

РОЗДІЛ 6. ГАЗОНАПОВНЮВАЛЬНІ СТАНЦІЇ ЗРІДЖЕНИХ НАФТОВИХ ГАЗІВ

6.1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Газонаповнювальні станції (ГНС) є підприємствами, призначеними для прийому, зберігання і відпуску споживачам зріджених нафтових газів (ЗНГ), які поступають залізничним, водним транспортом або трубопроводом із підприємств, що добувають газ, або зі сховищ газу.

Як правило, ГНС розташовуються поза межею території міст, селищ та інших населених пунктів. Територія ГНС поділяється на виробничу і допоміжну.

У виробничій зоні розташовані:

- залізнична колія з естакадою і зливними пристроями для зливання ЗНГ із залізничних цистерн у резервуари;
- резервуарний парк;
- технологічні відділення – насосно–компресорні, наповнювальні, відділення зливу невивпаруваних залишків із балона, навантажувально–розвантажувальний майданчик;
- внутрішньомайданчикові трубопроводи;
- колонки для наповнювання і зливу автоцистерн;
- автовага;
- випарювальні установки.

У допоміжній зоні розташовані:

- споруди адміністративно-господарські, лабораторії, котельні, механічні майстерні;
- трансформаторна підстанція;
- майданчик для відкритої стоянки автомашин;
- резервуари для запасу води;
- водонапірна башта.

Резервуари, призначені для прийому і зберігання ЗНГ,

виготовляються відповідно до вимог БНП 2.04.08-87; у табл. 6.1 наведено технічні характеристики циліндричних горизонтальних резервуарів, які застосовуються в ГНС.

У табл. 6.2 наведено характеристики сферичних резервуарів для зберігання ЗНГ.

Обв'язка резервуарів має забезпечувати можливість роздільного прийому і зберігання в резервуарному парку газу з різним складом.

Місткість резервуарного парку слід визначати залежно від добової продуктивності ГНС, ступеня заповнення резервуарів і кількості зарезервованого для зберігання зрідженого газу, яка визначається залежно від розрахункового часу роботи ГНС без надходження газу (t):

$$t = \frac{L}{V} + t_1 + t_2, \quad (6.1)$$

де t – розрахунковий час роботи ГНС без надходження газу, діб;

L – відстань від заводу–постачальника зріджених газів до ГНС, км;

V – нормативна добова швидкість доставки вантажу повагонного відправлення, км/добу ($V = 330$ км/добу);

t_1 – час, потрачений на операції, пов'язані з відправленням і прибуттям вантажу ($t_1 = 1$ добу);

t_2 – час, на який слід завбачати експлуатаційний запас ЗНГ ($t_2 = 3 - 5$ діб).

Як правило, установка резервуарів на ГНС – надземна з нахилом 0,002 – 0,003 в сторону зливного патрубка. Надземні резервуари розташовують в групі згідно БНП.

Відстань між надземними резервуарами в групі має бути рівною діаметру більшого суміжного резервуара, але не менше 2 метрів. Відстань між рядами надземних резервуарів, розміщених у два і більше рядів, приймається рівною довжині найбільшого резервуара, але не менше 10 метрів. Для кожної групи резервуарів по периметру повинно бути замкнене обвалування або огорожувальна стінка з вогнетривкого матеріалу висотою не менше 1м, розраховані на 85 % місткості групи резервуарів. Відстань від резервуара до підшови обвалування має бути рівною половині діаметра найближчого резервуару, але не менше одного метра.

Таблиця 6.1
Характеристика горизонтальних циліндричних резервуарів для зберігання пропану і бутану

Показники	Пропан						Бутан			
	ПС-25	ПС-50	ПС-100	ПС-160	ПС-200	БС-50	БС-100	БС-160	БС-200	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ємність, м ³	25	50	100	160	200	50	100	160	200	
номінальна	25,2	49,4	99,9	162,4	202,3	49,3	99,8	162,2	202,4	
дійсна	20,8	41,5	82,6	133,0	166,0	41,5	82,6	133,0	166,0	
корисна	2000	2400	3000	3400	3400	2400	3000	3400	3400	
Внутрішній діаметр, мм	8332	11356	14684	18512	22912	11324	14652	18480	22880	
Загальна довжина, мм	1550	1860	2320	2640	2640	1860	2320	2640	2640	
Найбільша висота наливу, мм	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	0,7	0,7	0,7	0,7	
Найбільший робочий тиск при температурі не більше 50 °С, МПа	20/24	20/26	30/32	34/36	34/36	10/12	12/16	12/20	12/20	
Товщина стінки корпусу СТ 3/16 Гс, мм	80	80	100	150	150	80	100	150	150	
Умовний діаметр штуцера, мм для прийому продуктів	100	100	150	200	200	150	150	200	200	
для відпуску продуктів	10700	18500	34000	56550	69350	9750	16950	28050	34150	
Загальна маса резервуару, із сталі Ст-3кг, Витрата сталі, на 1м ³ корисної ємності, Ст-3 (кг/м ³)	514,4	433,3	411,6	425,9	417,7	235	205,2	210,9	205,7	

Таблиця 6.2
Характеристика сферичних резервуарів для зберігання зріджених газів.

Показники	Умовний об'єм, м ³											
	300	600	600	600	600	900	2000	2000	2000	4000	4000	7000
Геометричний об'єм, м ³	381	606	606	606	606	905	2145	2145	2145	4189	4189	7232
Корисна ємність, м ³	343	545,4	515,1	606	606	796,2	1930,5	1823,20,	3770,6	3560,3		6575
Розрахунковий тиск, МПа	0,6	0,25	0,6	1,0	1,8	1,8	0,25	6	0,25	0,6	0,6	0,6
Внутрішній діаметр, м	9	10,5	10,5	10,5	10,5	12	16	16	20	20	20	24
Загальна маса сталевих конструкцій, т	25	34	45	62	96	140	104	143	183	285		
Товщина оболонки, мм	12	14	14	22	34	38	16	22	18	28	28	32
Назва продукту	Бутан-бутілен	Бутан	Бутан	Інертний газ	Пропан	Пропан	Бутан	Бутан-бутілен	ізо-Пентан	Бутан-бутілен	Бутан-бутілен	Бутан

Кількість резервуарів для зберігання ЗНГ на ГНС визначається за формулою:

$$n = \frac{V}{v_r K}, \quad (6.2)$$

де V – запас зрідженого газу на ГНС, м^3 ;

v_r – геометрична ємність одного резервуару, м^3 ;

K – норма заповнення резервуарів (для пропану $K = 0,85$; для бутану $K = 0,9$).

Резервуари вибираємо завдяки порівнянню техніко-економічних показників трьох варіантів.

Одним з основних показників можна прийняти масу металу резервуару (табл.6.1).

При виборі резервуарів можна використовувати такі критерії:

Ємність резервуарів, м^3	Об'єм зберігання ГНС, м^3
25; 50; 100;	вище 50 до 200
50; 100; 160;	вище 200 до 500
100; 160; 200	вище 500 до 2000
Те саме	вище 2000 до 8000

Переміщення рідкої і парової фази ЗНГ по комунікаціях ГНС здійснюється насосами та компресорами, спеціально призначеними або придатними для цієї мети.

Насоси і компресори розташовують у закритих опалюваних приміщеннях. У випадку, коли кліматичні умови дають змогу забезпечити нормальну роботу встановленого устаткування і обслуговуючого персоналу, допускається розташування насосів і компресорів на відкритих майданчиках під навісом із вогнетривких матеріалів на фундаментах. При установці в один ряд насосів і компресорів передбачають:

- ширина основного проходу обслуговування – не менше 1,5м;
- відстань між насосами – не менша 0,8м;
- відстань між компресорами – не менша 1,5м;
- відстань від насосів і компресорів до стін приміщення – не

менша 1м.

На нагнітальних патрубках насосів і компресорів встановлюються зворотні клапани. Перед насосами встановлюють фільтри з продувними свічками, за насосами на напірних трубопроводах – продувні свічки. На всмоктувальних лініях компресорів встановлюють конденсатозбірники з дренажними пристроями. На ГНС широке застосування одержали насоси типу С-5, ХГВ і компресори типу АВ і АУ. Характеристики насосів і компресорів наведені в табл. 6.3 і 6.5.

Таблиця 6.3

Технічна характеристика насосів для перекачування ЗНГ

Марка	Подача, м ³ /год	Напір, м	Кількість ступенів	Потужність електро- двигуна, кВт	Частота обертання, хв. ⁻²
1	2	3	4	5	6
С-5/200	5	180	8	8	1450
С-5/140М	5	140	8	8	1450
С-5/140	5	143	1	8	2950
2ХГВ-6Х2А-4,5-4	16 – 24	40 – 50	2	4,5	2770
3ХГВ-6А-7-4	25 – 40	40	1	7	2850
3ХГВ-7Х2А-20-4	15 – 30	90 – 100	2	20	2900
4ХГВ-7Х2А-28-4	90	143	2	28	2900
4ХГВ-6А-40-4	60 – 10	70 – 80	1	40	2910
3ХГВ-7Х2А-10-4	12 – 30	90	2	10	2400

Примітка. Марка насосів розшифровується так:

С – насос для зріджених газів;

5 – подача, м³/год;

140 – напір, м, (С-5/140).

Марка насоса типу ХГВ розшифровується так:

перша цифра – діаметр всмоктуючого патрубка в дюймах;

Х – хімічний;

Г – герметичний;

В – вертикальний; наступна цифра вказує питому швидкохідність,

зменшену в 10 разів;

наступна цифра вказує кількість коліс (2 – двоколісний);

буква А – вуглецева сталь;

наступні цифри вказують на потужність насоса;

остання цифра вказує на конструктивні особливості насоса для ЗНГ.

Однією з основних операцій на ГНС є наповнення балонів ЗНГ. Балони мають бути справними, випробуваними і не мати невикористаних залишків. Балони з невикористаними залишками направляються у зливне відділення для зливання, яке звичайно розташовується поряд із наповнювальним відділенням. Зливне відділення повинно забезпечити зливання 10–15 % балонів, що наповнюються за добу.

Контроль наповнення балонів здійснюється по вазі.

Автоматичне наповнення балонів здійснюється на карусельному газонаповнювальному апараті, який є платформою, що обертається; на ній встановлені вагові автоматичні пристрої. Основний елемент карусельного агрегату – автоматична вагова установка, кількість таких установок можна змінювати залежно від продуктивності. У табл. 6.4 наведено технічну характеристику апаратів.

При наповненні балона вісь стрілки вагів повертається на кут, пропорційний масі газу, який надходить у балон. При досягненні маси заданої величини спрацьовує чутливий елемент, передаючи імпульс відсікачу припинення подачі газу.

6.2 Розрахунки процесу зберігання та відпуску газу

Добова пропускна здатність ГНС визначається за формулою:

$$q_{\text{добу}} = \frac{Q_p}{253 \rho_{\text{ж}}}, \quad (6.3)$$

де Q_p – річна продуктивність ГНС. тис. т/рік;

$\rho_{\text{ж}}$ – густина рідкої фази, кг/м^3 при температурі газу T_r .

При використанні завбаченої по ДСТУ 20448-90 "Гази вуглеводневі зріджені, паливні для комунально-побутового споживання" марки газу слід підставляти в формулу значення густини суміші:

$$\rho_{ж} = \frac{\rho_1 \cdot V_1 + \rho_2 \cdot V_2}{100}, \quad (6.4)$$

де ρ_1, ρ_2 – густина компонентів суміші, кг/м³;
 V_1, V_2 – вміст компонентів, об. %.

Таблиця 6.4

Технічна характеристика карусельних газонаповнювальних апаратів

Параметри	Одиниці виміру	КГА-МГП-2	КГА-МГП-5
1	2	3	4
Продуктивність при місткості балонів: 50л		350	350
Кількість вагових пристроїв на платформі, що обертається	бал./год	20	20
Тип приводу		зубчатий центральний	фрикційний боковий
Потужність електродвигуна:			
приводу агрегату	кВт	1,7	1,7
Робочий тиск газу	МПа	1,6	1,6
Діаметр корпусу	м	6	6
Маса агрегату	кг	6300	5400
Частота обертання каруселі	хв. ⁻¹	0,096; 0,16; 0,0125; 0,24; 0,29; 0,344	0,096; 0,16; 0,125; 0,24; 0,29; 0,344
Потужність електродвигуна приводного рольгангу	кВт	1,0	1,0
Спосіб приєднання до запірною пристрою		струбцина	струбцина

Продовження табл.6.4

Довжина конвеєра для подачі і прибирання балонів		напівавтоматична	напівавтомати
Ширина конвеєра		70	70
Потужність електродвигуна приводу конвеєра		0,4	0,4
Швидкість руху конвеєра	м	4,5	4,5
Кількість операторів, при заповненні балонів:	м	1; 16; 2; 3	1; 15; 2; 3
– з кутовим вентилям	кВт		
– з клапаном КБ-1 (КБ-2)	хв. ⁻¹	2	2
		–	–

Таблиця 6.5

Технічна характеристика компресорів

Параметри	Одиниця виміру	Тип компресора		
		АВ-75	АВ-100	АУ-200
1	2	3	4	5
Номінальна холодопродуктивність	кВт	60,5	116,3	232,6
Діаметр циліндра	мм	150	150	150
Хід поршня	мм	140	130	130
Кількість циліндрів	шт.	2	2	4
Номінальна частота обертання	хв. ⁻¹	970	980	980
Потужність на валу компресора (не більше)	кВт	16,5	33	65
Годинний об'єм	м ³ /год	143	264	528
Маса компресора	кг	1050	800	1290
Допустимий тиск:				
– всмоктування	МПа	1	1	1
– нагнітання	МПа	1,6	1,6	1,6

Необхідна ємність ГНС, м³, визначається за формулою:

$$V = q_{\text{добу}} + t \cdot q_{\text{добу}} \quad (6.5)$$

Металовитрати за обраними трьома типами резервуарів визначаються за формулою:

$$G = g \cdot n, \quad (6.6)$$

де g – вага резервуару, т.

За мінімальними металозатратами здійснюють вибір резервуару.

Кількість постів для наповнення балонів визначається за ваговою кількістю газу з річної продуктивності ГНС, що відпускається в балони.

$$m_{\text{н}} = \frac{Q_{\text{г}} \cdot 10^3 \cdot \tau_{\text{н}}}{253 \cdot T \cdot q_{\text{б}}}, \quad (6.7)$$

де $\tau_{\text{н}}$ – тривалість наповнення балонів, $\tau_{\text{н}} = 4 - 5$ хв;

T - тривалість роботи ГНС, При однозмінній роботі

$T=480$ хв, при двозмінній роботі $T = 960$ хв;

$g_{\text{б}}$ – маса газу в балоні. Для балона об'ємом 50л $g_{\text{б}} = 21$ кг.

Кількість постів для зливання залишків із балонів:

$$m_{\text{зл.}} = \frac{\alpha \cdot \tau_{\text{зл.}}}{T_{\text{зл.}}}, \quad (6.8)$$

де α – кількість балонів для зливання протягом доби;

$\tau_{\text{зл.}}$ – тривалість зливання одного балона $\tau_{\text{зл.}} 10 - 15$ хв;

$T_{\text{зл.}}$ – час роботи зливної установки $T_{\text{зл.}} = 480$ хв.

$$\alpha = \frac{0,15 \cdot Q_{\text{г}} \cdot 10^3}{253 \cdot g_{\text{б}}}. \quad (6.9)$$

6.2.1 Гідравлічні розрахунки трубопроводів

Гідравлічний розрахунок трубопроводу рідкої фази

Розрахунок виконують згідно з БНП 2.04.08–87 "Газопостачання".

Падіння тиску в трубопроводах рідкої фази ЗНГ, Па, визначається за формулою:

$$H = 50 \cdot \frac{\lambda \cdot l \cdot W^2 \cdot \rho}{d}, \quad (6.10)$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного опору;

l – довжина газопроводу, м;

W – середня швидкість руху зріджених газів, м/с; (для всмоктуючих трубопроводів не більше 1,2 м/с, для напірних – не більше 3 м/с);

ρ – густина рідкої фази, кг/м³;

d – внутрішній діаметр газопроводу, см.

Коефіцієнт гідравлічного опору згідно БНП 2.04.08–87 визначається по формулі:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{n}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}, \quad (6.11)$$

де n – еквівалентна абсолютна шорсткість внутрішньої стінки труби, см (для сталевих труб $n = 0,01$; для поліетиленових $n = 0,005$);

Re – число Рейнольдса.

$$\text{Re} = 0.0354 \cdot \frac{Q}{d \cdot \nu}, \quad (6.12)$$

де ν – кінематична в'язкість газу, м²/с, при $T=273$ К і $P=0,1018$ МПа;

Q – розхід газу, м³/год, при $T = 273$ К і $P = 0,1013$ МПа;

d – внутрішній діаметр газопроводу, см.

Гідравлічний розрахунок газопроводів низького тиску (до 5 кПа)

Падіння тиску в газопроводах низького тиску визначають залежно від режиму руху газу по газопроводу за формулою 6.13.

Залежно від Re падіння тиску, Па, визначається:

– для ламінарного режиму газу при $Re < 2000$

$$H = 1,132 \cdot 10^6 \cdot \frac{Q}{d^4} \cdot \nu \cdot \rho \cdot l; \quad (6.13)$$

– для критичного режиму при $Re = 2000 - 4000$

$$H = 0,516 \cdot \frac{Q^{3,333}}{d^{5,333} \cdot \nu^{0,333}} \cdot \rho \cdot l; \quad (6.14)$$

– для турбулентного режиму газу при $Re > 4000$

$$H = 69 \cdot \left(\frac{n}{d} + 1922 \cdot \frac{\nu \cdot d}{Q} \right) \cdot \frac{Q^2}{d^5} \cdot \rho \cdot l. \quad (6.15)$$

Гідравлічний розрахунок газопроводів середнього (5 – 300 кПа) і високого (0,3 – 0,6 МПа; 0,6 – 1,6 МПа) тисків

Розрахунок у діапазоні турбулентного режиму руху газу виконують за формулою:

$$P_2^2 = P_1^2 - \left[1,4 \cdot 10^{-5} \cdot \left(\frac{n}{d} + 1922 \cdot \frac{\nu \cdot d}{Q} \right)^{0,25} \cdot \frac{Q^2}{d^5} \cdot \rho \right] \cdot l, \quad (6.16)$$

де P_1 і P_2 – абсолютні тиски газу на початку і в кінці газопроводу, МПа;

l – розрахункова довжина газопроводу постійного діаметра, м;

$$l = l_1 + \sum \xi l_e, \quad (6.17)$$

де l_l – дійсна довжина газопроводу, м;

$\sum \xi$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів ділянки газопроводу довжиною l ;

l_e – еквівалентна довжина прямолінійної ділянки газопроводу, м.

Для всього діапазону турбулентного руху

$$l_e = \frac{d}{11 \cdot \left(\frac{n}{d} + 1922 \cdot \frac{v \cdot d}{Q} \right)^{0,25}}. \quad (6.18)$$

Підбір запобіжного клапана для резервуару парку зберігання

Пропускна здатність клапана, кг/год, визначається за формулою:

$$\varphi = 1000 \cdot D \cdot \left(L + \frac{D}{2} \right), \quad (6.19)$$

де L – повна довжина резервуару, м;

D – діаметр резервуару, м.

Робочий переріз клапана визначається за формулою:

$$F = \frac{\varphi}{2200 \cdot P \cdot \sqrt{\frac{M}{T}}}, \quad (6.20)$$

де P – тиск парів газу в резервуарі, МПа, ($P = 1,15 \cdot P_{\text{роб.}}$);

M – молекулярна маса парів газу, кг/моль;

T – температура парів, К.

Діаметр клапана визначається за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}. \quad (6.21)$$

6.2.2 Розрахунки процесу зливання газу

1. *Визначення кількості цистерн, які підлягають зливанню за добу:*

$$n_{\text{ж}} = \frac{G_{\text{Г}} \cdot K_{\text{ж}}}{253 \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot V_{\text{ж}}}, \quad (6.22)$$

де $G_{\text{Г}}$ – річна продуктивність БЗГ, кг;

$K_{\text{ж}}$ – коефіцієнт нерівномірності надходження вантажу (приймається рівним 2 – 3 при використанні компресорів і 1,2 – 1,5 – при використанні теплообмінників);

$V_{\text{ж}}$ – корисний об'єм залізничної цистерни, м³;

$\rho_{\text{ж}}$ – густина рідкої фази, кг/м³.

2. *Час зливання газу з однієї цистерни (має бути менше двох годин)*

$$\tau = \frac{V_{\text{ж}} \cdot T}{q_{\text{добу}} \cdot K_{\text{з}}}, \quad (6.23)$$

де T – час роботи ГНС, год;

$q_{\text{добу}}$ – витрата газу, м³/добу;

$K_{\text{з}}$ – коефіцієнт нерівномірності заповнення ($K_{\text{з}} = 1,5$).

3. *Необхідна кількість резервуарів для зливання газу за 1 добу*

$$n_{\text{р}} = \frac{G_{\text{Г}}}{N \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot V_{\text{к}}}, \quad (6.24)$$

де N – кількість робочих днів на рік (приймаємо $N = 253$);

$V_{\text{к}}$ – корисний об'єм резервуару, м³.

4. *Розхід парів на операцію зливання газу.*

4.1. *Розхід на наддування*

$$G_{\text{н}} = V_{\text{пар.}} \cdot (\rho_{\text{к}} - \rho_{\text{н}}), \quad (6.25)$$

де $V_{пар.}$ – об'єм парового простору резервуару, м

$$V_{пар.} = V_{геом.} - V_{кор.};$$

$V_{геом.}$ – геометричний об'єм резервуару;

ρ_k і ρ_n – густина парів зрідженого газу в кінці зливання і на початку нагнітання, кг/м³.

4.2. Розхід парів на заповнення об'єму резервуару, раніше зайнятого рідиною

$$G_3 = \Delta V_{ж} \cdot \rho_k, \quad (6.26)$$

де $\Delta V_{ж}$ – об'єм зливої рідини, м³ ($\Delta V_{ж} = V_{кор.}$).

4.3 Кількість парів, які конденсуються на поверхні рідини

$$G_{к.ж.} = K \cdot F_{дз} \cdot \Delta P \cdot \sqrt{\tau}, \quad (6.27)$$

де K – коефіцієнт, який залежить від вуглеводневого складу газу (приймається рівним 300–500).

$$\Delta P = P_{пр.т.к.п.} - P_{пр.т.п.п.}$$

(к.п. – кінцева пара, п.п. – початкова пара);

τ – час зливання, год, (має бути менше двох годин);

F_3 – площа дзеркала рідини, м²

$$F_{дз} = D_{ц} \cdot L, \quad (6.28)$$

де $D_{ц}$ – діаметр цистерни, м;

L – довжина цистерни, м.

4.4. Кількість парів, які конденсуються на металевій поверхні резервуара:

$$G_{к.м.} = \frac{\alpha_2 \cdot (T_{пр} - T_c) \cdot F_{п} \cdot \tau}{L_t + C_{п} \cdot (T_{пр} - T_{нас.})}, \quad (6.29)$$

де α_2 – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К);

$T_{пр.}$, $T_{нас.}$ – температура перегрітого газу і насичення, К;

T_c – температура стінки, резервуару, К;

F_n – площа теплопередаючої поверхні резервуару, м²;

L_m – прихована теплота пароутворення, кДж/кг·К.
Коефіцієнт теплопередачі від пари для стінки резервуару

$$\alpha_2 = \frac{N_{II} \cdot \lambda_{II}}{d_H}, \quad (6.30)$$

де λ_n – коефіцієнт теплопровідності парової фази, Вт(м·К);

d_H – діаметр резервуару, м.

Критерій Нуссельта визначаємо

$$N_{II} = 0,728 \cdot \left[\frac{D_z \cdot \rho_{жс} \cdot (\rho_{жс} - \rho_n)}{\mu_n \cdot \lambda_n \cdot \Delta T} \times (L_m + 0,68 \cdot C_n \cdot \Delta T) \right]^{0,25}, \quad (6.31)$$

де D – зовнішній діаметр резервуару, м;

$\rho_{жс}, \rho_n$ – густина рідини і парової фази, кг/м³;

μ_n – динамічна в'язкість парової фази, Па·с;

ΔT – перепад температур між паром і стінкою, К.

$$(\Delta T = T_{II} - T_c).$$

4.5. *Загальний розхід парів* на проведення операції зливання:

$$G_{заг.} = G_H + G_z + G_{кж} + G_{км}. \quad (6.32)$$

4.6. *Загальний щогодинний розхід становить*

$$G_{заг.год} = \frac{G_{заг.}}{\tau}. \quad (6.33)$$

За значенням $G_{заг.год}$. підбирають компресори і визначають їх кількість:

$$n = \frac{G_{заг.год}}{G}, \quad (6.34)$$

де G – годинна подача компресора (випарювача), м³/год.

4.7. *Годинна подача випарювача визначається*

$$G = \frac{K \cdot F \cdot (T_m - T_r)}{L_r + C_p \cdot \Delta T} \quad (6.35)$$

де K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/м²·К (для змієвиків і трубчатих випарювачів із водяним теплоносієм $K=464 \div 580$, а з паровим $K=232 \div 290$);

T_m – температура теплоносія, К ($T_m = 343$ К);

ΔT – перегрів парів пропану, К ($T = 6$ К);

F – поверхня теплообміну випарювача, м²;

C_p – теплоємність парів пропану, кДж/(кг·К).

За значенням G підбирають кількість випарювачів.

6.2.3 Розрахунки процесу наповнення

1. Витрата газу для трубопроводу наповнювального відділення, м³/с

$$g_{\delta} = \frac{n_k \cdot V_{\delta}}{3600 \cdot K} \quad (6.36)$$

де n_k – продуктивність каруселі, бал./год;

V_{δ} – об'єм балона, м³;

K – коефіцієнт, який ураховує відношення часу оберту каруселі до часу наповнення ($K = 0,7 \div 0,8$).

2. Витрата газу для трубопроводу рідкої фази до колонок наповнення автоцистерн, м³/с

$$q_{ac} = \frac{n_{ac} \cdot V_{ac}}{3600 \cdot \tau} \quad (6.37)$$

де n_{ac} – кількість одночасно заправлених цистерн;

V_{ac} – корисний об'єм автоцистерни, м³;

τ – час наповнення автоцистерни, год.

3. Розхід газу від залізничної естакади до резервуару, м³/год

$$q_{\text{рез}} = \frac{n_{\text{ц}} \cdot V_{\text{з.е.}}}{3600 \cdot \tau}, \quad (6.38)$$

де $n_{\text{ц}}$ – кількість одночасно зливаючих цистерн;

$V_{\text{з.е.}}$ – корисний об'єм цистерни, м³;

τ – мінімальний час зливу однієї цистерни, год.

4. *Внутрішній діаметр трубопроводу рідкої фази від естакади до резервуару, м*

$$d = \sqrt{\frac{1,27 \cdot G}{W}}, \quad (6.39)$$

де G – максимальна витрата газу, м³/с;

W – швидкість рідкої фази в напірному трубопроводі, м/с (приймають не вище 3 м/с).

5. *Кількість газороздавальних колонок для заправлення автоцистерн*

$$n = \frac{q_{\text{добу}}}{q_{\text{к}} \cdot K \cdot \tau}, \quad (6.40)$$

де $q_{\text{добу}}$ – добова реалізація, т;

$q_{\text{к}}$ – продуктивність колонки, т/год;

K – коефіцієнт використання автоколонки;

τ – час роботи колонки, год/добу.

Приклад 6.1

Розрахувати ємність ГНС, підібрати резервуари, запобіжні клапани до них, кількість зливно-наливних постів при таких вихідних даних:

річна продуктивність ГНС $Q_p = 30 \cdot 10^3$ т;

газ – ЗПБТ;

густина пропану $\rho_{\text{п}} = 596$ кг/м³;

густина бутану $\rho_{\text{б}} = 521$ кг/м³;

вміст пропану і бутану в суміші 55 % і 45% відповідно;

відстань до заводу-постачальника $L = 300$ км;

робота ГНС – двозмінна;

робочий тиск $P_p = 1,6$ МПа; $\tau = 16$ годин.

За формулою 6.1 визначаємо розрахунковий час роботи ГНС без

надходження газу

$$t = \frac{300}{330} + 1 + 4 = 5,9.$$

Приймаємо 6 діб.

По формулі 6.4 визначаємо густину суміші газів, кг/м³

$$\rho_{\text{ж}} = \frac{596 \cdot 55 + 521 \cdot 45}{100} = 562 \text{ кг/м}^3.$$

Добова пропускна здатність визначається за формулою 6.3

$$q_{\text{добу}} = \frac{30000 \cdot 10^3}{253 \cdot 562} = 210 \text{ м}^3 / \text{добу}.$$

Місткість ГНС визначаємо за формулою 6.2

$$V = 210 + 6 \cdot 210 = 1470 \text{ м}^3$$

Вибираємо резервуари відповідно до рекомендацій табл. 6.1 трьох типів: ПС-100; ПС-160; ПС-200.

Кількість резервуарів і металовитрати визначаємо за формулами 6.2 и 6.6 для вибраних типів:

ПС-100

$$n_1 = \frac{1470}{99,9 \cdot 0,85} = 17,3.$$

Приймаємо $n_1 = 18$.

$$G_1 = 34 \cdot 18 = 612 \text{ т}.$$

ПС-160

$$n_2 = \frac{1470}{1624 \cdot 0,85} = 10,6.$$

Приймаємо $n_2 = 11$

$$G_2 = 56,55 \cdot 11 = 622 \text{ тт}$$

ПС-200

$$n_3 = \frac{1470}{2023 \cdot 0,85} = 8,5.$$

Приймаємо $n_3 = 9$

$$G_3 = 69,35 \cdot 9 = 624 \text{ тт}$$

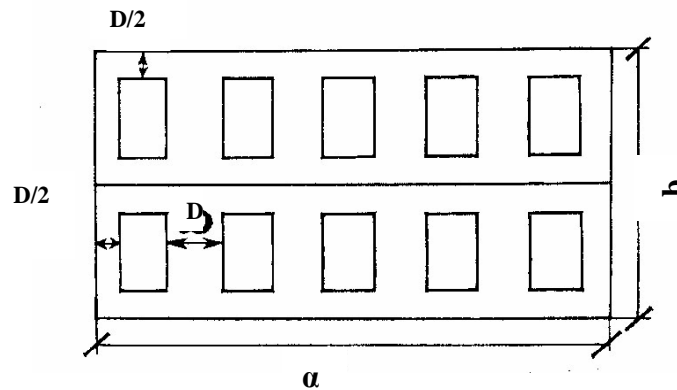
За мінімальними металозатратами необхідно прийняти резервуари ПС-100, але з урахуванням їх кількості порівняно з ПС-200, невеликої різниці в металозатратах і експлуатаційних витрат приймаємо ПС-200 у кількості 9 резервуарів.

Розміри обвалування визначаємо відповідно до вимог БНП.

Розділ 6. Газонаповнювальні станції зріджених нафтових газів

Розміщуємо резервуари в двох групах по 1000м^3 кожна.

Згідно табл. 6.1 діаметр і довжина резервуара ПС-200 становлять $D = 3,4$ м, $L = 22,9$ м.



$$a = 2 \cdot 0,5D + 9D = 2 \cdot 0,5 \cdot 3,4 + 9 \cdot 3,4 = 34 \text{ м};$$

$$b = 4 \cdot 0,5D + 2L = 4 \cdot 0,5 \cdot 3,4 + 2 \cdot 22,9 = 52,6 \text{ м}.$$

Об'єм обвалування $V_{\text{обв.}} = a \cdot b \cdot h$,

де $h > 1$ м

$$V_{\text{обв.}} > V \cdot 0,85;$$

$$V_{\text{обв.}} = 34 \cdot 52,6 \cdot 1 = 1788,4 \text{ м}^3;$$

$$1788,4 > 1470 \cdot 0,85;$$

Пропускна здатність запобіжного клапана визначається за формулою 6.20

$$\varphi = 1000 \cdot 3,4 \cdot \left(22,9 + \frac{3,4}{2} \right) = 83640 \text{ кг/год.}$$

Робочий переріз визначаємо за формулою 6.21 при

$$P = 1,15 \times 1,6 = 1,84 \text{ МПа}$$

$$F = \frac{83640}{2200 \cdot 1,84 \sqrt{\frac{44,017}{278}}} = 51,9 \text{ см}^2.$$

Діаметр клапана визначаємо за формулою 6.22

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 51,9}{3,14}} = 8,13 \text{ см}.$$

Розділ 6. Газонаповнювальні станції зріджених нафтових газів

Підбираємо скидальний запобіжний пружинний клапан СППК 4Р-100, пружина № 124, межі настройки 0,95 – 2 МПа.

Кількість зливально-наливних постів визначаємо за формулами 6.7; 6.8 і 6.9.

$$m_{\text{н}} = \frac{20000 \cdot 10^3 \cdot 5}{253 \cdot 960 \cdot 21} = 19,6.$$

Приймаємо 20 постів

$$\alpha = \frac{0,15 \cdot 20 \cdot 10^6}{252 \cdot 21} = 564 \text{ бал.}$$
$$m_{\text{зл.}} = \frac{564 \cdot 10}{480} = 12 \text{ постів}$$

Приклад 6.2

Визначити діаметр газопроводу рідкої фази і втрати тиску під час її зливання за такими вихідними даними:

довжина газопроводу $l = 150\text{м}$;

швидкість руху $W = 1,5 \text{ м/с}$;

динамічна в'язкість рідкої фази при 273 К $\mu = 135,3 \times 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$;

температура газу $T = 273 \text{ К}$; решта даних із прикладу 6.1.

Внутрішній діаметр газопроводу визначаємо за формулою 6.39:

$$q_{\text{г}} = \frac{210}{24} = 8,8 \text{ м}^3 / \text{ГОД};$$
$$q_{\text{с}} = \frac{q_{\text{г}}}{3600} = \frac{8,8}{3600} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с};$$
$$d = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 2,4 \cdot 10^{-3}}{1,5}} = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

Приймаємо до ДСТУ трубу $D \times \delta = 57 \times 3$ із внутрішнім діаметром 0,051м.

Падіння тиску в трубопроводі рідкої фази визначаємо за формулою 6.10.

Значення λ , Re визначаємо за формулами 6.11; 6.12:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{0,01}{5,1} + \frac{68}{244329} \right)^{0,25} = 0,0237.$$

Кінематична в'язкість:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{135,3 \cdot 10^{-6}}{528} = 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с};$$

$$Re = 0,0354 \cdot \frac{8,8}{5,1 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6}} = 244329;$$

$$H = 50 \cdot \frac{0,0237 \cdot 150 \cdot 1,5^2 \cdot 521}{5,1} = 40856 \text{ Па}.$$

Приклад 6.3

Розрахувати тиск у кінці газопроводу парової фази високого тиску. Вихідні дані:

- тиск на початку газопроводу після компресора $P_1 = 1,6$ МПа;
- сума коефіцієнтів місцевих опорів (раптове розширення) $\xi = 0,04$;
- 2 відводи 90° ; $\xi = 0,5$; вентиль $\varnothing 50$; $\xi = 6,9$;
- кінематична в'язкість газу $\nu = 3,82 \cdot 10^{-6}$ м²/с;
- решта даних із прикладу 6.2.

Еквівалентна довжина газопроводу визначається за формулою 6.39

$$l_e = \frac{5,1}{11 \cdot \left(\frac{0,01}{5,1} + 1922 \cdot \frac{3,82 \cdot 10^{-6} \cdot 5,1}{8,8} \right)^{0,25}} = 18,2 \text{ м}.$$

Розрахункова довжина газопроводу визначається за формулою 6.17 при $\Sigma \xi = 0,04 + 0,5 + 6,9 = 7,44$;

$$\ell = 150 + 7,44 \cdot 18,2 = 285 \text{ м}.$$

Тиск у кінці газопроводу визначається за формулою 6.16:

$$P_2 = \sqrt{1,6^2 - \left[1,4 \cdot 10^{-5} \cdot \left(\frac{0,01}{5,1} + 1922 \frac{3,82 \cdot 10^{-6} \cdot 5,1}{8,8} \right) \times \sqrt{\frac{8,8^2}{5,1^5}} \cdot 528 \right] \times 285} = 1,59 \text{ МПа}$$

$$\Delta P = 1,6 - 1,59 = 0,01 \text{ МПа}$$

Приклад 6.4

Розрахувати процес зливання газу із залізничної цистерни при таких вихідних даних:

корисний об'єм цистерни $V_{з.к} = 45,2 \text{ м}^3$;

для зливання використовують компресори;

річна продуктивність $G_1 = 40$ тис. т;

густина парів у кінці зливання $\rho_k = 13,6 \text{ кг/м}^3$;

на початку нагнітання $\rho_n = 10,34 \text{ кг/м}^3$;

температура парової фази: початкова $T_{п.п.} = 273 \text{ К}$, кінцева $T_k = 283 \text{ К}$;

температура стінки резервуару $T_c = 275 \text{ К}$;

решта даних із прикладу 6.1.

Кількість цистерн, що підлягають зливанню за добу, визначаємо за формулою 6.22

$$n_{ж} = \frac{40000 \cdot 10^3 \cdot 2}{253 \cdot 528 \cdot 45,2} = 13,2.$$

Час зливання газу з однієї цистерни визначаємо за формулою 6.23, попередньо визначивши $q_{добу}$

$$q_{добу} = \frac{40000 \cdot 10^3}{253 \cdot 528} = 299,4 \text{ м}^3 / \text{добу};$$

$$\tau = \frac{45,2 \cdot 16}{299,4 \cdot 1,5} = 1,6 \text{ год.}$$

Необхідну кількість резервуарів для зливання газу за добу визначаємо за формулою 6.24

$$n_p = \frac{40000 \cdot 10^3}{253 \cdot 528 \cdot 166} = 1,8.$$

Приймаємо 2 резервуари.

Розхід парів на операцію зливання газу

1. Розхід на наддування визначається за формулою 6.25 при $V_{\text{пар}} = 202 - 166 = 36 \text{ м}^3$

$$G_{\text{н}} = 36 \cdot (13,6 - 10,4) = 115,2 \text{ кг.}$$

2. Розхід парів на заповнення об'єму резервуару, раніше зайнятого рідиною, визначається за формулою 6.26

$$G_3 = 166 \cdot 13,6 = 2258 \text{ кг.}$$

3. Для визначення кількості парів, що конденсуються на поверхні рідини, визначимо перепад пружності парів ΔP і площу дзеркала рідини за формулою 6.28:

$$\Delta P = 0,629 - 0,466 = 0,163 \text{ МПа;}$$

$$F_3 = 2,4 \cdot 12,1 = 28,8 \text{ м}^2;$$

$$G_{\text{кж}} = 300 \cdot 28,8 \cdot 0,163 \cdot \sqrt{1,6} = 1781 \text{ кг.}$$

4. Кількість парів, що конденсуються на металевій поверхні резервуару, визначаємо за формулою 6.31, попередньо знайшовши коефіцієнт теплопередачі α_2 за формулою 6.32

$$N_{\text{II}} = 0,728 \cdot \left[\frac{3,47^3 \cdot 528 \cdot (528 - 10,34)}{7,5 \cdot 10^{-6} \cdot 1,52 \cdot 10^{-2} \cdot (283 - 275)} \times (491 + 0,68 \cdot 1,5507 \cdot 8) \right]^{0,25} =$$
$$= 6122;$$

$$\alpha_2 = \frac{6122 \cdot 0,0147}{3,4} = 26,5;$$

$$G_{\text{км}} = \frac{26,5 \cdot (369,8 - 275) \cdot 263,2 \cdot 1,6}{419 + 1,5507 \cdot (369,8 - 230,9)} = 1668 \text{ кг,}$$

де

$$F_{\Pi} = 2\pi R \cdot l + 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,7 \cdot 22,9 + 2 \cdot \frac{3,14 \cdot 3,4^2}{4} = 263,2 \text{ м}^2.$$

5. Загальний розхід парів на проведення операції зливання визначається за формулою 6.32

$$G_{\text{заг.}} = 115,2 + 2258 + 1781 + 1668 = 5822,2 \text{ кг.}$$

Загальний годинний розхід визначається за формулою 6.32

$$G_{\text{заг.}} = \frac{5822,2}{1,6} = 3639 \text{ кг/год.}$$

Експериментально встановлено, що для зливання 1т зрідженого газу необхідно закачати в резервуар пари цього продукту в кількості 4 – 9% від маси злитого продукту.

Розрахунки процесу наповнення

Приклад 6.5

Розрахувати розхід газу і діаметри трубопроводів наповнювального відділення до колонок наповнення автоцистерн і від зливної естакади до резервуарів парку зберігання ГНС.

Вихідні дані:

продуктивність каруселі КГА МГП-2–350 бал./год;

об'єм балона – 50л;

тип автоцистерн – ЦППЗ-16-74;

кількість автоцистерн, що заправляються одночасно – 2;

корисний об'єм цистерн – 15м³ ;

тип насоса ЗХГВ7 × 2А-20-4 із подачею 15 – 30 м³/год;

час наповнення автоцистерни – 0,5 год;

кількість одночасно зливаючих залізничних цистерн – 7 ;

корисний об'єм цистерни – 45,2м³;

мінімальний час зливу однієї цистерни – 1,6 год;

максимальна витрата газу – 0,083м³ /с;

швидкість рідкої фази в напорному трубопроводі W = 2,5 м/с.

Розхід газу для трубопроводу рідкої фази до колонок наповнення

автоцистерни визначається за формулою 6.37

$$q_{\delta} = \frac{350 \cdot 0,05}{3600 \cdot 0,7} = 6,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с} .$$

Розхід газу для трубопроводу наповнювального відділення визначається за формулою 6.38

$$q_{au} = \frac{2 \cdot 15}{3600 \cdot 0,5} = 1,66 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 / \text{с}$$

При одночасному заповненні балонів і закачуванні автоцистерн сумарний розхід газу становить

$$\sum g = g_{\delta} + g_{au} = 6,9 \cdot 10^{-3} + 1,66 \cdot 10^{-2} = 1,52 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 / \text{с}$$

або

$$g_{год} = 1,52 \cdot 10^{-2} \cdot 3600 = 54,7 \text{ м}^3 / \text{ГГОД}$$

Насос, попередньо прийнятий за вихідними даними, забезпечить $g_r = 54,7 \text{ м}^3 / \text{год}$ при умові одночасної роботи двох насосів.

Розхід газу від залізничної естакади до резервуарів парку зберігання визначається за формулою 6.38

$$q_{рез} = \frac{7 \cdot 45,2}{3600 \cdot 1,6} = 5,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 / \text{с}$$

Внутрішній діаметр трубопроводу рідкої фази від естакади до резервуара визначається за формулою 6.39

$$d = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 5,5 \cdot 10^{-2}}{2,5}} = 0,167 \text{ м}.$$

Внутрішній діаметр трубопроводу наповнювального відділення

$$d = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 6,9 \cdot 10^{-3}}{2,5}} = 0,059 \text{ м.}$$

Внутрішній діаметр трубопроводу до колонок наповнення

$$d = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 1,66 \cdot 10^{-2}}{2,5}} = 0,092 \text{ м.}$$

Одержані діаметри необхідно уточнити по ДСТУ на труби.

Питання для контролю знань та обговорення

1. *Призначення та особливості роботи газонаповнювальних станцій.*
2. *Як класифікують території розташування ГНС?*
3. *Яке основне обладнання розташовано у виробничій зоні ГНС?*
4. *Як визначають ємність резервуарного парку?*
5. *Назвіть основні правила установки резервуарів на ГНС.*
6. *Як визначити кількість резервуарів для зберігання ЗНС на ГНС?*
7. *Назвіть основні правила розташування насосів і компресорів на ГНС.*
8. *Що таке добова пропускна здатність ГНС і як її визначають?*
9. *Як визначити кількість постів для наповнення балонів?*
10. *Наведіть визначення коефіцієнта гідравлічного опору.*
11. *Як проводиться підбір запобіжного клапана для резервуару парку зберігання?*
12. *Наведіть визначення годинної подачі випарювача.*
13. *Особливості процесу зберігання та відпуску газу ГНС.*
14. *Основні принципи гідравлічного розрахунку трубопроводів рідкої фази ГНС.*
15. *Основні розрахунки процесу зливання газу ГНС.*
16. *Розрахунок процесу наповнення газом ГНС.*