1 \text{ кгс/см}^2 = 98066,5 \text{ Н/м}^2$ $1 \text{ кгс/м}^2 = 9,81 \text{ Н/м}^2 =$ $= 1 \text{ мм вод. ст.}$ $1 \text{ мм рт. ст.} =$ $= 133,322 \text{ Н/м}^2$ $1 \text{ мм вод. ст.} = 9,81 \text{ Н/м}^2$ $1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}$ $1 \text{ ат (техн.)} = 1 \text{ кгс/см}^2 =$ $= 0,981 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2 =$ $= 735,6 \text{ мм рт. ст.} =$ $= 10 \text{ м вод. ст.}$ $1 \text{ атм (фізич.)} = 760 \text{ мм}$ $\text{рт. ст.} = 101\,325 \text{ Па}$ $1 \text{ кгс/мм}^2 = 9,81 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$	$1 \text{ Н/м}^2 = 0,102 \text{ кгс/м}^2$ $1 \text{ Н/м}^2 = 7,50 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$ рт. ст. $1 \text{ Н/м}^2 = 0,102 \text{ мм вод. ст.}$ $1 \text{ Н/м}^2 = 1,02 \cdot 10^5 \text{ атм}$ $1 \text{ Н/м}^2 = 9,87 \cdot 10^{-6} \text{ атм}$ $1 \text{ Н/м}^2 = 1,02 \cdot 10^{-7} \text{ кгс/мм}^2$
Енергія, кількість теплоти, робота	$1 \text{ Вт} \cdot \text{г} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ Дж}$ $1 \text{ кал} = 4,19 \text{ Дж}$ $1 \text{ ккал} = 4,19 \cdot 10^3 \text{ Дж}$ $1 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 9,81 \text{ Дж}$	$1 \text{ Дж} = 2,78 \cdot 10^{-4} \text{ Вт} \cdot \text{г}$ $1 \text{ Дж} = 0,239 \text{ кал}$ $1 \text{ Дж} = 239 \cdot 10^{-6} \text{ ккал}$ $1 \text{ Дж} = 0,1 \text{ кгс} \cdot \text{м}$
Потужність	$1 \text{ к.с.} = 735,5 \text{ Вт}$ $1 \text{ ккал/г} = 1,163 \text{ Вт}$ $1 \text{ кал/с} = 4,19 \text{ Вт}$ $1 \text{ Дж/с} = 1 \text{ Вт}$	$1 \text{ Вт} = 1,36 \cdot 10^{-3} \text{ к.с.}$ $1 \text{ Вт} = 0,102 \text{ кгс} \cdot \text{м/с}$ $1 \text{ Вт} = 0,86 \text{ ккал/г}$

Додатки

1	2	3
В'язкість динамічна	$1 \text{ Пз} = 0,1 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2 =$ $= 0,1 \text{ Па}\cdot\text{с}$ $1 \text{ сПз} = 10^{-3} \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$ $1 \text{ кгс}\cdot\text{с}/\text{м}^2 = 9,81 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$	$1 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2 = 10 \text{ Пз}$ $1 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2 = 10^3 \text{ сПз}$ $1 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2 = 0,102 \text{ кгс}\cdot\text{с}/\text{м}^2$
В'язкість кінематична	$1 \text{ см}^2/\text{с} = 1 \text{ Ст} = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ $1 \text{ сСт} = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	$1 \text{ м}^2/\text{с} = 10^4 \text{ Ст}$ $1 \text{ м}^2/\text{с} = 10^6 \text{ сСт}$
Питома теплоємність	$1 \text{ ккал}/\text{кгс}\cdot\text{град.} =$ $= 4,19 \text{ кДж}/\text{кг}\cdot\text{К}$	$1 \text{ кДж}/\text{кг}\cdot\text{К} =$ $= 0,239 \text{ ккал}/\text{кг}\cdot\text{град.}$
Коефіцієнт теплопровідності	$1 \text{ ккал}/\text{м}\cdot\text{г}\cdot\text{град} =$ $= 1,163 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$	$1 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{К} =$ $= 0,86 \text{ ккал}/\text{м}\cdot\text{г}\cdot\text{град.}$
Коефіцієнт теплопередачі	$1 \text{ ккал}/\text{м}^2\cdot\text{г}\cdot\text{град} =$ $= 1,163 \text{ Вт}/\text{м}^2\cdot\text{К}$	$1 \text{ Вт}/\text{м}^2\cdot\text{К} = 0,86$ $\text{ккал}/\text{м}^2\cdot\text{г}\cdot\text{град.}$
Частота обертання	$1 \text{ об}/\text{с} = 1 \text{ с}^{-1}$ $1 \text{ об}/\text{хв} = 0,016 \text{ с}^{-1}$ $1 \text{ об}/\text{г} = 0,27\cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$	$1 \text{ с}^{-1} = 1 \text{ об}/\text{с} = 60 \text{ об}/\text{хв.} =$ $= 3600 \text{ об}/\text{г}$
Теплота згоряння палива	$1 \text{ ккал}/\text{кг} = 4,19 \text{ кДж}/\text{кг}$	$1 \text{ кДж}/\text{кг} = 0,24 \text{ ккал}/\text{кг}$