Теплові акумулятори енергії

Практичні завдання

Методика розрахунку

Необхідна кількість енергії (теплоти) для зарядки ТА визначають за формулою

$$Q = C_п L \rho_п \left(t_к - t_п\right), \quad (1)$$

де $C_п$ – питома теплоємність повітря, кДж /кг·^{0}С;

L – об'єм повітря, м^3;

$\rho_п$ – густина повітря;

$t_к$ і $t_п$ – відповідно кінцева і початкова температура повітря, °С;

Кількість теплоти, що виділяється при охолодженні рідини теплового акумулятора, $Q_д$, кДж

$$Q_д = \tilde{n} V \rho_д \Delta t_{ід}, \quad (2)$$

де $\tilde{n}$ – питома теплоємність ТАМ в рідкому стані, кДж /кг·^{0}С (таблиця 1 і 2);

V – об'єм ТАМ, м^3;

$\rho_д$ – густина рідкого ТАМ;

$\Delta t_{ід}$ – різниця температур при охолодженні рідкого ТАМ, °С.

Потужність теплового акумулятора

$$D = \frac{Q}{\tau}, \quad (3)$$

де τ – час зарядки ТА, год.

Кількість теплоти, що виділяється при плавленні (фазовому переході) ТАМ теплового акумулятора, $Q_т$, кДж

$$Q_т = \tilde{N}_{іт} V \rho_{т\,д}, \quad (4)$$

де $\tilde{N}_{іт}$ – питома теплота плавлення ТАМ, кДж /кг;

V – об'єм ТАМ, м^3;

$\rho_{т\,д}$ – густина твердого ТАМ;

Загальна кількість теплоти, що виділяється при плавленні та охолодженні ТАМ, $Q_с$ дорівнює

$$Q_с = Q_т + Q_д, \quad (5)$$

Необхідний об'єм ТАМ при плавленні та подальшому охолодженні рідкого ТАМ визначається за рівнянням

$$V = \frac{kQ}{\tilde{n}\rho_{\partial}\Delta t_{\tilde{i}\partial} + \tilde{N}_{\tilde{i}\partial}\rho_{\partial\,\tilde{a}}}, \qquad (6)$$

де k – коефіцієнт втрат, $k = 5\ldots8$;

Таблиця 1 - Основні властивості ТАМ на основі кристалогідратів [1]

Матеріал	$T_{пл}$, °С	$C_{пл}$, кДж/кг	c, кДж/(кг·К)	$\rho_{\partial\,\tilde{a}}$, кг/м^3	ρ_{∂}, кг/м^3
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	29,7	170	1,2	1712	1520
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	32,4	251	1,1	1460	1480
$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	48	201	1,2	1600	1580
$CH_3COONa \cdot 3H_2O$	58,2	260	1,4	1450	1400
$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$	78	301	1,6	2180	2100
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	116	165	1,1	1570	1510

Таблиця 2. - Основні властивості органічних ТАМ, що плавляться [1]

Матеріал	Температура плавлення, К	Теплота плавлення $\tilde{N}_{\tilde{i}\partial}$, кДж/кг	Питома теплоємність c, кДж/(кг·К)	Густина, кг/м^3	
				$\rho_{\partial\,\tilde{a}}$	ρ_{∂}
Поліетиленгліколь	293...298	146	2,26	100	100
Октадекан	301	244	2,18	744	740
Н-Ейкозан	310	218	2,08	778	760
Парафін 46 – 48	320	209	2,08	800	790
Нафталін	353	205	2,06	1170	1120
Ацетамін	355	168	2,09	1160	1130
Поліетилен високого тиску	398...408	240... 260	2,50	925	800
Пентаеритринол	360	322	2,10	1350	1310

При більш високих робочих температурах застосовуються, як правило, сполуки і сплави легких металів.

Завдання для практичного заняття

Розрахувати тепловий акумулятор с фазовим переходом для підігрівання припливного повітря вентиляційної системи. Варіанти завдань наведені в таблиці Б.1

Вихідні дані: Об'єм повітря, що подається припливним вентилятором L = 100 м^3 ; початкова температура повітря $t_п$= -14°С, кінцева $t_к$ =18°С, час зарядки і розрядки теплового акумулятора (ТА) τ = 12 год.

Рішення.

1. В якості ТАМ з фазовим переходом приймаємо гідрооксид барію $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ з температурою плавлення $t_{пл}$=78°С, питомою енергією плавлення $\tilde{N}_{\tilde{i}\tilde{a}}$ = 301 кДж/кг і теплоємністю **с** = 1,6 кДж/кг $\cdot^0$С.

2. Необхідна кількість енергії (теплоти) для зарядки ТА визначається за формулою (1). Приймаємо: питому теплоємність повітря $C_п$ = 0,278 кДж/(кг°С); густину повітря $\rho_п$ = 1,2 кг/м^3.

$$Q = 0,278 \cdot 100 \cdot 1,2 \cdot (18 + 14) = 1068 \text{ кДж.}$$

3. Необхідна потужність теплового акумулятора, P становить

$$Ð = 1068/12 = 89 \text{ кВт.}$$

4. Приймаємо температурний перепад в ТА $\Delta t_{i\delta}$ = 15°С і визначаємо температуру до якої відбудеться охолодження рідкої фази ТАМ

$$t = t_{i\tilde{a}} - \Delta t_{i\delta},$$

$$t = 78 - 15 = 63 \text{°С.}$$

5. Необхідний об'єм ТАМ визначається рівнянням (6). Необхідні параметри теплоти плавлення і густини ТАМ приймаємо по таблицям 1 і 2.

$$V = \frac{6 \cdot 1068}{1,6 \cdot 2100 \cdot 15 + 301 \cdot 2180} = 0,01 \text{ м}^3$$

Таким чином, для акумуляційної вентиляційної системи необхідно 0,01м^3 або 10 літрів гідроксиду барію.

Таблиця Б.1 – Вихідні дані для розрахунку біогазових установок

№ варі-анту	Об'єм повітря, L, м^3	Початкова температура повітря $t_п$, °С	Кінцева температура повітря $t_к$, °С	Час зарядки і розрядки ТА τ, год.	Вид ТАМ
1.	100	– 14	26	12	$CaCl_2 \cdot 6H_2O$
2.	90	– 12	24	8	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$
3.	80	– 10	22	9	$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$
4.	110	– 8	20	10	$CH_3COONa \cdot 3H_2O$
5.	120	– 6	25	11	$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$
6.	130	– 4	26	13	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$
7.	140	– 2	24	12	Поліетиленгліколь
8.	160	0	22	8	Октадекан
9.	180	2	20	9	Н-Ейкозан
10.	200	4	25	10	Парафін 46 – 48
11.	220	6	26	11	Нафталін
12.	100	8	24	13	Ацетамін
13.	90	– 14	22	12	Поліетилен високого тиску
14.	80	– 12	20	8	Пентаеритринол
15.	110	– 10	25	9	$CaCl_2 \cdot 6H_2O$
16.	120	– 8	26	10	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$
17.	130	– 6	24	11	$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$
18.	140	– 4	22	13	$CH_3COONa \cdot 3H_2O$
19.	160	– 2	20	12	$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$
20.	180	0	25	8	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$
21.	200	2	26	9	Поліетиленгліколь
22.	220	4	24	10	Октадекан
23.	100	6	22	11	Н-Ейкозан
24.	90	8	20	13	Парафін 46 – 48
25.	80	– 14	22	12	Нафталін
26.	110	– 12	21	8	Ацетамін