

1. DETERMINAREA DEPENDENȚEI DINTRE PRESIUNEA ȘI TEMPERATURA DE VAPORIZARE

1.1 NOȚIUNI INTRODUCATIVE

Temperatura de vaporizare a unui lichid depinde de presiune; cu creșterea presiunii, crește și temperatura de vaporizare (fig.1).

Figura 1.1 Dependența p-t

În tabelul 1 sunt date temperaturile de vaporizare pentru apa (din grad în grad), în funcție de presiunea absolută exprimată în mm Hg. Pentru apa cu conținut de substanțe dizolvate, temperaturile de vaporizare sunt puțin mai mici decât ale apei pure la aceeași presiune. În instalația din laborator vaporizarea apei se realizează la presiuni mai mici decât presiunea atmosferică. Presiunea absolută corespunzătoare depresiunilor Δp , citite la vacuummetru, va fi:

$$p = p_0 - \Delta p \text{ [mm Hg]} \quad (1.1)$$

unde:

$p_0 = p_B - \Delta p_B$ (mm Hg) este presiunea barometrică;

p_B = presiunea citită la barometrul etalon în mm Hg (torri);

Δp_B = corecția de presiune care depinde de presiunea p_B și de temperatura din laborator t_B (Anexa nr.2).

Temperatura corectă indicată de termometru va fi:

$$t = t' + n \cdot \delta \cdot (t' - t_0) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1.2)$$

unde:

t' - temperatura citită la termometrul montat pe vasul de vaporizare;

t_0 - temperatura corpului termometrului (se va lua $t_0 = t_B$);

n - numărul de grade de temperatură (diviziuni) cuprins între capacul (dopul) vasului și temperatura citită t' ;

$$\delta = \frac{1}{6100} - \text{coeficientul relativ de dilatare sticlă - mercur.}$$

Se calculează abaterea (eroarea) presiunii de vaporizare a apei pure, luând drept corecte temperaturile corectate t :

$$e = \frac{p - p_v}{p} 100 (\%) \quad (1.3)$$

unde:

p_v - presiunea de vaporizare a apei pure, la temperatura corectată t , care se calculează prin interpolări utilizând Tabelul 1.1.

Tabelul 1.1 Presiunea de vaporizare a apei pure în funcție de temperatură

t	p	t	p	t	p	t	p_v	t	p	t	p
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	4,9245	18	15,465	35	42,165	52	102,09	69	223,8	86	450,82
2	5,2905	19	16,470	36	44,55	53	107,19	70	233,77	87	468,67
3	5,6812	20	17,527	37	47,077	54	112,507	71	244,05	88	478,12
4	6,0974	21	18,645	38	49,68	55	118,05	72	254,7	89	506,17
5	6,5392	22	19,822	39	52,43	56	123,825	73	265,72	90	525,82
6	7,0102	23	21,06	40	55,312	57	129,84	74	277,2	91	546,07
7	7,5097	24	22,365	41	58,32	58	136,094	75	289,12	92	567
8	8,041	25	23,745	42	61,485	59	142,605	76	301,42	93	588,6
9	8,6047	26	25,20	43	64,792	60	149,377	77	314,17	94	610,87
10	9,2078	27	26,73	44	68,257	61	156,45	78	327,37	95	633,82
11	9,8285	28	28,34	45	71,88	62	163,8	79	341,02	96	657,52
12	10,512	29	30,03	46	75,66	63	171,375	80	355,2	97	681,97
13	11,2252	30	31,807	47	79,605	64	179,32	81	364,97	98	707,17
14	11,9805	31	33,682	48	83,72	65	187,57	82	384,97	99	733,12
15	12,7807	32	35,647	49	88,02	66	196,12	83	400,65	100	759,9
16	13,6275	33	37,717	50	92,512	67	204,97	84	416,85	101	787,42
17	14,523	34	39,885	51	92,512	68	214,2	85	433,57	102	814,5

1.2 INSTALATIA DE LABORATOR

Schema instalației de laborator este prezentată în Figura 1.2.

Figura 1.2 V - vas închis; C - condensator; AG - arzătorul de gaz; T - termometru; r_a - robinet apă; S - scurgere; MV - manovacuumetru; R - vas pentru condens; r_R - robinet de aerisire; P - pompa de vid; r_p - clemă

Fluidul studiat este un amestec de apă distilată cu apă de la rețea. Vaporizarea are loc în vasul închis V, izolat cu nisip. Încălzirea se face cu arzătorul de gaz AG, utilizând gaz metan din rețeaua laboratorului. Vasul este prevăzut cu un dop prin care este montat termometrul T ce măsoară temperatura de vaporizare; depresiunea relativă Δp , față presiunea barometrică p_B , se citește la manovacuumetrul MV. Vaporii formați în vasul V sunt condensați în condensatorul C răcit cu apa de la rețea, reglajul debitului de apa făcându-se prin robinetul r_a , apa fiind apoi evacuată la scurgerea S.

Picăturile de condens sunt colectate în vasul R prevăzut cu un robinet de aerisire r_R ; acest vas are și rolul de amortizor al pulsațiilor pompei de vid. Pompa de vid P menține în instalație depresiunea impusă care este reglabilă cu ajutorul clemei r_p .

1.3 EFECTUAREA LUCRĂRII

Se completează nivelul apei în vasul V astfel încât acesta să fie cu 2 cm deasupra bazei izolate cu nisip. Vasul de vaporizare trebuie să fie curat, în caz contrar se demontează legăturile și se spală cu apa și detergent. Operațiile care se fac în timpul lucrării sunt:

- se deschide robinetul r_a al apei de răcire și se controlează curgerea ei.
- se deschide robinetul de gaz r_g și se aprinde arzătorul, reglându-se flacăra astfel încât aceasta să aibă o culoare albastruie (ardere cât mai completă a gazului).
- se pornește pompa de vid P prin apăsarea butonului negru al întrerupătorului automat și prin deschiderea clemei r_p se reglează presiunea la vacuummetru din 50 în 50 mm Hg, începând de la 500 mm Hg depresiune până la presiunea barometrică p_B (presiunea relativă zero).
- pentru fiecare presiune fixată se citește temperatura t' .
- pentru citirea corespunzătoare a presiunii atmosferice p_B se oprește pompa de vid și se deschide complet cleva r_p .
- se oprește gazul și apa de răcire.

- se citește presiunea barometrică p_B (mm Hg) la barometrul din laborator și temperatura $t_B = t_0$ (°C).
- se scoate Δp_B din Anexa nr. 2.

1.4 PRELUCRAREA DATELOR

Referatul de laborator trebuie să cuprindă:

- schema de principiu a instalației;
- relațiile de calcul;
- tabelul următor și curba $p_v = f(t)$ care se trasează la scara pe hârtie milimetrică. Rezultatele se trec în tabelul 2.

În coloane se vor înscrie:

- Valoarea citită la vacuummetru.
- Valoarea citită la termometru.
- Temperatura corectată.
- Presiunea absolută de vaporizare.
- Presiunea absolută de vaporizare calculată cu tabela de vaporizare (a se vedea exemplul de calcul).
- Eroarea procentuală a presiunii.

Tabelul 1.2 ?

Δp mm Hg	t' °C	t (°C) (rel.2)	p (mmHg) (rel.1)	p_v (mmHg) (rel.4)	$e = \frac{p - p_v}{p} 100\%$ (rel.3)
1	2	3	4	5	6
500					
450					
400					
0					

1.4.1 Exemplu de calcul

S-au citit:

$$\Delta p = 200 \text{ mm Hg}; t' = 90 \text{ }^\circ\text{C}; p_B = 770 \text{ mm Hg}; t_B = 20 \text{ }^\circ\text{C}; \Delta p_B = 2,51 \text{ mm Hg}.$$

Presiunea atmosferică va fi:

$$p_0 = 770 - 2,51 = 767,49 \text{ mm Hg}.$$

Presiunea absoluta de vaporizare (determinată):

$$p = 767,49 - 200 = 567,49 \text{ mm Hg}.$$

Temperatura corectată:

$$n = 90 - 20 = 70 \text{ diviziuni (gradația } 20 \text{ }^\circ\text{C a termometrului se află la nivelul monturii termometrului).}$$

$$t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}; \quad t = 90 + 70 (90 - 20) \cdot \frac{1}{6100} = 90,803 \text{ }^\circ\text{C}$$

Din Tabelul 1.1 se scoate:

$$t_1 = 90 \text{ }^\circ\text{C} \quad p_1 = 528,825 \text{ mm Hg}$$

$$t = 90,803 \text{ }^\circ\text{C} \quad p_v = ?; t_1 < t < t_2$$

$$t_2 = 91 \text{ }^\circ\text{C} \quad p_2 = 546,075 \text{ mm Hg}.$$

$$p_v = p_1 + \delta p = p_1 + \delta t$$

unde:

$$\Delta p' = p_2 - p_1; \Delta t = t_2 - t_1 = 1 \text{ }^\circ\text{C}; \delta t = t - t_1$$

$$p_v = 525,825 + 0,803 \cdot \frac{(546,075 - 525,825)}{1} = 542,085 \text{ mm Hg}$$

Abaterea procentuală a presiunii va fi:

$$e = \frac{567,49 - 542,085}{542,085} \cdot 100 = 4,68 \%$$

1.4.2 OBSERVAȚII

Fenomenul de scădere a temperaturii de vaporizare odată cu scăderea presiunii are multe utilizări practice, dintre care se exemplifică una foarte importantă și anume: obținerea apei potabile din apa de mare în distilatoarele montate pe navele maritime. În special la navele de pescuit oceanic, zilnic se consumă cantități foarte mari de apă potabilă și depozitarea ei în tancuri n-ar fi economică.

Vaporizarea apei de mare în vederea distilării se realizează într-un vaporizator vidat, astfel că temperatura de vaporizare este scăzută și încălzirea propriu-zisă a vaporizatorului se realizează cu apa caldă de la răcirea motorului principal al navei, economisind astfel combustibil.

Fenomenul de creștere a temperaturii de vaporizare odată cu creșterea presiunii se întâlnește în instalațiile de forță cu vapori.

1.5 PROTECȚIA MUNCII

1. se va evita atingerea vasului de vaporizare și a arzătorului în timpul funcționării;
2. nu este permisă închiderea bruscă a clemei rp deoarece pot apărea vaporizări violente care depășesc capacitatea de condensare a refrigeratorului C și totodată se creează sarcină mare pentru motorul de antrenare a pompei de vid (se poate arde înfășurarea motorului);
3. oprirea instalației se face în această ordine:
4. motor electric (de la butonul roșu al întrerupătorului automat), gaz metan și apa de răcire.