



5-4- برآورد تولید آب کندانس

Condensate rate

می‌توان مستقیماً مقدار آب کندانس در لوله عایق در حال کار را برحسب فشار بدست آورد (باتوجه به هوای اطراف لوله که در درجه حرارت 70°F و راندمان عایق 0.75 می‌باشد و نیز از جدول (12) مقدار آب کندانس در لوله (Schedule 40) در شروع کار شبکه را برحسب وزن لوله بدست آورد. جدول (13) وزن لوله‌های فولادی را در کلاسهای مختلف نشان می‌دهد.

آب کندانس یا توسط خطوط لوله در اثر تبادل حرارت با محیط اطراف آن و یا توسط مصرف کننده‌ها تولید می‌گردد که در زیر به یک سری از آنها و میزان تولید آب کندانس بدلیل ساختمان خاص آنها اشاره می‌شود.

لوله‌های اصلی بخار (شکل 50)

لوله‌های بخار در هنگام ورود بخار به آنها برای شروع کار شبکه آب کندانس بیشتری نسبت به حالت در حال کار شبکه تولید می‌کنند که به آن (Warm up) یا زمان شروع کار شبکه می‌گویند. مقدار آب کندانس زمان شروع کار شبکه بستگی به مدت زمانی دارد که لوله‌ها از حالت سرد به حالت عادی می‌رسند که معمولاً این مدت زمان را 20 تا 30 دقیقه در نظر می‌گیرند. مقدار آب کندانس زمان شروع کار شبکه از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Q = \frac{W \times (T - t) \times S_p \times 60}{L \times m}$$

که در آن:

Q = مقدار آب کندانس (lb/h) (kg/h)

T = درجه حرارت بخار ($^{\circ}\text{C}$) ($^{\circ}\text{F}$)

L = حرارت نهان بخار (Btu/lb) (kJ/kg)

W = وزن لوله و کلیه اتصالات مسیرهای اصلی (lb) (kg)

t = درجه حرارت هوای اطراف لوله ($^{\circ}\text{C}$) ($^{\circ}\text{F}$)

m = زمان شروع کار شبکه دقیقه

S_p = حرارت ویژه فولاد ($0.117 \text{ Btu/lb}^{\circ}\text{F}$) ($0.4 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$)

ظرفیت تراپ باید برابر $3Q$ باشد.

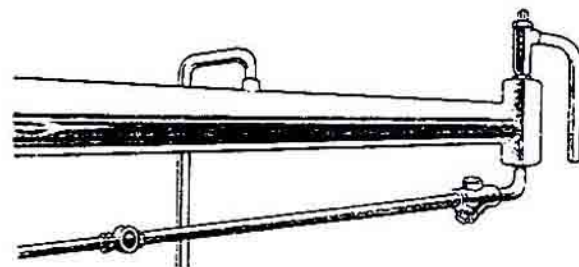


Fig 50

جدول (10) وزن لوله‌های فولادی و اتصالات و شیرآلات را که برای شبکه بخار بکار می‌رود نشان می‌دهد. ضمناً از جدول (11)



Table 10 Weights of Steel Pipe

Pipe size	Approximate weight of steel pipe		Approximate weight per pair of flanges including bolts & nuts				Typical weight of flanged steel stop valves	
	lb/ft	kg/m	BST'E'		BST'H'		BST'H'	
			lb	kg	lb	kg	lb	kg
1/2" (15 mm)	1.0	1.5	2.75	1.25	6.25	2.84	9.0	4.08
3/4" (20 mm)	1.5	2.2	3.5	1.59	6.5	2.95	15.0	6.80
1" (25 mm)	2.0	3.0	4.25	1.93	6.75	3.06	21.0	9.53
1 1/4" (32 mm)	3.0	4.5	5.5	2.49	10.0	4.54	27.0	12.20
1 1/2" (40 mm)	3.5	5.2	6.5	2.95	11.0	4.99	40.0	18.10
2" (50 mm)	4.5	6.7	9.0	4.08	15.5	7.03	60.0	27.20
2 1/2" (65 mm)	6.0	8.9	11.75	5.33	20.5	9.30	90.0	40.80
3" (80 mm)	7.5	11.2	14.0	6.35	26.5	12.00	120.0	54.40
4" (100 mm)	10.0	14.9	21.0	9.53	35.5	16.10	200.0	90.70
6" (150 mm)	16.5	24.5	37.0	16.80	69.0	31.3	350.0	159.00

Table 11 Condensation in Insulated Pipes Carrying Saturated Steam in Quiet Air at 70°F (Insulation Assumed to be 75% Efficient)

Pressure, psig		15	30	60	125	180	250	450	600	900
Pipe Size (in)	sq ft per Lineal ft	Pounds of Condensate Per Hour Per Lineal Foot								
1	.344	.05	.06	.07	.10	.12	.14	.186	.221	.289
1 1/4	.434	.06	.07	.09	.12	.14	.17	.231	.273	.359
1 1/2	.497	.07	.08	.10	.14	.16	.19	.261	.310	.406
2	.622	.08	.10	.13	.17	.20	.23	.320	.379	.498
2 1/2	.753	.10	.12	.15	.20	.24	.28	.384	.454	.596
3	.916	.12	.14	.18	.24	.28	.33	.460	.546	.714
3 1/2	1.047	.13	.16	.20	.27	.32	.38	.520	.617	.807
4	1.178	.15	.18	.22	.30	.36	.43	.578	.686	.897
5	1.456	.18	.22	.27	.37	.44	.51	.698	.826	1.078
6	1.735	.20	.25	.32	.44	.51	.59	.809	.959	1.253
8	2.260	.27	.32	.41	.55	.66	.76	1.051	1.244	1.628
10	2.810	.32	.39	.51	.68	.80	.94	1.301	1.542	2.019
12	3.340	.38	.46	.58	.80	.92	1.11	1.539	1.821	2.393
14	3.670	.42	.51	.65	.87	1.03	1.21	1.688	1.999	2.624
16	4.200	.47	.57	.74	.99	1.19	1.38	1.927	2.281	2.997
18	4.710	.53	.64	.85	1.11	1.31	1.53	2.151	2.550	3.351
20	5.250	.58	.71	.91	1.23	1.45	1.70	2.387	2.830	3.725
24	6.280	.68	.84	1.09	1.45	1.71	2.03	2.833	3.364	4.434

Table 12 The Warming-Up Load from 70°F, Schedule 40 Pipe

Steam Pressure, psig		2	15	30	60	125	180	250
Pipe Size (in)	wt of Pipe per ft (lbs)	Pounds of Water Per Lineal Foot						
1	1.69	.030	.037	.043	.051	.063	.071	.079
1 1/4	2.27	.040	.050	.057	.068	.085	.095	.106
1 1/2	2.72	.048	.059	.069	.082	.101	.114	.127
2	3.65	.065	.080	.092	.110	.136	.153	.171
2 1/2	5.79	.104	.126	.146	.174	.215	.262	.271
3	7.57	.133	.165	.190	.227	.282	.316	.354
3 1/2	9.11	.162	.198	.229	.273	.339	.381	.426
4	10.79	.190	.234	.271	.323	.400	.451	.505
5	14.62	.258	.352	.406	.439	.544	.612	.684
6	18.97	.335	.413	.476	.569	.705	.795	.882
8	28.55	.504	.620	.720	.860	1.060	1.190	1.340
10	40.48	.714	.880	1.020	1.210	1.500	1.690	1.890
12	53.60	.945	1.170	1.350	1.610	2.000	2.240	2.510
14	63.00	1.110	1.370	1.580	1.890	2.340	2.640	2.940
16	83.00	1.460	1.810	2.080	2.490	3.080	3.470	3.880
18	105.00	1.850	2.280	2.630	3.150	3.900	4.400	4.900
20	123.00	2.170	2.680	3.080	3.690	4.570	5.150	5.750
24	171.00	3.020	3.720	4.290	5.130	6.350	7.150	8.000

Table 13 Pipe Weights Per Foot in Pounds

Pipe Size (in)	Schedule 40	Schedule 80	Schedule 160	XX Strong
1	1.69	2.17	2.85	3.66
1 1/4	2.27	3.00	3.76	5.21
1 1/2	2.72	3.63	4.86	6.41
2	3.65	5.02	7.45	9.03
2 1/2	5.79	7.66	10.01	13.69
3	7.57	10.25	14.32	18.58
3 1/2	9.11	12.51	—	22.85
4	10.79	14.98	22.60	27.54
5	14.62	20.78	32.96	38.55
6	18.97	28.57	45.30	53.16
8	28.55	43.39	74.70	72.42
10	40.48	54.74	115.00	—
12	53.60	88.60	161.00	—
14	63.00	107.00	190.00	—
16	83.00	137.00	245.00	—
18	105.00	171.00	309.00	—
20	123.00	209.00	379.00	—
24	171.00	297.00	542.00	—



برای پیدا کردن W باید وزن لوله و اتصالات را از جدول (10) بدست آورد.

لوله 4"	10 lb/ft
هر عدد فلاسنج 4" Btu/ft	35.5 lb
هر عدد شیر 4"	200 lb

$$W = (300 \times 10) + (18 \times 35.5) + (1 \times 200) = 3839 \text{ lb}$$

$$W = \frac{3839 \times (388 - 45) \times 0.117 \times 60}{838 \times 30} = 368 \text{ lb/h (167.3 kg/h)}$$

این مقدار آب کندانس باید در 3 ضریب شود و سپس مقدار بدست آمده بر تعداد آبگیرهایی که در طول مسیر در نظر داریم نصب کنیم تقسیم می کنیم.

عدد مربوط به هر آبگیر ظرفیت تراب را مشخص می کند.

$$368 \times 3 = 1104 \text{ lb/h}$$

اگر تعداد آبگیرها 4 عدد باشد:

$$q = 1104 \div 4 = 276 \text{ lb/h}$$

پس هر تراب باید 276 lb/h ظرفیت عبور آب را داشته باشد. همچنین لوله در ضمن کار عادی خود مقداری آب کندانس در اثر تبادل حرارت (تابشی یا Radiation) تولید می کند که این مقدار بستگی به درجه حرارت بخار و درجه حرارت سطح خارجی عایق لوله و راندمان عایق دارد. جدول (14) مقدار تبادل حرارت از لوله بدون عایق را نشان می دهد.

هر فلانچ در روی لوله نیز برابر (0.3m) یک فوت لوله حساب می شود.

مقدار حرارت که از سطح لوله عایق تبادل می شود $\frac{1}{4}$ مقدار تبادل حرارت از لوله بدون عایق می باشد یعنی عایق 0.75 حرارت را حفظ می کند. مقدار آب کندانس که از کل افت حرارت از لوله بخار با عایق ایجاد می شود از رابطه زیر حساب می شود:

$$Q = \frac{E \times L}{L \times 4}$$

در سیستم متریک رابطه بصورت $Q = \frac{E \times L \times 3.6}{L \times 4}$ درمی آید که در آن:

مقدار آب کندانس $Q = \text{lb/h (kg/h)}$
تبادل حرارت لوله که از جدول (14) بدست می آید

$$E = \text{Btu/ft/h (w/m)}$$

از چارت شکل (51) نیز می توان برای تعیین مقدار آب کندانس هر فوت لوله با عایق را در فشار و اختلاف درجه حرارت های مختلف بدست آورد. برای مواقعی که فشار و قطر لوله مورد نظر در جداول فوق قید نشده است می توان به کمک رابطه زیر مقدار آب کندانس هر فوت لوله را بدست آورد.

$$C = \frac{AU(t_1 - t_2)(1-e)}{H} \quad C = \text{lb/h.ft}$$

که در آن:

A = ft² سطح جانبی لوله (از جدول 11)

U = Btu/ft².°F.h ضریب ظرفیت حرارتی لوله (از چارت 11)

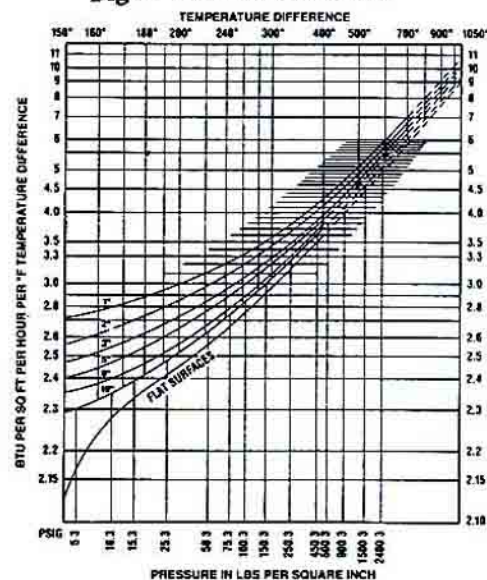
T₁ = °F درجه حرارت بخار

t₂ = °F درجه حرارت هوای اطراف لوله

e = راندمان عایق

H = حرارت نهان بخار (از جدول بخار)

Fig 51 Btu Heat Loss Curves



مثال 1:

مقدار آب کندانس را در زمان شروع کار شبکه بخار با توجه به اطلاعات زیر بدست آورید.

طول لوله اصلی 300 فوت و به قطر 4" می باشد و دارای 18 عدد فلانچ نوع 'BST/H' و یک عدد شیر می باشد. درجه حرارت هوای مجاور لوله ها 45°F و فشار بخار 200psi (حرارت نهان 838 Btu/lb و درجه حرارت 388°F). مدت زمان گرم شدن برابر 30 دقیقه می باشد.

$$Q = \frac{W \times (T - t) \times S_p \times 60}{L \times m}$$



طول کلی لوله با احتساب طول معادل برای فلانچ و اتصالات

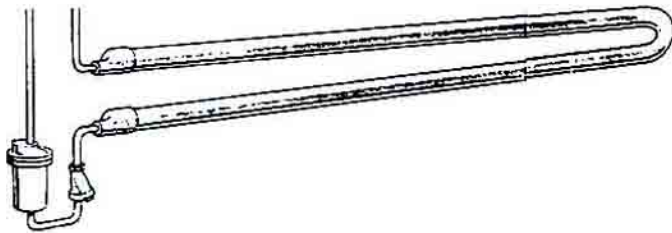


Fig 52

$$I = \text{ft(m)}$$

$$L = \text{Btu/lb(kj/kg)}$$

حرارت نهان بخار

تراپ مناسب برای آبگیر لوله‌ها در درجه اول نوع TD و در درجه دوم نوع IB می‌باشد. برای آبگیرهای انتهای خط باید Air vent هم نصب نمود.

مثال 2

در مثال 1 داشتیم:

لوله فولادی 4"	300
فلانچ 4" نوع 'H' BST	عدد 18
شیر	عدد 1
فشار بخار	200psi
درجه حرارت هوای مجاور	45°F

لوله

مقدار آب کندانس تولید شده توسط تبادل لوله را پیدا کنید.

حل:

باتوجه به طول معادل برای فلانچ برابر یک فوت و برای شیر برابر 4ft داریم.

$$I = 300 + (18 \times 1) + (1 \times 4) = 322 \text{ft}$$

انتالپی بخار از جدول بخار در 200psi برابر 838Btu/lb می‌باشد و مقدار حرارت تبادل شده از جدار لوله عایق شده (از سطح خارجی عایق) از جدول (14) برابر 1324Btu/ft.h می‌باشد:

$$Q = \frac{E \times I}{L \times 4} = \frac{1324 \times 322}{838 \times 4} = 124 \text{lb/h (57.6kg/h)}$$

لوله‌های گرم کننده هوا

Air heating pipes

جدول (14) همچنین برای محاسبه مقدار آب کندانس ایجاد شده در لوله‌های گرم کننده هوای ساکن بکار می‌رود (شکل 52) مقدار آب کندانس از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Q = \frac{E \times I}{L}$$

در سیستم متریک $Q = \frac{E \times I \times 3.6}{L}$ (عدد 3.6 برای تبدیل گرم به کیلوگرم است) که در آن:

$Q = \text{lb/h (kg/h)}$ مقدار آب کندانس

$E = \text{Btu/ft(w/m)}$ (14) مقدار تبادل حرارت از جدول

$I = \text{ft(m)}$ طول کلی لوله (با احتساب طول معادل اتصالات)

$L = \text{Btu/lb(kj/kg)}$ حرارت نهان بخار

اگر لوله بصورت کویل (بیش از دو ردیف) باشد راندمان آن کمتر می‌باشد که مقادیر جدول (14) را باید در عدد راندمان ضرب نمود مقدار این راندمان برای کویل با لوله‌های افقی از جدول (15) و برای لوله‌های عمودی از جدول (16) بدست می‌آید راندمان لوله‌های عمودی کمتر از لوله‌های افقی می‌باشد.

اگر از وزنده (Fan) برای کویل استفاده شود یعنی بجای هوای ساکن (Still air) جریان هوا (Air movement) از کویل عبور کند آب کندانس بیشتری تولید می‌شود که مقادیر جدول (14) (حرارت نهان بخار) باید در عدد راندمان که از جدول (17) برحسب سرعت هوا بدست می‌آید ضرب شود.

برای تعیین ظرفیت تراپ باید مقدار محاسبه شده Q را در عدد 2 ضرب کنیم یعنی مقدار آب کندانسی که تراپ باید بتواند عبور دهد $2Q$ می‌شود زیرا در شروع کار شبکه آب کندانس بیشتری نسبت به حالت عادی شبکه در کویل ایجاد می‌شود.

تراپ مناسب برای این سیستم در درجه اول FT و در درجه بعدی IB می‌باشد.

3- کویل گرمایشی در سیستم‌های تهویه

Air heater batteries

کارخانجات سازنده دستگاه‌های تهویه همیشه مقدار ظرفیت حرارتی آنها را میدهند لذا برای تعیین مقدار آب کندانس حاصله می‌توان ظرفیت حرارتی آنها را به حرارت نهان بخار (Steam latent heat) در فشار مربوطه‌اش تقسیم کرد. علت اینکه ظرفیت حرارتی به حرارت نهان بخار باید تقسیم می‌شود



Table 14 Heat Emission from Pipes

Heat emission from bare horizontal pipes with ambient temperatures between 50°F and 70°F (10°C and 21°C) and still air conditions.

Temperature Difference Steam to Air °F	Pipe Size									
	½"	¾"	1"	1¼"	1½"	2"	2½"	3"	4"	6"
	Btu/Linear ft/hr									
100	56	68	82	107	113	138	163	194	243	337
120	71	85	104	127	142	175	206	246	308	427
140	86	104	127	155	173	212	251	300	375	521
160	103	125	152	186	213	256	301	360	451	626
180	121	146	176	217	243	297	351	417	522	725
200	139	171	206	251	282	346	408	488	622	850
225	166	199	243	297	334	410	483	578	726	1009
250	192	233	284	347	389	478	563	674	849	1180
275	220	266	326	398	447	550	649	778	978	1360
300	251	304	372	455	510	628	742	888	1140	1557
325	285	343	425	520	580	705	843	1010	1240	1730
350	322	388	480	590	660	790	945	1130	1358	1930

Temperature Difference Steam to Air °C	Pipe Size									
	15 mm	20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50 mm	65 mm	80 mm	100 mm	150 mm
	W/m									
56	54	65	79	103	108	132	155	188	233	324
67	68	82	100	122	136	168	198	236	296	410
79	83	100	122	149	166	203	241	298	360	500
89	99	120	146	179	205	246	289	346	424	581
100	115	140	169	208	234	285	337	400	501	696
111	134	164	198	241	271	334	392	469	588	816
125	159	191	233	285	321	394	464	555	699	969
139	184	224	272	333	373	458	540	622	781	1070
153	210	255	312	382	429	528	623	747	929	1285
167	241	292	357	437	489	602	713	853	1093	1492
180	274	329	408	494	556	676	808	959	1190	1660
194	309	372	461	566	634	755	909	1080	1303	1822

Table 15 Approximate reduction in efficiency of Banked Pipes

Number of Pipes High	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Efficiency Factor	1.0	.96	.91	.86	.82	.78	.74	.70	.67	.63

Table 16 Approximate reduction in efficiency of Vertical Pipes

Pipe Size	½"	¾"	1"	1¼"	1½"	2"	2½"	3"	4"	6"
Efficiency Factor	.76	.8	.82	.84	.86	.88	.91	.93	.95	1.0

Table 17 Approximate effect of air movement on Heat Emission from fully Exposed Pipes

ft/min	Air Velocity				Relative Heat Emission Factor
	mph	m/min	km/hr		
Still					1.0
300	3.4	91.4	5.5		1.4
600	6.8	182.9	11.0		2.2
1200	13.6	365.8	21.9		3.2
1800	20.4	548.6	32.8		4.0
3000	34	914.4	54.7		5.2

In everyday terms, an air velocity of 5 to 10 mph (8-16 km/hr) is a gentle breeze, 30 mph (48 km/hr) is a strong breeze and 60 mph (96 km/hr) would be a gale.



$$Q = \frac{L \times \Delta T \times C \times 500 \times S_g}{H}$$

که در آن:

$Q = \text{lb/h}$ مقدار آب کندانس

$L = \text{gpm}$ فلوئ مایع

$\Delta T = ^\circ\text{F}$ اختلاف درجه حرارت ورودی و خروجی

$C = \text{Btu/lb.}^\circ\text{F}$ حرارت ویژه مایع

$500 = 60\text{min/h} \times 8.33 \text{ lb/gal}$

$S_g =$ وزن مخصوص مایع (از جدول مربوطه در فصل شانزدهم)

$H = \text{Btu/lb}$ حرارت نهان بخار (از جدول بخار)

ولی اگر هیچ یک از مشخصات مبدل معلوم نباشد، راه بدست آوردن ظرفیت حرارتی مبدل این است که حجم فضای زیر گرمایش را حساب می‌کنیم و بازاء هرفوت مکعب هوا 3Btu/ft^3 (112kj/m³) در نظر می‌گیریم که نهایتاً ظرفیت حرارتی مبدل بدست می‌آید، مقدار 3Btu/ft^3 براساس درجه حرارت هوای خارج برابر 30°F (-1°C) تعیین شده.

با داشتن ظرفیت حرارتی و تعیین آن به حرارت نهان بخار مقدار آب کندانس بدست می‌آید.

برای تعیین ظرفیت تراپ مقدار آب کندانس محاسبه شده را باید در 2 ضرب نمود.

عدد 2 بطور تجربی بدست آمده چون در حالت شروع کار شبکه (Warming up) آب کندانس حاصله در هر مصرف کننده 2 تا 3 برابر (برحسب شرایط ساختمانی مصرف کننده) خواهد بود.

تراپ مناسب برای مبدل‌های حرارتی در درجه اول FT و درجه بعدی IB + Air vent می‌باشد.

آب گرم کن با مبدل بخار

Hot water storage calorifiers

برای تهیه آب گرم مصرفی از مخازن با مبدل حرارتی بخار، استفاده می‌شود شکل (53) (بجای بخار می‌توان از آب گرمایش نیز استفاده کرد)، مقدار آب کندانس حاصله از رابطه زیر بدست می‌آید:

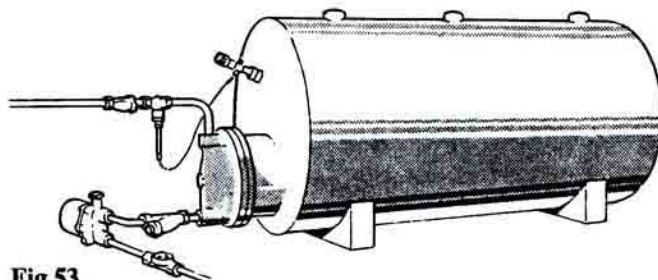


Fig 53

این است که بخار دارای حرارت محسوس (از حالت مایع تا به نقطه جوش و شروع تبخیر) و حرارت نهان (پس از شروع تبخیر تا رسیدن به فشار و درجه حرارت مورد نظر) می‌باشد و همین حرارت نهان است که تمام آب را از نقطه جوش به بخار تبدیل می‌کند و لذا همین حرارت اگر از بخار گرفته شود دوباره به آب در نقطه جوش برمی‌گردد. مثلاً یک دستگاه به ظرفیت 150,000 Btu/h که با بخار با فشار 50psi کار می‌کند مقدار آب کندانس آن برابر است با:

$$\frac{150000}{912} = 164 \text{ lb/h}$$

912 حرارت نهان بخار در فشار 50psi است.

$$\frac{44000\text{w} \times 3.6}{2120} = 74.7 \text{ kg/h}$$

در سیستم متریک

اگر ظرفیت حرارتی دستگاه مشخص نباشد ولی حجم فضایی که می‌تواند گرم کند معلوم باشد مقدار آب کندانس حاصله از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Q = \frac{V \times 60 \times t \times S_p}{L}$$

که در آن:

$Q = \text{lb/h (kg/h)}$ مقدار آب کندانس

$V = \text{ft}^3/\text{min (m}^3/\text{min)}$ حجم فضای زیر گرمایش

$t = ^\circ\text{F (}^\circ\text{C)}$ افزایش درجه حرارت

$S_p = 0.02\text{Btu/ft}^3$ (1.34kj/m³. $^\circ\text{C}$) گرمای ویژه هوا

مثال:

یک دستگاه حرارتی که ظرفیت آن $4000\text{ft}^3/\text{min}$ می‌باشد هوا را از 65°F به 180°F می‌رساند که با بخار 100psi کار می‌کند، مقدار آب کندانس حاصله را حساب کنید:

$$t = 180 - 65 = 115^\circ\text{F}$$

$$Q = \frac{V \times 60 \times t \times S_p}{L} = \frac{4000 \times 60 \times 115 \times 0.02}{882} = 624 \text{ lb/h (276 kg/h)}$$

ظرفیت تراپ باید برابر 2Q باشد.

تراپ مناسب برای کویل‌های گرمایشی در درجه اول نوع FT و درجه بعدی نوع IB می‌باشد. در بعضی از آنها همراه IB باید Air vent هم نصب شود (به جدول تراپ‌ها رجوع گردد)

Heating calorifiers

مبدل‌های حرارتی

معمولاً سازنده مبدل‌ها مشخصات مبدل را می‌دهد، اگر ظرفیت حرارتی آن را داده باشد. مقدار آب کندانس از حاصل تقسیم ظرفیت حرارتی مبدل به حرارت نهان بخار بدست می‌آید، اگر فلوئ سیال و درجه حرارت ورودی و خروجی سیال به مبدل را داده باشد مقدار آب کندانس از رابطه زیر بدست می‌آید:



سرعت بالا قرار دارد و در قسمت‌های انتهایی سرعت بخار کمتر و در قسمت‌هایی از کویل آب وجود دارد. فاکتور دیگری که در مقدار (U) (ضریب انتقال حرارت) مؤثر است نوع مایع می‌باشد. در جدول (18) برای آب و مایعاتی که غلظت مشابه آب دارند و در جدول (19) برای مایعات غلیظ مثل مازوت و غیر مقدار ضریب انتقال حرارت (U) داده شده است.

Pipe Coil U Values in Btu/hr-sq ft-°F

Type of Service	Circulation	
	Natural	Forced
Steam to Water	50-200	150-1200
1½" Tube Heaters	180	450
¾" Tube Heaters	200	500
Steam to Oil	10-30	50-150
Steam to Boiling Liquid	300-800	---
Steam to Boiling Oil	50-150	---

Table 18

Embossed Coil U Values in Btu/hr-sq ft-°F

Type of Service	Circulation	
	Natural	Forced
Steam to Watery Solutions	100-200	150-275
Steam to Light Oil	40-45	60-110
Steam to Medium Oil	20-40	50-100
Steam to Bunker C	15-30	40-80
Steam to Tar Asphalt	15-25	18-60
Steam to Molten Sulphur	25-35	35-45
Steam to Molten Paraffin	25-35	40-50
Steam to Molasses or Corn Syrup	20-40	70-90
Dowtherm to Tar Asphalt	15-30	50-60

Table 19

همچنین جنس لوله که کویل با آن ساخته شده در مقدار ضریب انتقال حرارت مؤثر است جدول‌های (18) و (19) می‌توانند برای مس و برنج و فولاد بکار روند ولی برای لوله فولاد ضد زنگ (Stainless steel) باید مقادیر جداول (18) و (19) در ضریب 0.6 ضرب شوند. برای فلز روی مقادیر باید در 0.4 ضرب شوند.

در کویل‌هایی که مسیر طولانی دارند افت فشار بخار قابل توجه می‌باشد لذا فشار بخار در این کویل‌ها باید 75% فشار ورودی در نظر گرفته شوند و برای کویل‌های بسیار طولانی 40% فشار بخار ورودی باید در نظر گرفته شود.

در صنایع کویل‌های داخل مایع کاربرد فراوانی دارد مثلاً در صنایع رنگرزی (گرم کردن آب و لیکور)، در صنایع غذایی برای پخت در خلاء (Suction heaters) و یا تهیه شکر و شربت (Concentrating)، در صنایع شیمیایی برای تبخیر گازها (Vaporizing gases) مثل اکسیژن و پروپان و در صنایع نفت برای جدا کردن مواد نفتی (Concentrating) و ... این کویل‌ها یا بصورت لوله‌ای (Pipe-coil) شکل (55) و یا بصورت پرسی (Embossed coil) شکل (56) می‌باشند.

$$Q = \frac{W \times S_p \times T}{L \times h}$$

که در آن:

Q = مقدار آب کندانس (lb/h(kg/h)

w = وزن آب که باید گرم شود (lb(kg)

S_p = گرمای ویژه آب (1Btu/lb.°F (4.186kJ/kg.°C)

T = افزایش درجه حرارت °F(°C)

L = حرارت نهان بخار (Btu/lb(kj/kg)

h = زمان گرم شدن ساعت

مثال:

یک آبگرمکن که با بخار کار می‌کند بظرفیت 500 گالن می‌باشد و آب را باید در مدت 2 ساعت از 50°F به 140°F برساند، فشار بخار مصرفی 100psi می‌باشد. مقدار آب کندانس حاصله را حساب کنید.

$$Q = \frac{W \times S_p \times T}{L \times h} = \frac{500 \times 10 \times 1 \times 90}{882 \times 2} = 255 \text{ lb/h}$$

برای تهیه ظرفیت تراپ باید عدد 2Q را در نظر گرفت. تراپ مناسب برای آبگرمکن با مبدل در درجه اول FT و درجه بعدی IB + Air vent می‌باشد.

Submerged coils کویل‌های داخل مایع

این کویل‌ها برای گرم کردن مایعات در مخازن (شکل 54) بکار می‌رود مقدار حرارتی که از این کویل‌ها به مایع داده می‌شود. از فرمول ساده انتقال حرارت در زیر بدست می‌آید:

$$Q = UA (t_2 - t_1)$$

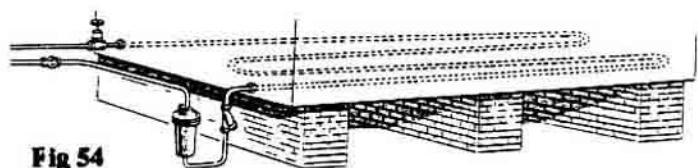


Fig 54

که در آن:

Q = مقدار حرارتی که از کویل به مایع داده می‌شود (Btu/h(w)

U = ضریب انتقال حرارت از کویل به مایع (Btu/ft².h.°F)

A = سطح حرارتی کویل (ft²(m²)

t₂ = متوسط درجه حرارت سطح کویل °F(°C)

t₁ = متوسط درجه حرارت کویل °F(°C)

همیشه قسمت‌های ابتدایی کویل با بخار نسبتاً بی‌آب و با



یا بیشتر می باشد.

در تمام آنها خروج آب کندانس توسط تخلیه سیفونی (Syphon drainage) می باشد بعلاوه ایجاد مکش (Evacuation) روی آب کندانس مقداری بخار فلاش (Flash steam) از آب کندانس ایجاد می شود که قسمتی از آن به فضای داخل سیلندر وارد می شود و قسمتی همراه آب کندانس خارج می شود. مقدار آب کندانس ایجاد شده در سیلندرهایی نوع اول (تماس مواد با سطح خارجی) از رابطه زیر بدست می آید:

$$Q = 3.14 \times D \times R \times W$$

که در آن:

Q = مقدار آب کندانس lb/h

D = قطر سیلندر ft

R = مقدار آب کندانس واحد سطح lb/ft².h

W = طول استوانه سیلندر (عرض سیلندر) ft

مثال:

مقدار آب کندانس را برای یک سیلندر خشک کن به قطر 5 فوت و به عرض 10 فوت و با مقدار آب کندانس در واحد سطح برابر 7 lb/ft².h حساب کنید.

حل:

$$Q = 3.14 \times 5 \times 7 \times 10 = 1100 \text{ lb/h}$$

و در سیلندرهایی نوع دوم (تماس مواد در داخل سیلندر با لوله های بخار) که در صنایع غذایی مثل بسته بندی گوشت، خشک کردن غلات و پخت مواد غذایی و ... بکار می روند مقدار آب کندانس از رابطه زیر بدست می آید:

$$Q = \frac{N \times L \times R}{P}$$

که در آن:

Q = مقدار آب کندانس lb/h

N = تعداد لوله ها در داخل سیلندر

L = طول هر لوله در داخل سیلندر ft

R = lb/ft².h مقدار آب کندانس (Condensate rate)

در واحد سطح

P = نسبت طول یک فوت لوله بر سطح جانبی آن ft/ft²

مقدار P از جدول (20) برای لوله های فولادی و مسی یا برنجی برحسب قطر لوله بدست می آید مقدار آب کندانس در واحد سطح 6-9 lb/ft².h می باشد.

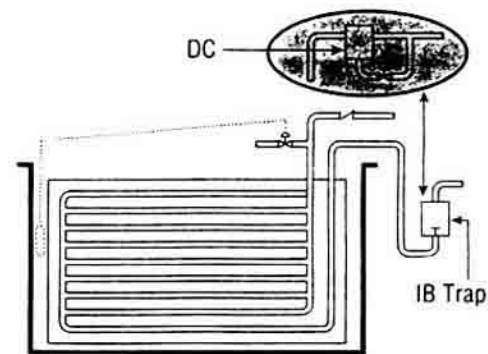


Fig 55 Thermostatic Controlled Embossed Coil, Syphon Drained

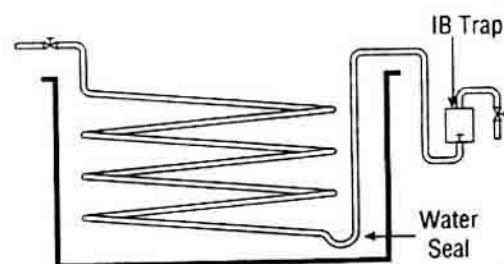


Fig 56 Continuous Coil, Syphon Drained

اوپراتورها (Evaporators) برای جدا کردن آب از مواد در صنایع مختلف مثل نساجی، کاغذ سازی و صنایع شیمیایی و فولاد سازی بکار می روند که محاسبه مقدار آب کندانس در آنها از رابطه فوق الذکر بدست می آید.

Drying cylinders

سیلندرهایی خشک کن

سیلندرهایی خشک کن بصورت یک استوانه می باشند که داخل آنها بخار وارد می شود و برای خشک کردن مواد مثل پارچه، کاغذ، پلاستیک و مواد غذایی بکار می روند این سیلندرها در دو نوع ساخته می شوند، در یک نوع آن مواد در اثر تماس با جدار خارجی سیلندر خشک می شوند و بخار در داخل سیلندر تمام فضا را پر می کند شکل (57) و نوع دیگر دیگر مواد در داخل سیلندر قرار می گیرند و خشک می شوند که بخار در لوله های طولی (هم جهت محور سیلندر) وارد می شود (شکل 58).

مثلاً در صنایع نساجی برای خشک کردن آهار پشت فرش و موکت و غیره (Drum drier) و در صنایع کاغذ سازی برای خشک کردن کاغذ (Paper machine drier) و در صنایع دیگر برای کاربردهای مختلف مورد استفاده قرار می گیرد. سرعت گردش این سیلندرها که در طول محور خود چرخش دارند در سیلندرهایی بزرگ برابر 1 یا 2 دور در دقیقه و در سیلندرهایی کوچک تا 5000 دور در دقیقه می باشد. فشار بخار ورودی به داخل آنها از کمتر از یک اتمسفر تا 200psig می باشد و قطر این سیلندرها از 6" تا 14" فوت



Fig 58 Product Inside Dryer

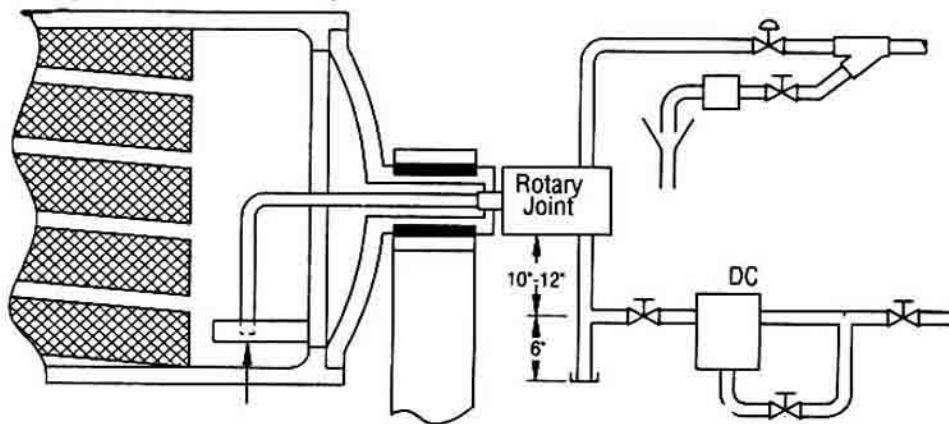
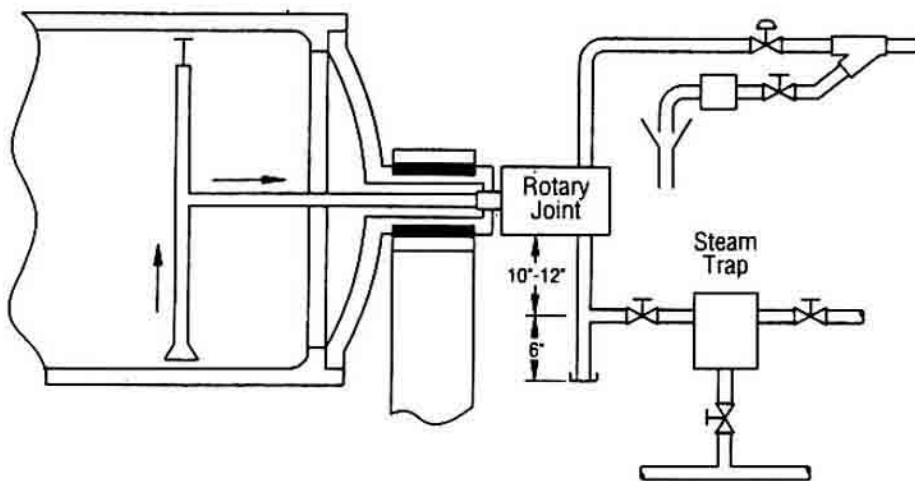


Fig 57 Product Outside Dryer



مثال :

در یک سیلندر پخت تعداد 30 لوله فولادی به قطر $1\frac{1}{4}$ " و بطول 12 فوت وجود دارد مقدار آب کندانس در واحد سطح برابر $7\text{lb/ft}^2\cdot\text{h}$ می باشد مقدار آب کندانس تولید شده را حساب کنید.
 حل : از جدول (20) برای لوله فولادی $1\frac{1}{4}$ " مقدار $P=2.30$ می شود.

$$Q = \frac{30 \times 12 \times 8}{2.30} = 1252 \text{ lb/h}$$

ظرفیت تراب باید برابر $3Q$ باشد که در بعضی تراب ها $8Q$ می باشد که بستگی به نوع تراب دارد که در قسمت 4-7 به آنها اشاره خواهد شد.

Table 20 Pipe Size Conversion Table

(Divide lineal feet of pipe by factor given for size and type of pipe to get square feet of surface)

Pipe Size (in)	Iron Pipe	Copper or Brass Pipe
$\frac{1}{2}$	4.55	7.63
$\frac{3}{4}$	3.64	5.09
1	2.90	3.82
$1\frac{1}{4}$	2.30	3.05
$1\frac{1}{2}$	2.01	2.55
2	1.61	1.91
$2\frac{1}{2}$	1.33	1.52
3	1.09	1.27
4	.848	.954



در بار اول یا در دفعات اولیه اتفاق نیافتد ولی با تکرار عمل و ایجاد خستگی (Fatigue) در فلز جداره محفظه نهایتاً درهم رفتگی اتفاق بیافتد که البته ضخامت ورق بدنه محفظه در عمر آن مؤثر است. برای محاسبه مقدار آب کندانس از رابطه زیر استفاده می شود:

$$Q = \frac{G \times S_g \times C_p \times \Delta T \times 8.3}{H \times T}$$

که در آن:

$Q = \text{lb/h}$ مقدار آب کندانس

$G = \text{gal}$ مقدار مایعی که باید گرم شود گالن

$S_g =$ وزن مخصوص مایعی که باید گرم شود

$C_p =$ حرارت ویژه مایعی که باید گرم شود

$\Delta T = ^\circ\text{F}$ افزایش درجه حرارت مایعی که باید گرم شود

$8.3 = \text{lb/gal}$ نسبت وزن به حجم آب

$H = \text{Btu/lb}$ حرارت نهان بخار

$T = \text{h}$ زمان گرم شدن مایع داخل مخزن

ظرفیت تراپ باید برابر $3Q$ باشد.

ظرفیت تراپ را می توان مستقیماً از جدول (21) براساس ضریب انتقال حرارت برابر $U=175 \text{ Btu/h.ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$ با داشتن فشار بخار و مشخصات مخزن پخت با بخار بدست آورد (مقادیر جدول براساس $3Q$ می باشد و مستقیماً ظرفیت تراپ را میدهد)

مثال:

در یک مخزن پخت با بخار به ظرفیت 250 گالن که با بخار با فشار 25psig کار می کند موادی را حرارت می دهیم که وزن مخصوص آن 0.98 و گرمای ویژه آن $0.95 \text{ Btu/lb. } ^\circ\text{F}$ می باشد مواد در درجه حرارت محیط که 170°F است قرار دارند و تا 180°F مدت نیم ساعت حرارت داده می شوند، مقدار آب کندانس ایجاد شده را حساب کنید:

$$Q = \frac{250 \text{ gal} \times 0.98 \times 0.95 \text{ Btu/lb. } ^\circ\text{F} \times 110^\circ\text{F} \times 8.3 \text{ lb/gal}}{933 \text{ Btu/lb} \times 0.5 \text{ h}} = 455 \text{ lb/h}$$

ظرفیت تراپ برابر است با:

$$Q_T = 3 \times 455 = 1365 \text{ lb/h}$$

دستگاههای دارای محفظه های بخار

Steam chamber equipment

این دستگاهها عبارتند از پرس هایی که برای ساخت صفحات چوبی یا مقوایی که در آنها چسب بکار رفته و نیز قالب های پرسی

Steam jacketed kettles

مخازن پخت با بخار

این مخازن برای پخت (Cooking) و یا کنساتره کردن مواد (Concentration) بکار می رود و در صنایع غذایی مثل بسته بندی گوشت، شکر سازی، کمپوت سازی و نظایر آن و همچنین در صنایع کاغذ سازی کاربرد زیادی دارند.

بطور کلی دو نوع مخزن پخت با بخار وجود دارد یکی مخزن ثابت (شکل 59) که تخلیه آب کندانس تحت ثقل آن از زیر خارج می شود (Fixed gravity drained kettles) و دیگری مخزن حرکت کننده (شکل 60) که تخلیه آب کندانس تحت سیفون خارج می شود (Titing syphon drained kettle).

Fig 59 Fixed Gravity Drained Kettle

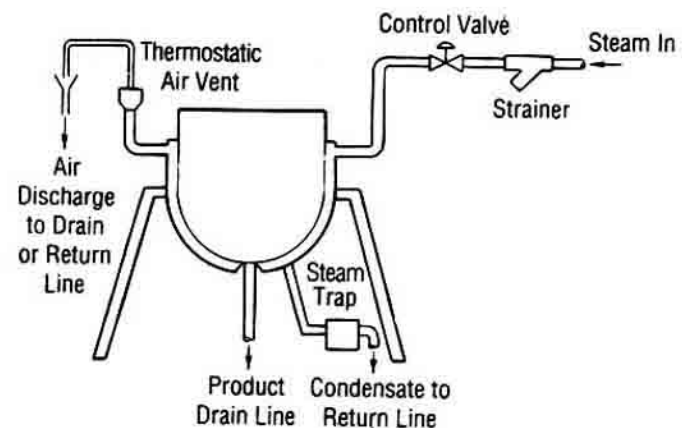
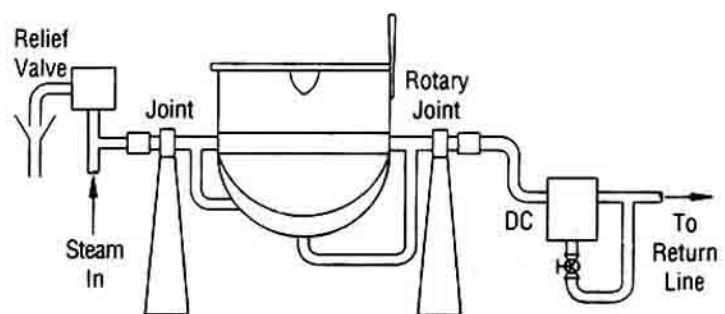


Fig 60 Tilting Syphon Drained Kettle



در نوع شکل (59) چون هوای موجود در بخار در نقطه بالای مخزن جمع می شود لذا باید نصب شیر تخلیه هوا (Air vent) آنرا خارج نمود. در نوع شکل 60 محلی برای جمع شدن هوا وجود ندارد لذا در محفظه بخار در مخزن در اثر قطع ورود بخار و تخلیه هوا توسط عمل سیفون خلاء باید یک شیر تنفسی (Relief vavle) در نزدیک نقطه ورود بخار به مخزن نصب نمود تا با قطع شدن بخار و ایجاد مکش، شیر باز شود و هوای خارج را وارد محفظه کند (البته باید توجه کرد که پدیده درهم رفتگی هر محفظه ای در اثر ایجاد خلاء در آن و در نتیجه غلبه فشار هوا به دیواره محفظه، ممکن است



Table 21 Condensate Rates In lbs/hr For Jacketed Kettles—Hemispherical Condensing Surface

Safety factor 3:1 is included

Assume U = 175 Btu/hr-sq ft-°F, 50°F starting temperature

Kettle Diameter (in)	Heat Transfer Surface (sq ft)	U.S. Gallons of Water in Hemisphere	U.S. Gals. Water per in. of Height Above Hemisphere	STEAM PRESSURE								
				5 psig 227 °F	10 psig 240 °F	15 psig 250 °F	25 psig 267 °F	40 psig 287 °F	60 psig 307 °F	80 psig 324 °F	100 psig 338 °F	125 psig 353 °F
18	3.50	7	1.10	339	366	387	426	474	522	564	603	642
19	3.90	8	1.20	378	408	432	477	528	582	630	669	714
20	4.35	9	1.35	420	456	483	531	588	651	702	747	798
22	5.30	12	1.65	513	555	588	648	717	792	855	912	972
24	6.30	16	1.95	609	660	699	768	852	942	1017	1083	1155
26	7.40	20	2.30	717	774	822	903	1002	1107	1194	1272	1356
28	8.50	25	2.65	822	891	942	1038	1149	1269	1371	1461	1557
30	9.80	31	3.05	948	1026	1089	1197	1326	1464	1581	1686	1797
32	11.20	37	3.50	1086	1173	1242	1368	1515	1674	1809	1926	2052
34	12.60	45	3.95	1221	1320	1398	1539	1704	1881	1944	2166	2310
36	14.10	53	4.40	1365	1476	1566	1722	1908	2106	2277	2424	2586
38	15.70	62	4.90	1521	1644	1743	1917	2124	2346	2535	2700	2877
40	17.40	73	5.45	1686	1821	1932	2124	2355	2601	2808	2991	3189
42	19.20	84	6.00	1860	2010	2130	2343	2598	2868	3099	3300	3519
44	21.10	97	6.60	2043	2208	2343	2577	2856	3153	3405	3627	3867
46	23.00	110	7.20	2229	2409	2553	2808	3111	3435	3711	3954	4215
48	25.30	123	7.85	2451	2649	2808	3087	3423	3780	4083	4350	4638
54	31.70	178	9.90	3076	3324	3523	3875	4296	4743	5125	5458	5820
60	39.20	245	12.30	3798	4104	4350	4785	5304	5856	6327	6738	7185
72	56.40	423	17.70	5469	5910	6264	6890	7638	8433	9111	9703	10346

تراپ مناسب برای این دستگاه‌ها در درجه اول نوع IB و در درجه دوم نوع CD و یا نوع ترموستاتیک می‌باشد (به جدول تراپ‌ها رجوع گردد).

نوع دیگری از این دستگاه‌ها بصورتی است که مواد در داخل یک اطاقک قرار می‌گیرند و بخار یا بطور مستقیم وارد اطاقک می‌شود و با مواد تماس مستقیم دارد که برای پخت (Cure) آنها می‌باشد مثل لاستیک و پلاستیک و استریل کردن وسائل و لباس‌های جراحی و پخت مواد غذایی که در قوطی کنسرو بسته بندی شده‌اند (شکل 62).

مقدار آب کندانس در این دستگاه‌ها از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Q = \frac{W \times C \times \Delta T}{H \times t}$$

که در آن:

Q = مقدار آب کندانس lb/h

W = وزن مواد در داخل اطاقک lb

C = حرارت ویژه مواد (از جدول مربوطه در فصل 16) Btu/lb.°F

ΔT = افزایش درجه حرارت مواد °F

H = حرارت نهان بخار (از جدول بخار) Btu/lb

t = زمان (ساعت)

برای ساخت قطعات پلاستیکی و لاستیکی و همچنین اتوکلاوها، دستگاه‌های استریل‌کردن و پخت و نظایر آنها، در این دستگاه‌ها برای تامین حرارت مورد نیاز محفظه‌هایی تعبیه کرده‌اند که در آنجا بخار وارد و بصورت آب کندانس خارج می‌شود.

قطعات پلاستیکی و لاستیکی مثل بدنه باطری، اسباب‌بازی، لاستیک اتومبیل و غیره که در قالب‌ها فرم داده می‌شوند و پخته (Cure) می‌شوند و نیز صفحات مقوایی و چوبی که با چسب بهم متصل می‌شوند و پرس می‌گردند، چسب باید پخته شود (Cure) و در اتوپرس‌ها برای اطوی لباس و نظایر آن نیاز به حرارت دارند که در آنها محفظه‌های بخار تعبیه گردیده است. (شکل 61).

مقدار آب کندانس در این دستگاه‌ها از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Q = A \times R$$

که در آن:

Q = مقدار آب کندانس lb/h

A = سطح تماس محفظه با قطعات و محصولات ft²

R = مقدار آب کندانس (Condensate rate) lb/ft².h

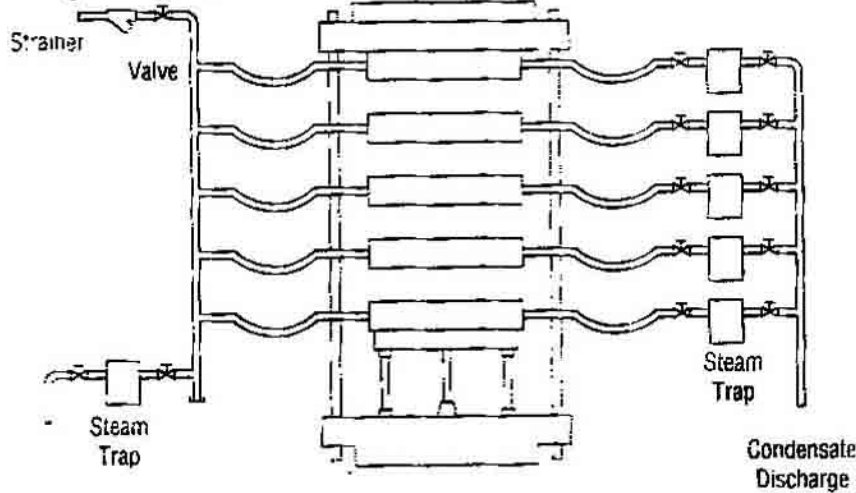
در واحد سطح

مقدار R برابر 3lb/ft².h در نظر گرفته می‌شود.

ظرفیت تراپ باید 3Q باشد.



Fig 61 Product Confined In Steam Jacketed Press



ظرفیت تراب باید برابر 3Q باشد. تراب مناسب FT و یا ترموستاتیک می باشد در بالای اتاقک یک Air vent باید نصب کرد تا هوا را خارج کند. این آب کندانس باید دور ریخته شود و به خط برگشت نریزد زیرا بدلیل تماس مستقیم بخار با مواد در آن مواد زرد و کثیف وجود دارد.

$$Q = \frac{300\text{lb} \times 0.42\text{Btu/lb} \cdot ^\circ\text{F} \times 230^{\circ}\text{F}}{900\text{Btu/lb} \times 0.33\text{h}} = 96\text{lb/h}$$

ظرفیت تراب $3 \times 96 = 288\text{lb/h}$ باید باشد.

مثال :
در یک توکلاو 300 پوند قطعات لاستیکی قرار داده شده که باید ز درجه حرارت 70°F (درجه حرارت محیط) به درجه حرارت

گاهی در بعضی اتوکلاوها و دستگاه های ستریل اتاقک دو جداره است که بخار تماس مستقیم با مواد ندارد و بین دو جدار قرار

مثال :
در یک توکلاو 300 پوند قطعات لاستیکی قرار داده شده که باید ز درجه حرارت 70°F (درجه حرارت محیط) به درجه حرارت

Fig 63 Direct Steam Injection Into Product Chamber

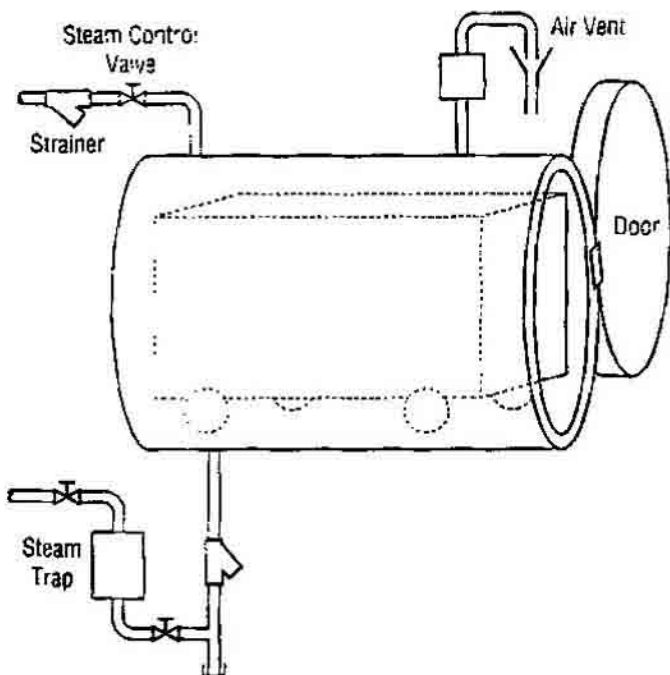
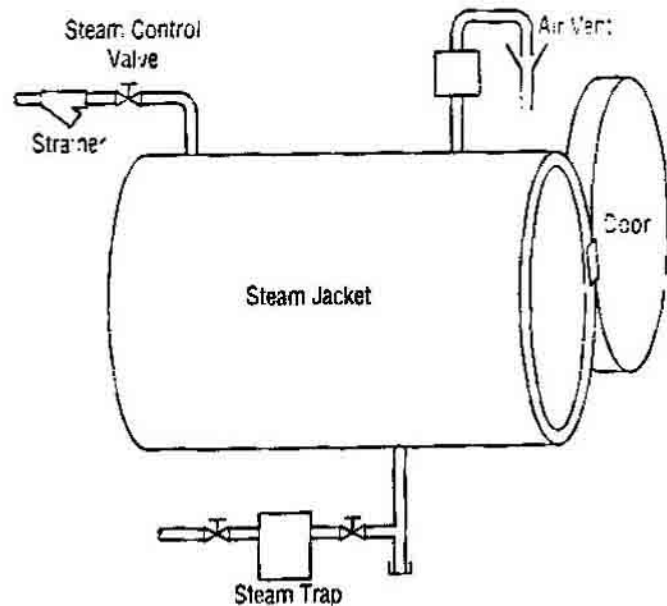


Fig 62 Product in Chamber—Steam in Jacket

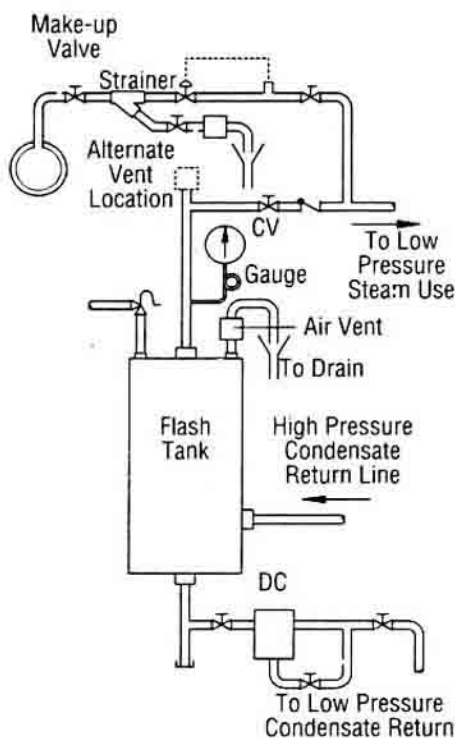




$$4475 \times 3 = 13425 \text{ lb/h}$$

تراپ مناسب برای این منظور نوع IB می باشد همچنین روی فلاش تانک باید حتماً یک Air vent نصب کرد انتخاب بعدی برای تراپ FT نوع می باشد،

Fig64 Typical Flash Tank Piping Sketch



Absorption machine

چیلر ابزورپشن

چیلرهای ابزورپشن که برای سیستم سرمایشی در ساختمانهای بزرگ به کار می رود که در آن محلول لیتیوم بروماید (Lithium bromide) و آب وجود دارد، از بخار برای تبخیر آب و جدا کردن لیتیوم بروماید از آب استفاده می شود و چون بخار به مقدار زیادی مصرف می شود لذا باید مقدار زیادی آب کندانس عبور دهد. شکل (65) معمولاً فشار بخار در این دستگاهها (چیلر Single stage) 15psig و یا کمتر می باشد و مقدار آب کندانس حاصله از حاصلضرب ظرفیت چیلر به تن در عدد 20 بدست می آید یعنی هرتن برودت در چیلر Single stage 20lb/h آب کندانس تولید می کند.

می گیرد (شکل 63)، مقدار آب کندانس از همان رابطه بالا (بخار مستقیم در اطاقک) حساب می شود این آب کندانس باید به خط برگشت ریخته شود. ظرفیت تراپ 3Q باشد و تراپ مناسب نوع IB و یا FT و یا ترموستاتیک می باشد. ضمناً در بالای اطاقک برای هواگیری باید Air vent نصب کرد.

Flash Tank

فلاش تانک

وقتی آب کندانس یا آب دیگ بخار در فشار پایین تری قرار بگیرد قسمتی از آن به بخار آزاد تبدیل می گردد که با آن اصطلاحاً بخار فلاش می گویند (Flash steam)، انرژی حرارتی بخار فلاش برابر انرژی حرارتی بخار در همان فشار می باشد، این بخار در اثر ریختن آب کندانس با فشار بالا در یک مخزن کوچک بنام فلاش تانک عادی ایجاد می شود و آب کندانس باقیمانده از طریق یک تراپ به خط برگشت کندانس می رود و از بخار آزاد ایجاد شده (Flash steam) که دارای انرژی حرارتی نهان (Latent heat) می باشد. می توان برای گرم کردن یک فضا و یا گرم کردن آب، روغن و یا سایر مایعات استفاده کرد (در سیستم با فشار کم) (شکل 64) همچنین یک خط تغذیه از خط بخار برای مواقعی که بخار فلاش نداریم در سیستم در نظر گرفته می شود که با فشار شکن فشار آن را برابر فشار بخار فلاش می کنیم.

مقدار بخار فلاش بستگی به اختلاف فشار آب کندانس ورودی به تانک و فشار داخل تانک دارد که جزئیات آن در قسمت 4-11 توضیح داده شده است. مقدار آب کندانس بعد از آزاد شدن بخار از رابطه زیر بدست می آید:

$$Q = L - \frac{L \times P}{100}$$

که در آن:

Q = مقدار آب کندانس (که تراپ باید عبور دهد) lb/h

L = مقدار آب کندانس ورودی به فلاش تانک lb/h

P = درصد فلاش (درصد آزاد شدن بخار)

مقدار P با توجه به قسمت 4-11 بدست می آید. ظرفیت تراپ 3Q باشد.

مثال:

در یک فلاش تانک مقدار 5000lb/h آب کندانس در فشار 100psi وارد می شود فشار داخل فلاش تانک 10psig می باشد. از قسمت 4-11 مقدار درصد فلاش برابر $P=10.5\%$ بدست آمده است. مقدار آب کندانس باقیمانده را برای خروج از تانک حساب کنید.

$$Q = 5000 - (5000 \times 10.5) = 4475 \text{ lb/h}$$



$$Q = 10C$$

که در آن:

$Q = \text{lb/h}$ مقدار آب کندانس

$C =$ ظرفیت چیلر بر تن برودت

ظرفیت تراپ باید $3Q$ باشد.

مثال:

مقدار آب کندانس در یک چیلر ابزرپشن دو Stage بظرفیت 300 تن برودت چقدر می باشد؟

$$Q = 10 \times 300 = 3000 \text{ lb/h}$$

$$3 \times 3000 = 9000 \text{ lb/h}$$

ظرفیت تراپ 9000 lb/h این مقدار آب کندانس در فشار بالاتر از 30psig تخلیه می گردد، تراپ در اختلاف فشار حداکثر برابر $\frac{1}{2}$ فشار بخار باید قرار بگیرد که در این مثال 75psig می باشد. تراپ مناسب برای این سیستم نوع FT می باشد.

نکته قابل توجه:

اگر ظرفیت حرارتی هر مصرف کننده را داشته باشیم با تقسیم آن بر حرارت نهان بخار (Steam latent heat) که در جدول بخار حرارت نهان بنام انتالپی تبخیر (h_{fg}) مشخص شده مقدار آب کندانس بدست می آید، علت این است که بخار دارای حرارت محسوس یعنی مقدار حرارتی که آب می گیرد تا به نقطه جوش و شروع تبخیر برسد و حرارت نهان یعنی مقدار حرارتی که آب در نقطه جوش رسیده می گیرد تا بخار ایجاد کند و آنرا به فشار و درجه حرارت مورد نظر برساند می باشد و همین حرارت نهان است که اگر از بخار گرفته شود دوباره به حالت مایع برمی گردد.

$$Q = 20C$$

که در آن:

$Q = \text{lb/h}$ مقدار آب کندانس

$C =$ ظرفیت چیلر ابزرپشن به تن برودت

تراپ باید مقدار $2Q$ را عبور دهد.

مثال:

در یک چیلر ابزرپشن به ظرفیت 500 تن برودت چه مقدار آب کندانس ایجاد می شود؟

$$Q = 20 \times 500 = 10000 \text{ lb/h}$$

$$2Q = 2 \times 10000 = 20000 \text{ lb/h}$$

این مقدار آب کندانس در فشار $\frac{1}{2}$ psig تخلیه می گردد.

در چیلرهای Two stage بخار در فشار 150psig وارد سیستم می شود. در این دستگاهها انرژی مصرفی کمتر از نوع Single stage است، مقدار مصرف بخار در چیلرهای T.S برابر 12.2 lb/h.TonR می باشد (12.2 پاند بر ساعت به تن برودت) مقدار آب کندانس در چیلرهای Two stage از رابطه زیر بدست می آید که بازاء هر تن برودت 10 lb/h آب کندانس تولید می شود.

Fig65 Generally approved method of piping steam absorption machine with standby trapping system.

