

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до розрахункової роботи з курсу
«ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНІ СТАНЦІЇ
І ГАЗОВІ МЕРЕЖІ»

для студентів заочної форми навчання
спеціальності
142 «Енергетичне машинобудування»

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 2 від 25.06.2020р.

Харків
НТУ «ХПІ»
2021

Методичні вказівки до розрахункової роботи з курсу «Газоперекачувальні станції і газові мережі» для студентів спеціальностей 142 «Енергетичне машинобудування», / уклад.: Михайлова І. О. – Харків: НТУ «ХП», 2021. – 20 с.

Укладачі: І. О. Михайлова

Рецензент О. І. Тарасов

Кафедра турбінобудування

ВСТУП

Головною метою курсу «Газоперекачувальні станції і газові мережі» є розкриття питань використання стаціонарних ГТУ на компресорних станціях магістральних газопроводів. Зміст курсу включає також пов'язані з цим питання трубопровідного транспорту газу і властивостей природного газу.

Розрахункова робота виконується для закріплення знань з даного курсу. Методичні вказівки складаються з трьох розділів.

У першому розділі необхідно визначити фізичні властивості газової суміші залежно від властивостей його складових, а саме:

- 1) молекулярну масу суміші – $M_{см}$;
- 2) густину суміші – $\rho_{см}$, кг/м³;
- 3) відносну густину Δ суміші за нормальних умов;
- 4) нижчу і вищу концентраційні межі вибуховості суміші – $L_{низ}$, $L_{вис}$, %;

У другому розділі розрахувати пропускну здатність газопроводу:

- 1) масову G , кг/с і об'ємну Q , м³/доб витрати газу в газопроводі;
- 2) середній тиск газу в газопроводі – $P_{ср}$, МПа;
- 3) визначити, як зміниться пропускну здатність газопроводу при підключенні додаткової паралельної нитки з заданими значеннями її відносної довжини – x і діаметра D_I , м.

У третьому розділі розрахувати кількість обертів нагнітача n , об/хв, і потужність привідного валу N , кВт.

Початкові дані до розрахункової роботи наведені у додатках.

До захисту подається розрахункова записка.

Умовні позначення:

$r_i(g_i)$, % – об'ємні (або масові) концентрації компонентів у суміші;

P_1 , МПа – тиск газу на вході в газопровід;

P_2 , МПа – тиск газу на виході з газопроводу;

$L_{\text{газ}}$, м – довжина ділянки газопроводу;

D , м – діаметр основної нитки газопроводу;

D_1 , м – діаметр додаткової нитки газопроводу;

x – відносна протяжність додаткової нитки газопроводу;

Δ – відносна густина;

$P_{\text{вх}}$, МПа – тиск газу на вході у відцентровий нагнітач;

$T_{\text{вх}}$, °С – температура газу на вході у відцентровий нагнітач;

$Q_{\text{км}}$, м³/діб – комерційна витрата газу;

$P_{\text{кр}}$, МПа – критичний тиск газу;

$T_{\text{кр}}$, °С – критична температура газу.

1. ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГАЗОВОЇ СУМІШІ ЗАЛЕЖНО ВІД ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОНЕНТІВ

1.1. Розрахунок молекулярної маси суміші

Якщо задані об'ємні концентрації компонентів, що входять до складу суміші, її молекулярна маса визначається за формулою

$$M_{\text{см}} = \frac{\sum_{i=1}^n r_i M_i}{100}, \quad (1)$$

де r_i – об'ємна концентрація компонента, %; M_i – молекулярна маса компонента (табл. 1).

Якщо відомі масові концентрації компонентів, то молекулярна маса суміші визначається, як

$$M_{\text{см}} = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{g_i}{M_i}}, \quad (2)$$

де g_i – масова концентрація компонентів, %;

Таблиця 1 – Фізичні властивості компонентів

Компонент	Хімічна формула	Молекулярна маса	Нижча і вища концентраційні межі вибуховості
Метан	CH ₄	16	5÷15
Етан	C ₂ H ₆	30	3,22÷12,45
Пропан	C ₃ H ₈	44	2,37÷9,50
Бутан	C ₄ H ₁₀	58	1,86÷8,41

1.2. Визначення густини суміші газів за нормальних умов

Густина суміші визначається виходячи з того, що об'ємний склад газових сумішей за нормальних умов ($P = 101325$ Па, $T = 273,15$ К) є і молярним (закон Авогадро), тобто об'єм 1 моля газу дорівнює 22,4 л/моль, тоді ρ визначається, кг/м³:

$$\rho_{\text{см}} = \frac{M_{\text{см}}}{22,41}, \quad (3)$$

де $\rho_{\text{см}}$ – густина газової суміші, яка вимірюється в $\text{кг}/\text{м}^3$; $M_{\text{см}}$ – молекулярна маса суміші, виражена в кг.

Густина газової суміші, віднесена до густини повітря, за нормальних умов, називається відносною густиною ($\rho_{\text{пов}} = 1,293 \text{ кг}/\text{м}^3$),

$$\Delta_{\text{см}} = \frac{\rho_{\text{см}}}{\rho_{\text{пов}}} \quad (4)$$

1.3. Розрахунок нижчої і вищої концентраційних меж вибуховості суміші

Концентраційні межі вибуховості суміші газів визначаються відповідно до правила Ле Шательє:

$$L = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{r_i}{l_i}}, \quad (5)$$

де l_i – нижча або вища концентраційні межі вибуховості компонента (табл.1).

2. РОЗРАХУНОК ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ГАЗОПРОВОДУ

2.1. Визначення масової і об'ємної витрати газу в газопроводі

За заданими значеннями тиску газу на вході (P_1) і виході (P_2) знаходиться середній тиск ($P_{\text{ср}}$) в газопроводі, МПа:

$$P_{\text{ср}} = \frac{P_1 + P_2}{2}. \quad (6)$$

Набуваючи значення температури газу $T = 293,15 \text{ К}$ і коефіцієнта стиснення $Z = 0,9$, знаходимо середню густину $\rho_{\text{ср}}$ перекачувального газу за рівнянням стана, $\text{кг}/\text{м}^3$:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{P_{\text{ср}}}{ZRT}, \quad (7)$$

де R – газова постійна перекачувальної газової суміші, яка визначається з рівняння, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$:

$$R = \frac{8314}{M_{\text{см}}}. \quad (8)$$

Масова витрата розраховується за формулою, $\text{кг}/\text{с}$:

$$G = 1,11 \cdot D^{2,5} \sqrt{\frac{(P_1 - P_2) \rho_{\text{cp}}}{\lambda L_{\text{газ}}}}, \quad (9)$$

де $\lambda = \frac{0,133}{D^{0,4}}$ – безрозмірний коефіцієнт тертя при течії газу в газопроводі.

Добова об'ємна витрата газу визначається, як, м³/доб:

$$Q_{\text{доб}} = 9,1 \cdot 10^3 \cdot D^{2,7} \sqrt{\frac{P_1^2 - P_2^2}{\Delta Z L_{\text{газ}} T}}, \quad (10)$$

де $\Delta = \frac{\rho_{\text{cp}}}{\rho_{\text{пов}}}$ – відносна густина суміші за стандартними умовами ($P = 1,01325$ Па, $T = 293,15$ К, $\rho_{\text{пов}} = 1,205$ кг/м³)

2.2. Розрахунок середнього тиску газу в газопроводі

Зміну тиску газу за довжиною газопроводу можна подати у вигляді залежності, МПа:

$$P_x = \sqrt{P_1^2 - (P_1^2 - P_2^2) \frac{x}{L_{\text{газ}}}}, \quad (11)$$

де P_x – потокове значення тиску в перетині, що знаходиться на відстані x (м) від входу.

Середній тиск газу в газопроводі визначається, як середньоінтегральна величина

$$P_{\text{cp}} = \frac{1}{L_{\text{газ}}} \int_0^{L_{\text{газ}}} P_x dx. \quad (12)$$

Після підстановки P_x і інтеграції одержимо, МПа,

$$P_{\text{cp}} = \frac{2}{3} \left(P_1 + \frac{P_2^2}{P_1 + P_2} \right). \quad (13)$$

Середній тиск, отриманий за цією формулою, буде більше середнього арифметичного, оскільки тиск у газопроводі змінюється за опуклою кривою.

2.3. Розрахунок пропускної здатності газопроводу при підключенні додаткової паралельної нитки

У деяких випадках для підвищення пропускної здатності газопроводу на окремій ділянці паралельно основній нитці прокладається додаткова.

Прийmemo довжину основної нитки за одиницю, а довжину додаткової – за x в частинах від одиниці (рис. 1).

Величину пропускної здатності після прокладки додаткової лінії діаметром D_1 визначаємо за формулою

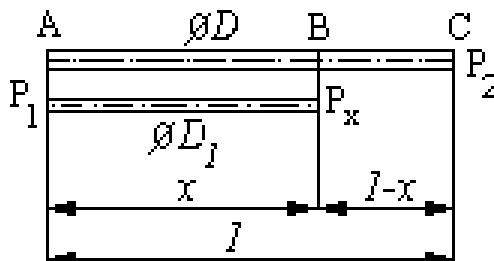


Рисунок 1 – Розрахункова схема газопроводу з різними діаметрами

$$\left(\frac{Q_1}{Q}\right) = \frac{1}{\sqrt{\frac{x}{\left(1 + \left(\frac{D_1}{D}\right)^{2,7}\right)^2} + 1 - x}}}, \quad (14)$$

де Q і Q_1 – пропускна здатність газопроводу до і після прокладки паралельної нитки.

3. РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ОБЕРТІВ І ПОТУЖНОСТІ ПРИВІДНОГО ВАЛУ ВІДЦЕНТРОВИХ НАГНІТАЧІВ ГАЗУ

3.1 Загальні відомості про нагнітачі природного газу

Газоперекачувальні агрегати складаються з приводу – газові турбіни, електродвигуни або двигуни внутрішнього згорання, і відцентрового нагнітача (ВН). Функція приводу полягає в тому, щоб обертати вал відцентрового нагнітача; завдання відцентрового нагнітача – примусово (за рахунок відцентрової сили інерції) переміщати газ з лінії низького тиску (лінії всмоктування) в лінію високого тиску (лінію нагнітання).

Характеристиками відцентрових нагнітачів називають залежність ступеня стиснення $\varepsilon = P_2 / P_1$, внутрішньої потужності N (кВт) і політропічного К.К.Д. η від об'ємної витрати Q_v , м³/хв (подачі) газу при постійній кількості обертів n об/хв робочого колеса:

$$\varepsilon_n = f_1(\rho_B, p_B, Q_B, n, D...);$$

$$N = f_2(\rho_B, p_B, Q_B, n, D...);$$

$$\eta_n = f_3(\rho_B, p_B, Q_B, n, D...),$$

де ρ_B, p_B, Q_B – густина, тиск і об’ємна витрата газу в лінії всмоктування нагнітача; p_H – тиск в лінії нагнітання ВН; D – діаметр робочого колеса нагнітача.

У безрозмірному вигляді ці характеристики мають вигляд:

$$\varepsilon_n = \frac{p_B / \rho_B}{n^2 D^2}, \frac{Q_B / S_0}{nD}; \quad (15)$$

$$\frac{N_n / S_0}{\rho_B n^3 D^3} = F_2 \left(\frac{p_B / \rho_B}{n^2 D^2}, \frac{Q_B / S_0}{nD} \right); \quad (16)$$

$$\eta_n = F_3 \left(\frac{p_B / \rho_B}{n^2 D^2}, \frac{Q_B / S_0}{nD} \right), \quad (17)$$

де індекс n показує, що характеристики ВН взяті при кількості обертів його робочого колеса.

З міркувань розмірності звідси виходить:

$$\varepsilon_n = \varepsilon_{n_0} \left(\frac{p_B}{\rho_B} \frac{n_0^2}{n^2}, Q_B \frac{n_0}{n} \right); \quad (18)$$

$$N_n = \left(\frac{n}{n_0} \right)^3 \cdot N_{n_0} \left(\frac{p_B}{\rho_B} \frac{n_0^2}{n^2}, Q_B \frac{n_0}{n} \right); \quad (19)$$

$$\eta_n = \eta_{n_0} \left(\frac{p_B}{\rho_B} \frac{n_0^2}{n^2}, Q_B \frac{n_0}{n} \right), \quad (20)$$

де $\varepsilon_{n_0}, N_{n_0}, \eta_{n_0}$ – характеристики ВН при номінальній, зокрема, паспортній кількості (n_0) обертів валу робочого колеса.

Умови приведення характеристик ВН до універсального вигляду припускають надати їх у формулах (18), (19), (20) з тією тільки різницею, що в лінії всмоктування нагнітача вибираються цілком певні фіксовані умови: $Z_{np} = 0,91$; $R_{np} = 490 \text{ Дж/кг}$; $T_{np} = 288 \text{ К}$; $n = n_0$.

Якщо при цьому врахувати, що $\frac{p_B}{\rho_B} = Z_B R_B T_B$, то за умов наведення

$\left(\frac{p_B}{\rho_B}\right)_{\text{пр}} = Z_{\text{пр}} R_{\text{пр}} T_{\text{пр}}$ мають місце так звані приведені характеристики ВН:

$$\varepsilon_n = \varepsilon_{n_0} \left(Z_{\text{пр}} R_{\text{пр}} T_{\text{пр}} \left(\frac{n_0}{n} \right)_{\text{пр}}^2, (Q_B)_{\text{пр}} \right); \quad (21)$$

$$N_n = \rho_B \left(\frac{n}{n_0} \right)^3 N_{n_0} \left(\frac{p_B}{\rho_B} \frac{n_0^2}{n^2}, Q_B \frac{n_0}{n} \right); \quad (22)$$

$$\eta_n = \eta_{n_0} \left(\frac{p_B}{\rho_B} \frac{n_0^2}{n^2}, Q_B \frac{n_0}{n} \right), \quad (23)$$

де використані позначення:

$$\left(\frac{n}{n_0} \right)_{\text{пр}} = \frac{n}{n_0} \sqrt{\frac{Z_{\text{пр}} R_{\text{пр}} T_{\text{пр}}}{Z_B R_B T_B}} - \text{приведена кількість обертів};$$

$$(Q_B)_{\text{пр}} = Q_B \frac{n_0}{n} - \text{приведена витрата всмоктування}.$$

Приведені характеристики двох відцентрових нагнітачів 370-18-1 ($n_0 = 4800$ об/хв) і Н – 300 - 1,23 ($n_0 = 6150$ об/хв) подані на рисунках 2, 3 і 4. У політропічному процесі стиснення газу в ВН температура T_H у лінії нагнітання пов'язана з температурою T_B у лінії всмоктування і обчислюється за формулою

$$\frac{T_H}{T_B} = \left(\frac{p_H}{p_B} \right)^{\frac{m-1}{m}} = \varepsilon^{\frac{m-1}{m}}, \quad (24)$$

де – m показник політропи ($m = 1,25 \div 1,30$).

Корисну потужність $N_{\text{пов}}$, що витрачається на політропічне стиснення газу, розраховуємо за формулою:

$$N_{\text{пов}} = \rho_B \cdot \left(\frac{n_1}{n_0} \right)^3 \cdot \left(\frac{N_i}{\rho_B} \right)_{\text{пр}}. \quad (25)$$

Потужність $N_{\text{влп}}$ привідного валу нагнітача визначається за формулою

$$N_{\text{влп}} = N_{\text{пов}} + N_{\text{мех}} \quad (26)$$

де – $N_{\text{мех}}$ потужність механічних втрат, приймаємо рівним 100 кВт для газотурбінних і 150 кВт для електричних приводів.

3.2. Послідовність розрахунку задачі

Для визначення кількості робочих обертів нагнітача природного газу, потужності привідного валу і ККД нагнітача необхідно спочатку знайти параметри перекачувального природного газу.

1) Газова стала:

$$R = \frac{R_{\text{пов}}}{\Delta}, \quad (27)$$

де $R_{\text{пов}} = 286$ Дж/кг К.

2) Коефіцієнт стиснення:

$$Z = 1 - 0,4273 \cdot \bar{P} \cdot \bar{T}^{-3,668}, \quad (28)$$

де $\bar{P} = \frac{P_{\text{вх}}}{P_{\text{кр}}}$, $\bar{T} = \frac{T_{\text{вх}}}{T_{\text{кр}}}$.

3) Густина на вході в нагнітач:

$$\rho_{\text{вх}} = \frac{P_{\text{вх}}}{Z \cdot R \cdot T_{\text{вх}}}. \quad (29)$$

4) Густина при стандартних умовах:

$$\rho_{\text{ст}} = \Delta \cdot \rho_{\text{пов}}, \quad \text{де } \rho_{\text{пов}} = 1,204. \quad (30)$$

5) Об'ємна витрата на вході в нагнітач:

$$Q_{\text{вх}} = Q_{\text{км}} \cdot \frac{\rho_{\text{ст}}}{\rho_{\text{вх}}}. \quad (31)$$

6) Приведені параметри режиму роботи відцентрового нагнітача:

$$\left(\frac{n}{n_0} \right)_{\text{пр}} = \frac{n}{n_0} \sqrt{\frac{Z_{\text{пр}} R_{\text{пр}} T_{\text{пр}}}{Z R T_{\text{вх}}}}. \quad (32)$$

7) Приведена об'ємна витрата:

$$(Q_{\text{в}})_{\text{пр}} = Q_{\text{вх}} \frac{n_0}{n}. \quad (33)$$

8) Оскільки міра стиснення ε в даному випадку відома, то необхідно, використовуючи приведені характеристики нагнітачів на рисунках 2, 3 і 4 підібрати таке значення $\frac{n}{n_0}$, щоб точка з координатами $(Q_{\text{вх}})_{\text{пр}}$ відповідала

характеристиці $\left(\frac{n}{n_0}\right)_{\text{пр}}$. Відповідь на це питання шукаємо методом послідовних наближень.

Задаючись $\left(\frac{n}{n_0}\right)_{\text{пр}}$, визначаємо $\left(\frac{n}{n_0}\right)$, $(Q_{\text{вх}})_{\text{пр}}$ і дивимось на коефіцієнт стиснення ε (який заданий в початкових даних), якщо він не співпадає з заданим, то перезадано $\left(\frac{n}{n_0}\right)_{\text{пр}}$ і повторюємо обчислення. У разі збігання ε з заданим, продовжуємо розрахунок, визначаючи робочі оберти нагнітача і інші параметри за характеристикою.

9) Приведену потужність $\left(\frac{N}{\rho_{\text{в}}}\right)_{\text{пр}}$ і ККД $\eta_{\text{пов}}$ нагнітача визначаємо за характеристикою.

10) Корисна потужність привідного валу:

$$N_{\text{пов}} = \rho \cdot \left(\frac{n}{n_0}\right)^3 \cdot \left(\frac{N}{\rho_{\text{в}}}\right)_{\text{пр}} . \quad (33)$$

11) Потужність $N_{\text{впн}}$ привідного валу нагнітача:

$$N_{\text{впн}} = N_{\text{пов}} + N_{\text{мех}} . \quad (34)$$

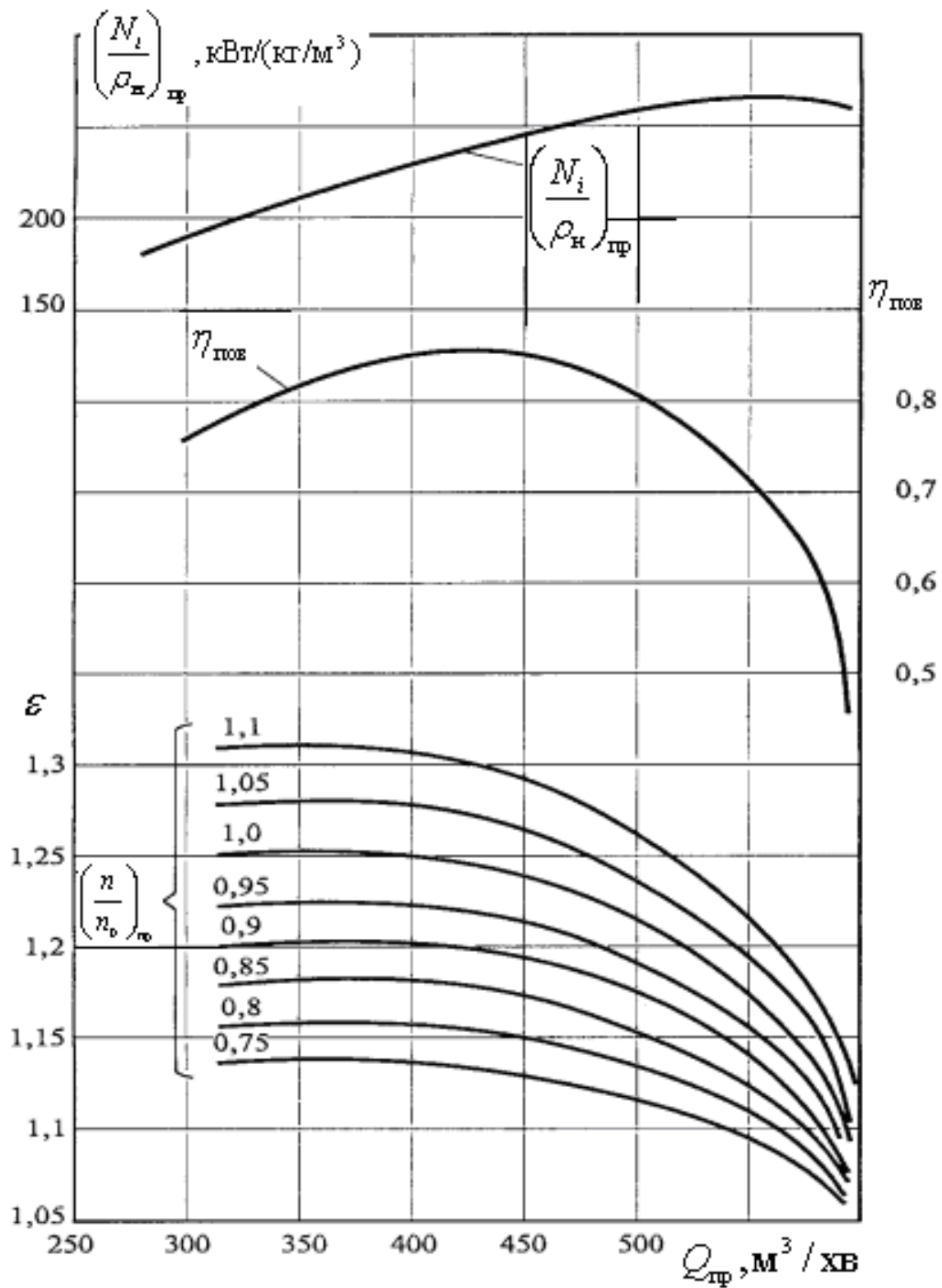


Рисунок 2 – Приведені характеристики нагнітача 370-18-1 при $T_{гп} = 288$ К; $Z_{гп} = 9$ 0; $R_{гп} = 490$ Дж/(кг К)

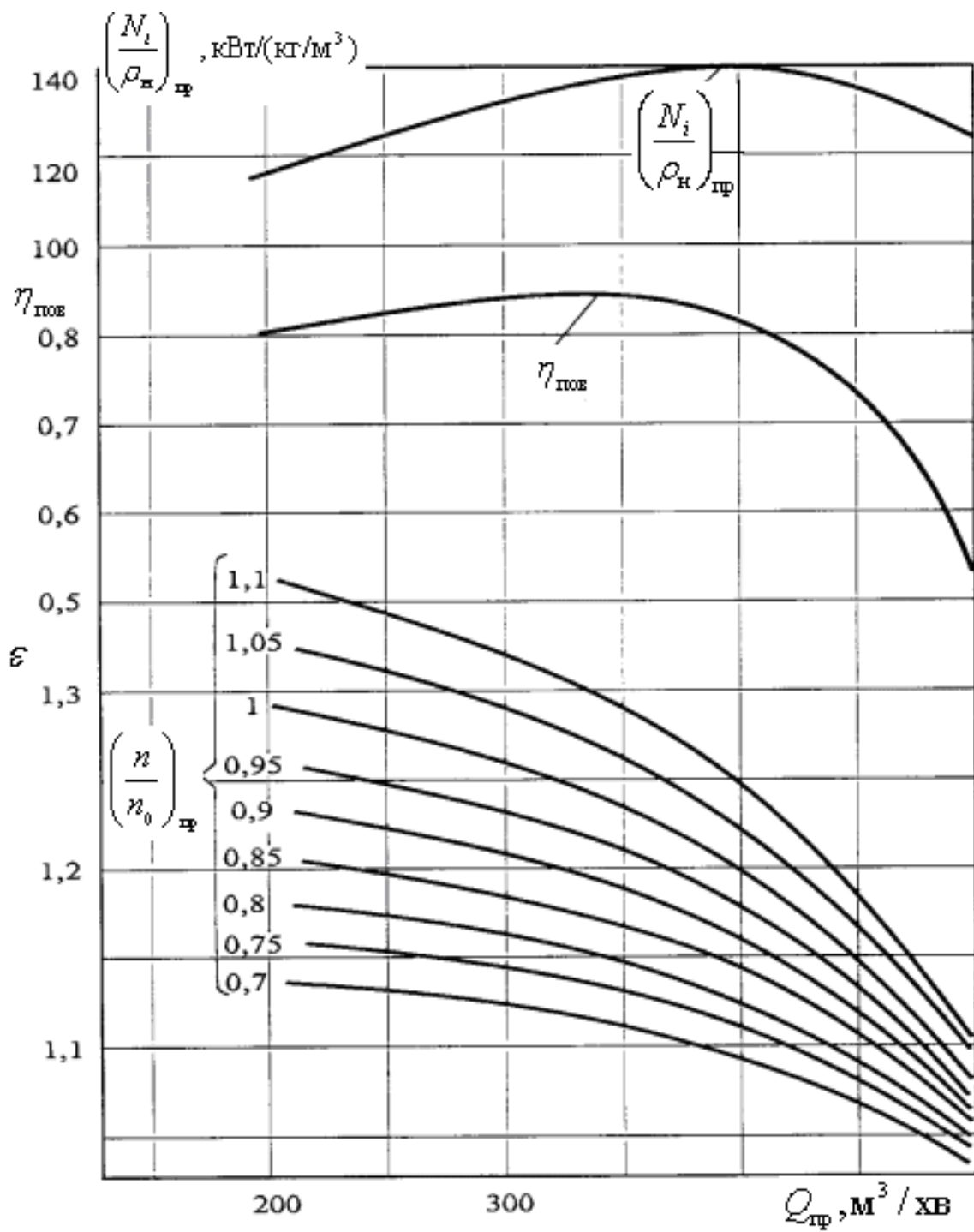


Рисунок 3 – Приведені характеристики нагнітача Н-300-1,23
 $T_{\text{пр}} = 288 \text{ К}$; $Z_{\text{пр}} = 0,9$; $R_{\text{пр}} = 490 \text{ Дж}/(\text{кг К})$

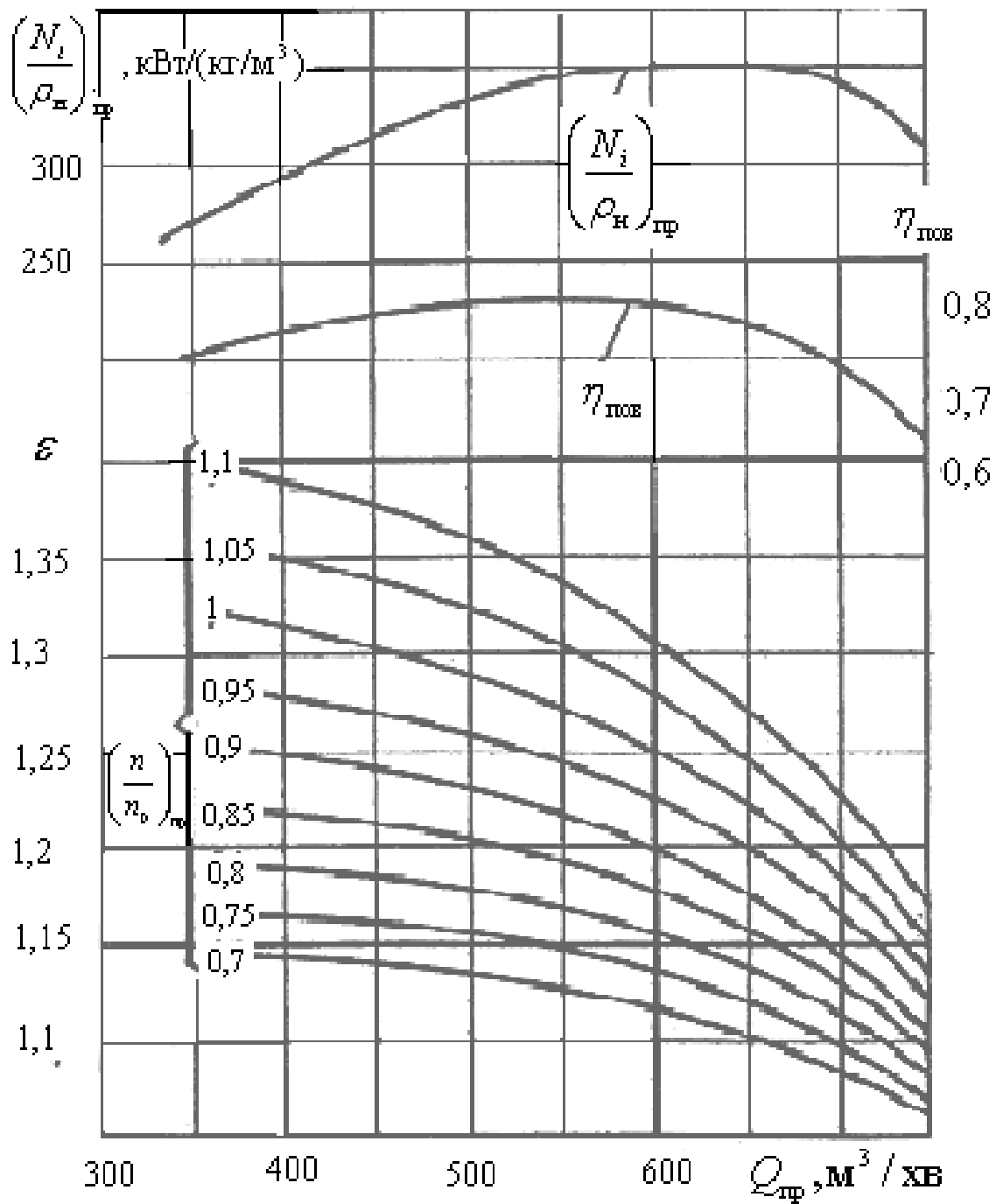


Рисунок 4 – Приведені характеристики нагнітача Н-16-76/1,25
 $T_{пр} = 288 \text{ K}$; $Z_{пр} = 0,9$; $R_{пр} = 490 \text{ Дж/(кг K)}$

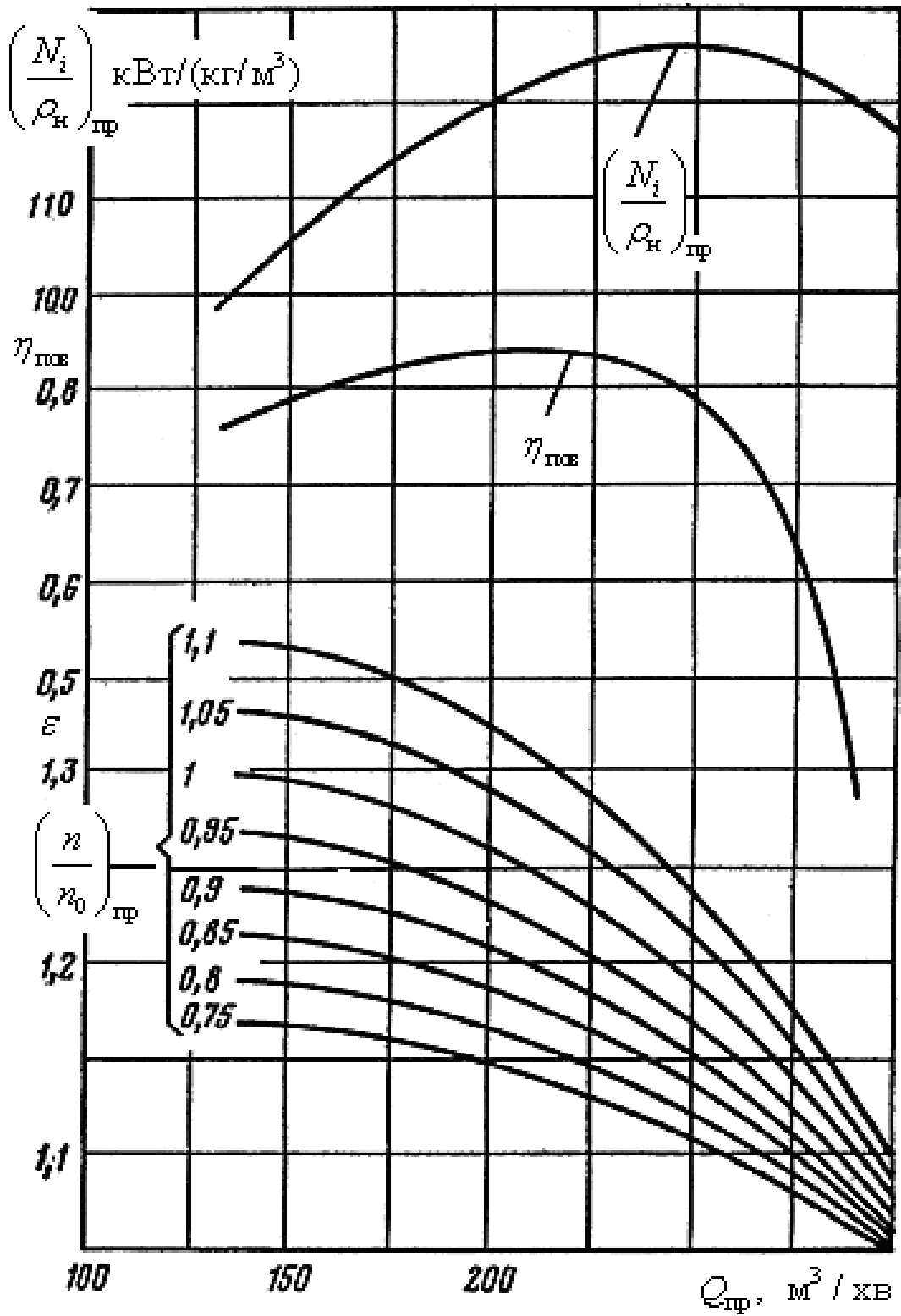


Рисунок 5 – Приведені характеристики нагнітача Н-280 з робочим колесом діаметром 600 мм при $T_{гп} = 288 \text{ К}$; $Z_{гп} = 0,9$; $R_{гп} = 490 \text{ Дж}/(\text{кг К})$

ДОДАТКИ

Додаток 1. Початкові дані до розрахунку задач першого і другого розділів

Варіант	Об'ємна концентрація – r , %				Масова концентрація – g , %				P_1 , МПа	P_2 , МПа	$L \cdot 10^{-3}$, м	D , м	D_1 , м	x
	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}						
1	–	–	–	–	40	10	15	35	7,5	6,2	120	1,0	1,0	0,5
2	70	9	10	11	–	–	–	–	7,0	5,83	150	1,2	0,9	0,75
3	–	–	–	–	50	11	13	26	6,5	5,42	140	1,4	0,8	1,0
4	80	10	5	5	–	–	–	–	6,0	5,0	130	0,9	0,7	0,3
5	–	–	–	–	45	12	13	30	5,5	4,58	120	0,8	1,4	0,4
6	90	5	3	2	–	–	–	–	5,0	4,17	150	0,7	1,2	0,5
7	–	–	–	–	60	15	5	20	7,5	6,2	130	1,0	1,0	0,5
8	75	8	6	11	–	–	–	–	7,0	5,83	140	1,2	1,2	0,75
9	–	–	–	–	55	10	10	25	6,5	5,42	150	1,4	1,4	1,0
10	87	7	3	3	–	–	–	–	6,0	5,0	140	0,9	0,9	0,45
11	–	–	–	–	50	12	25	13	5,5	4,58	120	0,8	0,8	0,55
12	77	9	6	8	–	–	–	–	5,0	4,17	130	0,7	0,7	0,8
13	–	–	–	–	40	15	20	25	7,5	6,2	120	1,4	1,0	0,9
14	85	3	4	8	–	–	–	–	7,0	5,83	130	1,2	1,0	1,0
15	–	–	–	–	45	15	10	30	6,5	5,42	140	1,0	1,2	0,5
16	92	5	2	1	–	–	–	–	6,0	5,0	150	0,9	1,4	0,75
17	–	–	–	–	55	13	12	20	5,5	4,58	150	0,8	0,9	1,0
18	91	2	3	4	–	–	–	–	5,0	4,17	140	0,7	0,8	0,5
19	–	–	–	–	60	11	8	21	7,5	6,2	130	1,4	0,7	0,75
20	82	12	4	2	–	–	–	–	7,0	5,83	120	1,2	1,4	1,0

Додаток 2. Початкові дані до розрахунку задач третього розділу

Варіант	Тип нагнітача	Номинальні оберти n_0 , об/хв	Δ	ε	$P_{вх}$, МПа	$T_{вх}$, °C	$Q_{км}$, м ³ /доб	$P_{кр}$, МПа	$T_{кр}$, °C
1	H-300-1,23	6150	0,62	1,20	3,20	+10,0	$15,0 \cdot 10^6$	4,8	-79
2	H-300-1,23	6150	0,62	1,15	3,50	+10,5	$14,3 \cdot 10^6$	4,8	-79
3	H-300-1,23	6150	0,62	1,12	3,75	+12,0	$15,5 \cdot 10^6$	4,8	-79
4	H-300-1,23	6150	0,62	1,15	4,00	+12,8	$15,8 \cdot 10^6$	4,8	-79
5	H-16-76-1,25	6150	0,62	1,20	4,10	+13,5	$27,0 \cdot 10^6$	4,8	-79
6	H-16-76-1,25	6150	0,62	1,15	4,20	+14,0	$30,0 \cdot 10^6$	4,8	-79
7	H-16-76-1,25	6100	0,62	1,12	4,25	+14,5	$35,0 \cdot 10^6$	4,8	-79
8	H-16-76-1,25	6100	0,62	1,10	4,50	+15,0	$40,0 \cdot 10^6$	4,8	-79
9	H-300-1,23	6100	0,62	1,20	4,55	+16,0	$15,6 \cdot 10^6$	4,8	-79
10	H-300-1,23	6100	0,62	1,15	4,70	+18,0	$16,0 \cdot 10^6$	4,8	-79
11	370-18-1	4800	0,62	1,25	3,80	+15,0	$25,0 \cdot 10^6$	4,8	-79
12	370-18-1	4800	0,62	1,20	3,75	+10,0	$24,0 \cdot 10^6$	4,8	-79
13	370-18-1	4800	0,62	1,15	4,00	+12,0	$28,0 \cdot 10^6$	4,8	-79
14	370-18-1	4800	0,62	1,10	4,10	+14,0	$30,0 \cdot 10^6$	4,8	-79
15	H-280	4800	0,62	1,20	4,20	+15,0	$15,0 \cdot 10^6$	4,8	-79
16	H-280	4800	0,62	1,15	4,25	+16,0	$18,0 \cdot 10^6$	4,8	-79
17	370-18-1	4700	0,62	1,12	4,50	+17,0	$32,0 \cdot 10^6$	4,8	-79
18	370-18-1	4700	0,62	1,10	4,55	+17,5	$34,0 \cdot 10^6$	4,8	-79
19	370-18-1	4700	0,62	1,20	4,70	+15,0	$36,0 \cdot 10^6$	4,8	-79
20	H-280	4700	0,62	1,15	3,75	+18,0	$20,0 \cdot 10^6$	4,8	-79

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гура Л. О. Газоперекачувальні станції магістральних газопроводів/ Л. О. Гура – Харків: НТУ “ХПІ”, 2004.
2. Коршак А. А. Основы нефтегазового дела/ А. А. Коршак –Уфа: Дизайн Полиграф Сервис, 2001.
3. Лурье М. В. Задачник по трубопроводному транспорту нефти, нефтепродуктов и газа/ Москва. В. Лурье – М., 2003.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1. Визначення фізичних властивостей газової суміші залежно від властивостей компонентів.....	5
1.1. Розрахунок молекулярної маси суміші.....	5
1.2. Визначення густини суміші газів за нормальних умов.....	5
1.3. Розрахунок нижчої і вищої концентраційних меж вибуховості суміші.....	6
2. Розрахунок пропускної здатності газопроводу.....	6
2.1. Визначення масової і об'ємної витрати газу в газопроводі.....	6
2.2. Розрахунок середнього тиску газу в газопроводі.....	7
2.3. Розрахунок пропускної здатності газопроводу при підключенні додаткової паралельної нитки.....	7
3. Розрахунок кількості обертів і потужності привідного валу відцентрових нагнітачів газу.....	8
3.1. Загальні відомості про нагнітачі природного газу.....	8
3.2. Послідовність розрахунку задачі.....	11
Додатки	17
Додаток 1. Початкові дані до розрахунку задач першого і другого розділів.....	17
Додаток 2. Початкові дані до розрахунку задач третього розділу.....	18
Список літератури.....	19

Навчальне видання
Методичні вказівки
до розрахункової роботи
з курсу „Газоперекачувальні станції і газові мережі”
для студентів заочної форми навчання
спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»

Укладач МИХАЙЛОВА Ірина Олександрівна

Відповідальний за випуск

О. П. Усатий

Роботу до видання рекомендувала

Л. І. Тютюнник

В авторській редакції

План 2020 р., поз. 109

Підписано до друку _____. Формат 60×84 ¹/₁₆. Папір офісний. Друк – ризографія. Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. _____. Наклад. 50 прим. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ „ХПІ”, 61002, Харків, вул. Кирпичова, 2

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК №5478 від 21.08.2017 р.

Електронна версія