



برج خنک کن

تهیه کننده :

رحمت اله یوسفی

0912-3365261



فهرست منابع :

- Carrier ➤
- Ashrae ➤
- HVAC -Capitoline ➤
- نشریات داخلی ➤
- پمپ و پمپاژ دکتر نوربخش ➤

فهرست مطالب دوره :

- برج خنک کن

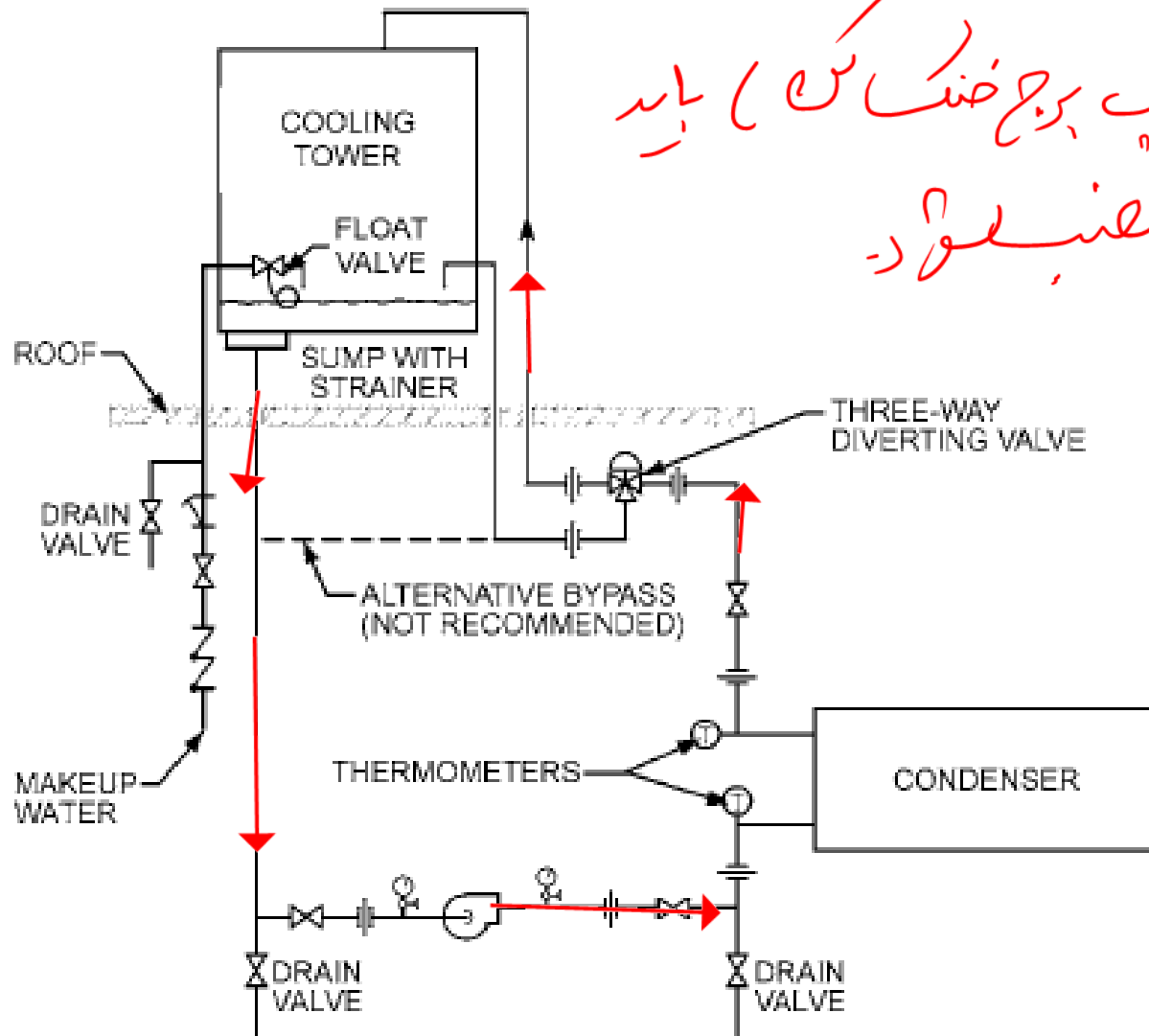
برج خنک کن



35°C (95°F)

30°C (85°F)





نکته:
پمپ کند انور (پمپ برج خنک کن) باید
قبل کند انور نصب شود.

Fig. 2 Cooling Tower Piping System

35°C

HOT WATER
IN

FAN

AIR
OUT

HOT WATER
IN

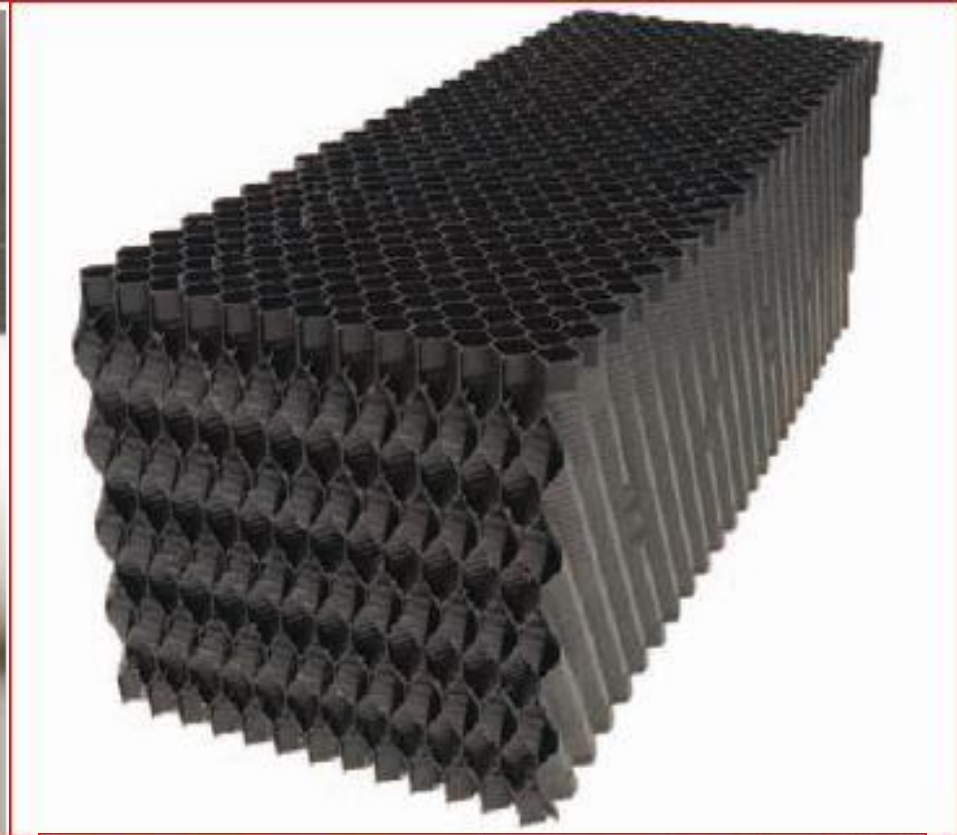
FILL

AIR
IN

AIR
IN

39°C

COLD WATER
OUT







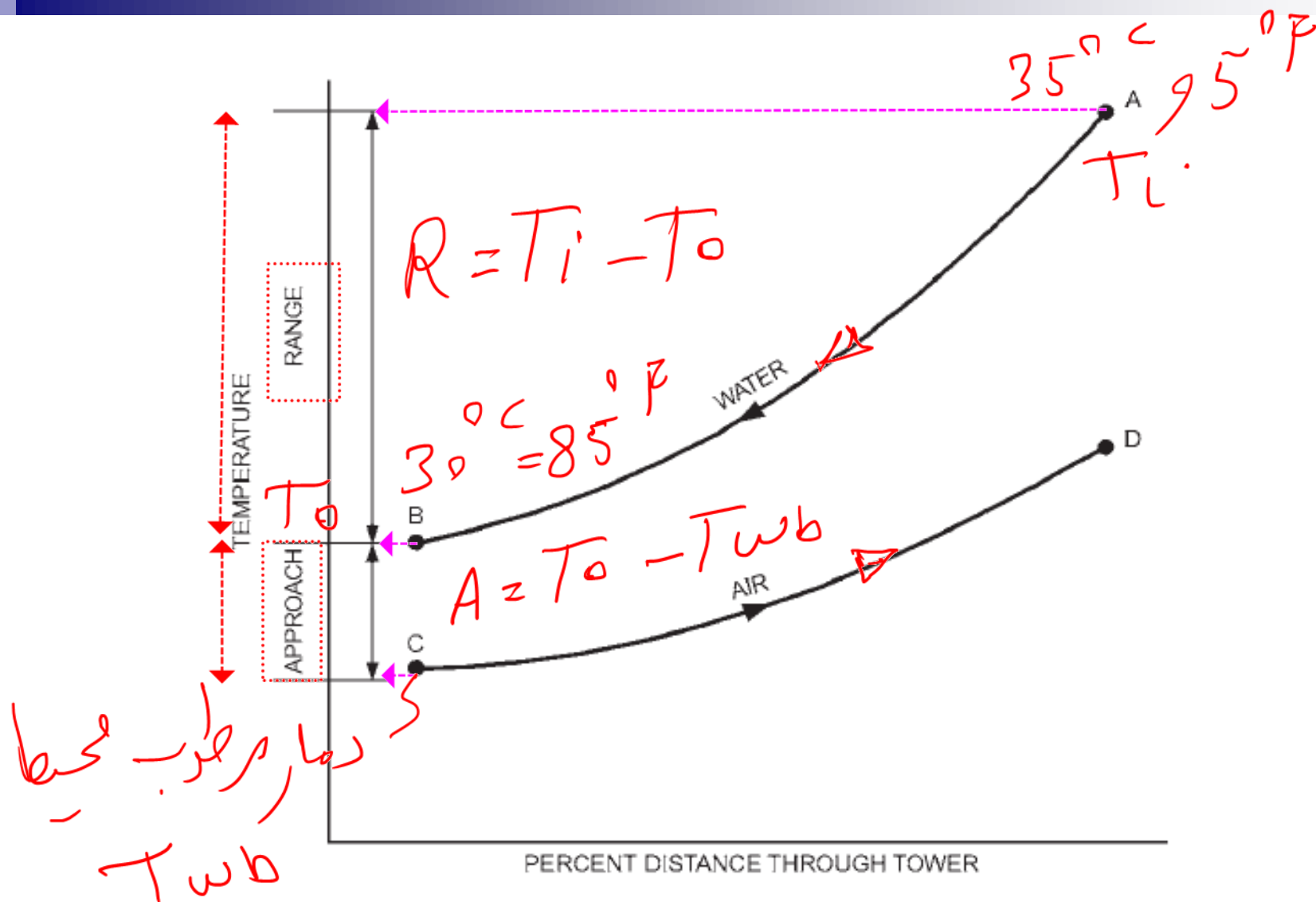


Fig. 1 Temperature Relationship Between Water and Air in Counterflow Cooling Tower

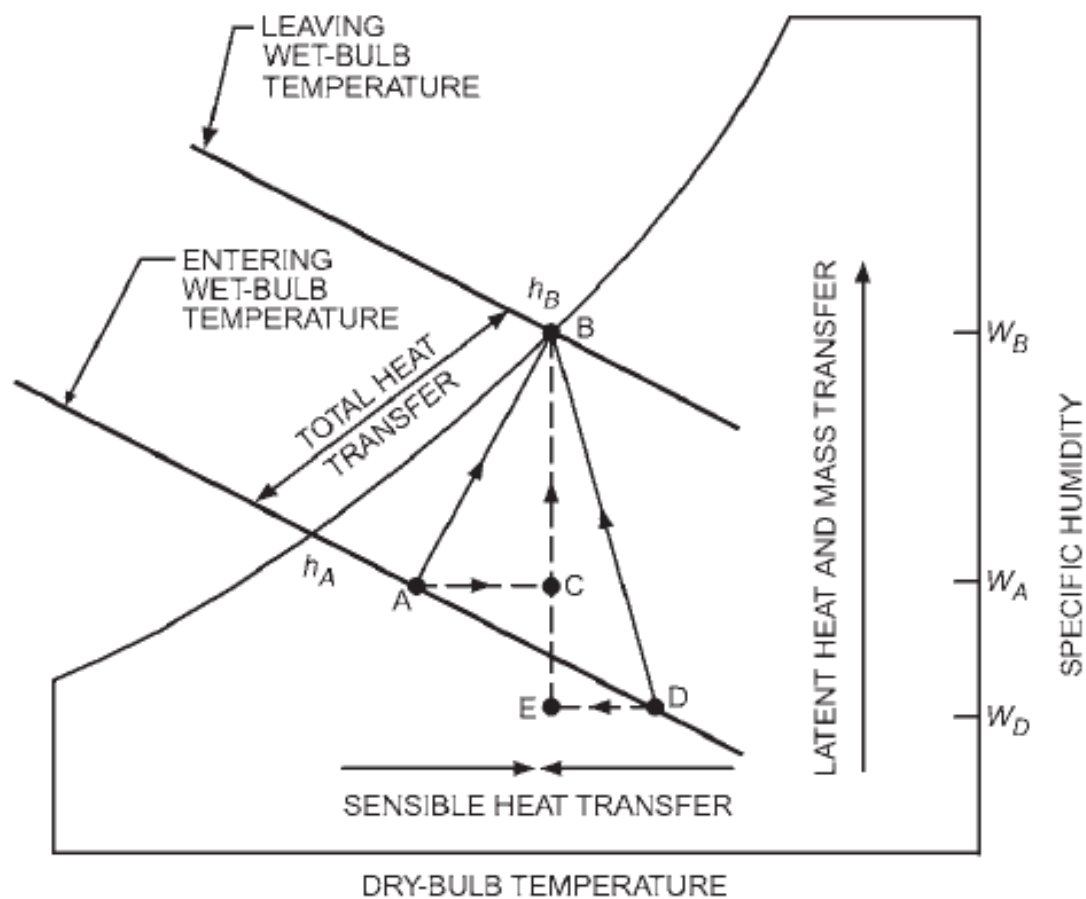
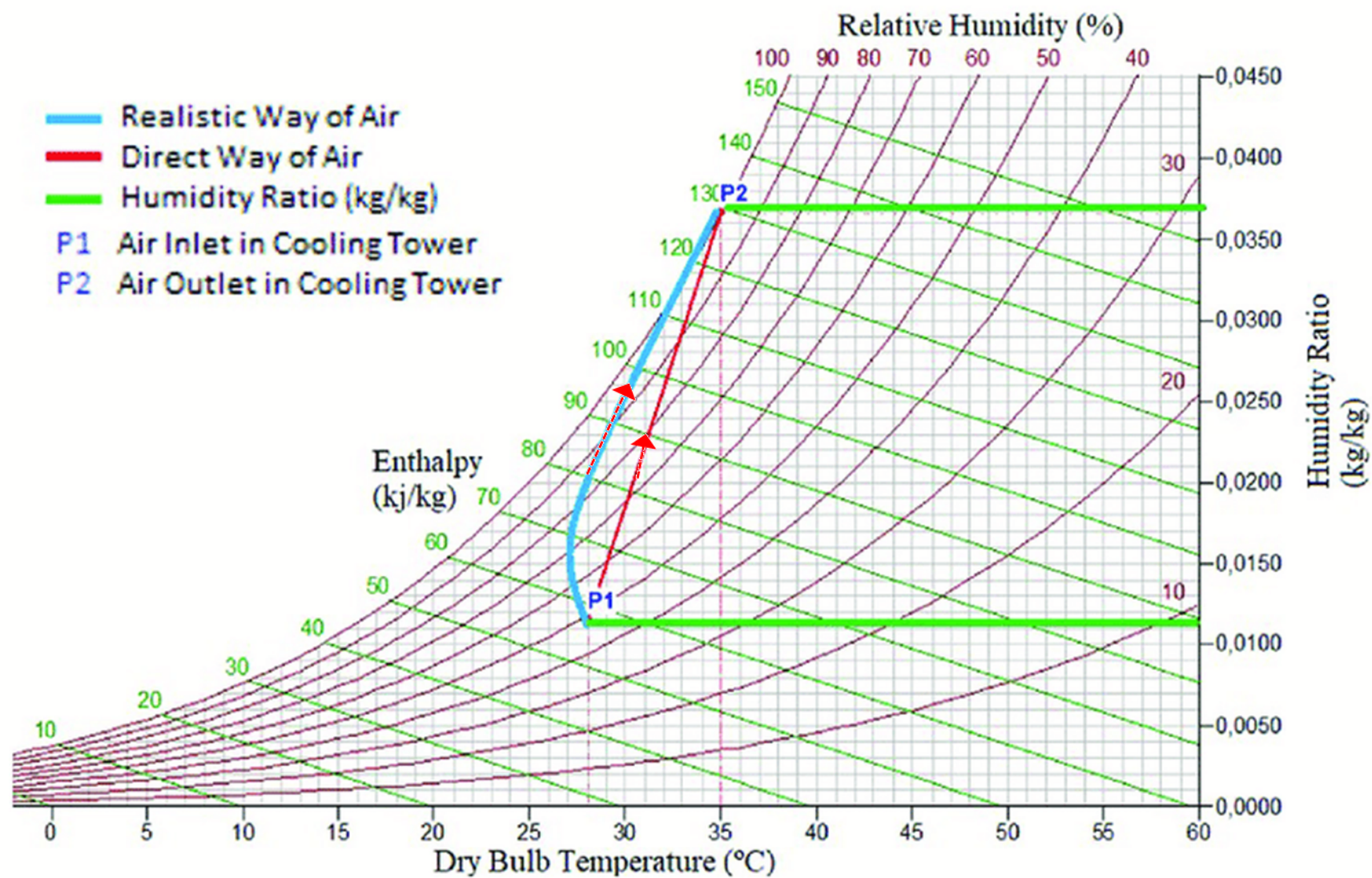


Fig. 2 Psychrometric Analysis of Air Passing Through Cooling Tower





Air-cooled heat exchangers cool water by rejecting heat directly to the atmosphere, but the first cost and fan energy consumption of these devices are high and the plan area required is relatively large. They can economically cool water to within approximately 11 K of the ambient dry-bulb temperature: too high for the cooling water requirements of most refrigeration systems and many industrial processes.



Cooling towers overcome most of these problems and therefore are commonly used to dissipate heat from refrigeration, air-conditioning, and industrial process systems. The water consumption rate of a cooling tower system is only about 5% of that of a once-through system, making it the least expensive system to operate with purchased water supplies. Additionally, the amount of heated water discharged (**blowdown**) is very small, so the ecological effect is greatly reduced. Lastly, cooling towers can cool water to within 2 to 3 K of the ambient wet-bulb temperature, which is always lower than the ambient dry-bulb, or approximately 20 K lower than can air-cooled systems of reasonable size (in the 880 to 1760 kW range). This lower temperature improves the efficiency of the overall system, thereby reducing energy use significantly and increasing process output.



The evaporation rate at typical design conditions is approximately 1% of the water flow rate for each 7 K of water temperature range; however, the average evaporation rate over the operating season is less than the design rate because the sensible component of total heat transfer increases as entering air temperature decreases. The evaporation rate is also directly proportional to the load; this must be taken into account when estimating annual water usage.

The thermal capability of a cooling tower used for air conditioning may be expressed in nominal capacity, which is based on heat dissipation of 1.25 kW per kilowatt of evaporator cooling. Nominal cooling capacity is defined as cooling 54 mL/s of water from 35°C to 29.4°C at a 25.6°C entering air wet-bulb temperature. At these conditions, the cooling tower rejects 1.25 kW per kilowatt of evaporator capacity. The historical derivation is based on the assumption that at typical air-conditioning conditions, for every kilowatt of heat picked up in the evaporator, the cooling tower must dissipate an additional 0.25 kW of compressor heat. Newer, high-efficiency compressor systems have significantly reduced the amount of compressor heat generated. For specific applications, nominal capacity ratings are not used, and the thermal performance capability of the cooling tower is usually expressed as a water flow rate at specific operating temperature conditions (entering water temperature, leaving water temperature, entering air wet-bulb temperature).

TYPES OF COOLING TOWERS

Two basic types of evaporative cooling devices are used. The **direct-contact or open cooling tower** (Figure 3), exposes water directly to the cooling atmosphere, thereby transferring the source heat load directly to the air. A **closed-circuit cooling tower**, involves **indirect contact** between heated fluid and atmosphere (Figure 4), essentially combining a heat exchanger and cooling tower into one relatively compact device.

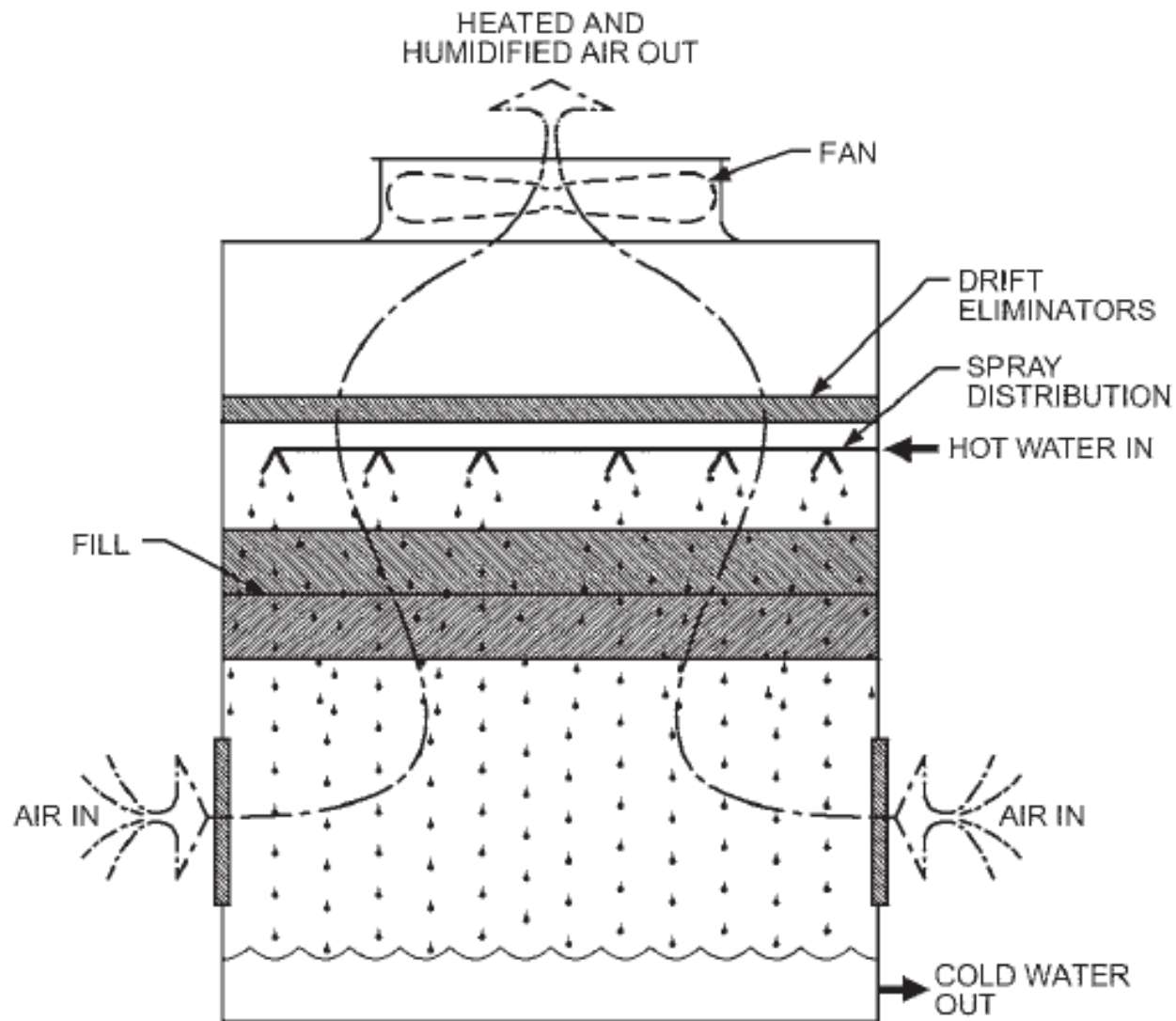


Fig. 3 Direct-Contact or Open Evaporative Cooling Tower

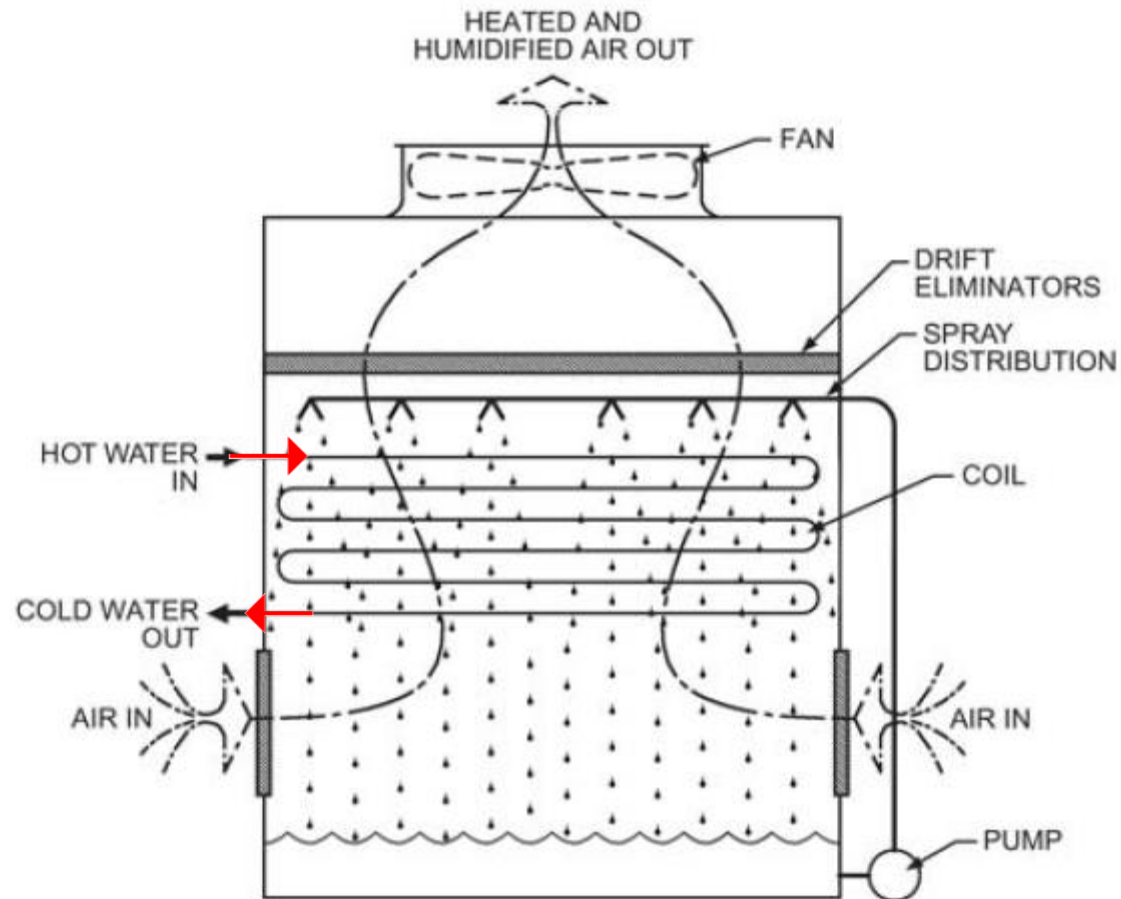
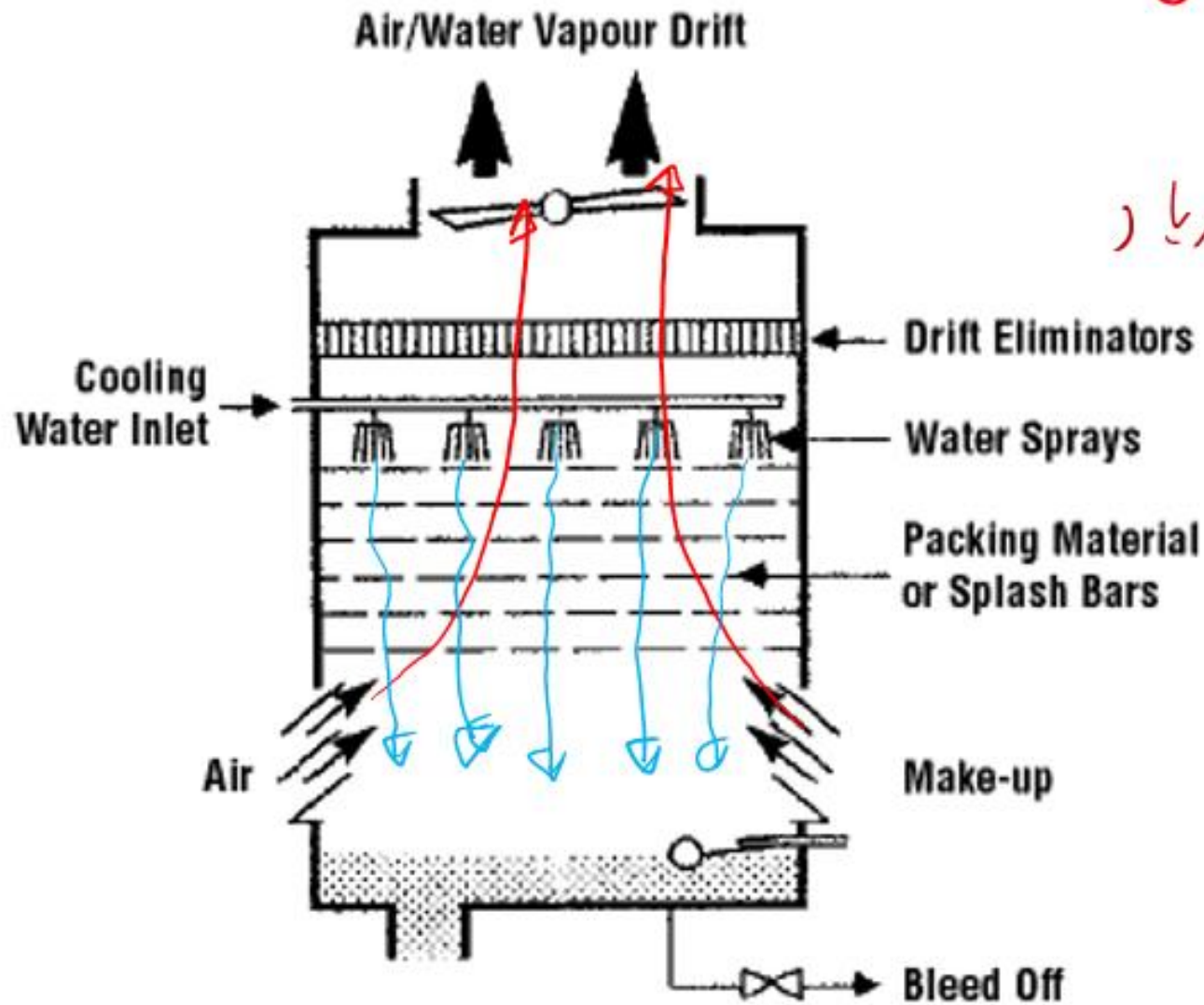
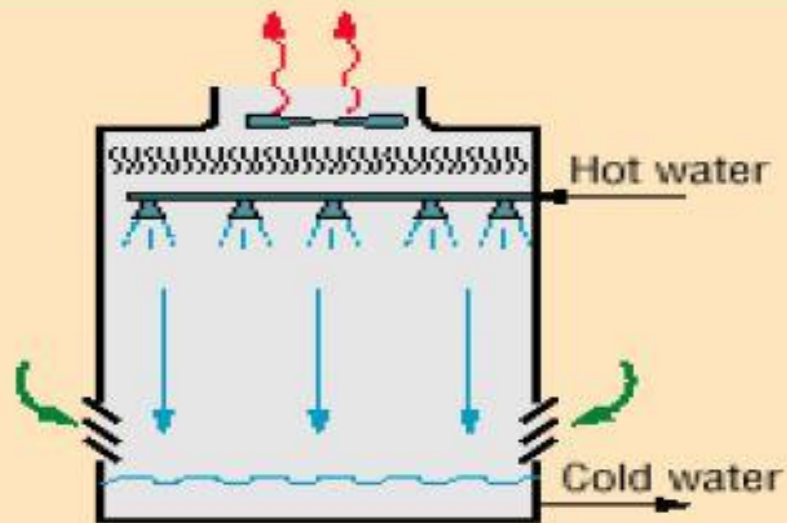


Fig. 4 Indirect-Contact or Closed-Circuit Evaporative Cooling Towers

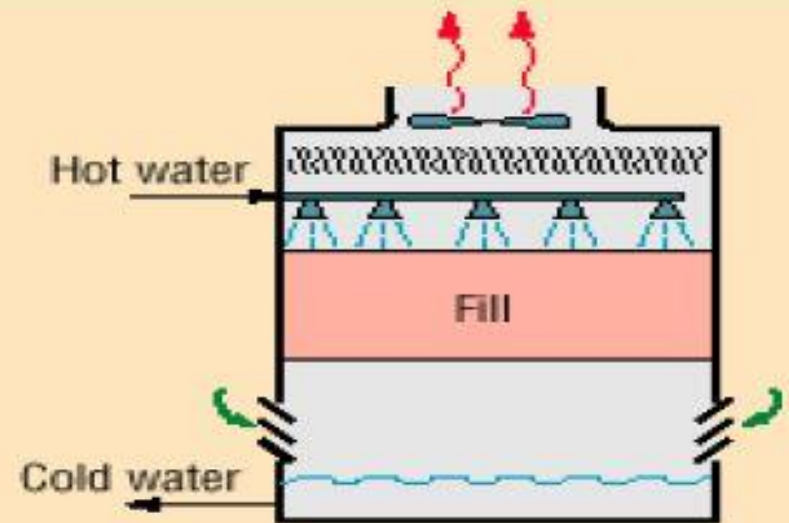


۱- کمتر با جریان صاف

- ارتفاع بلند برج
- کمترین سطح مقطع
- رانندگی برج بالا

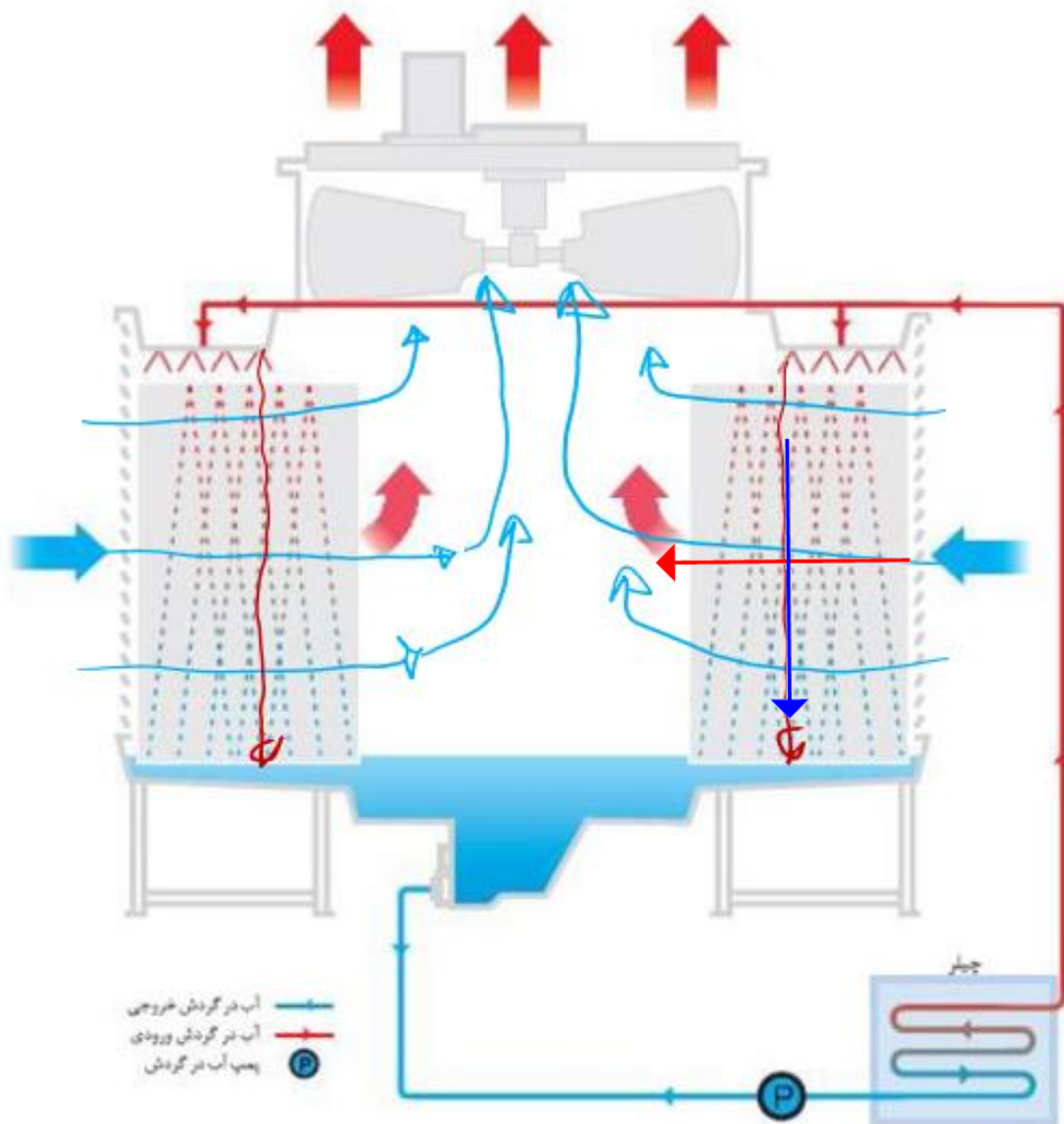


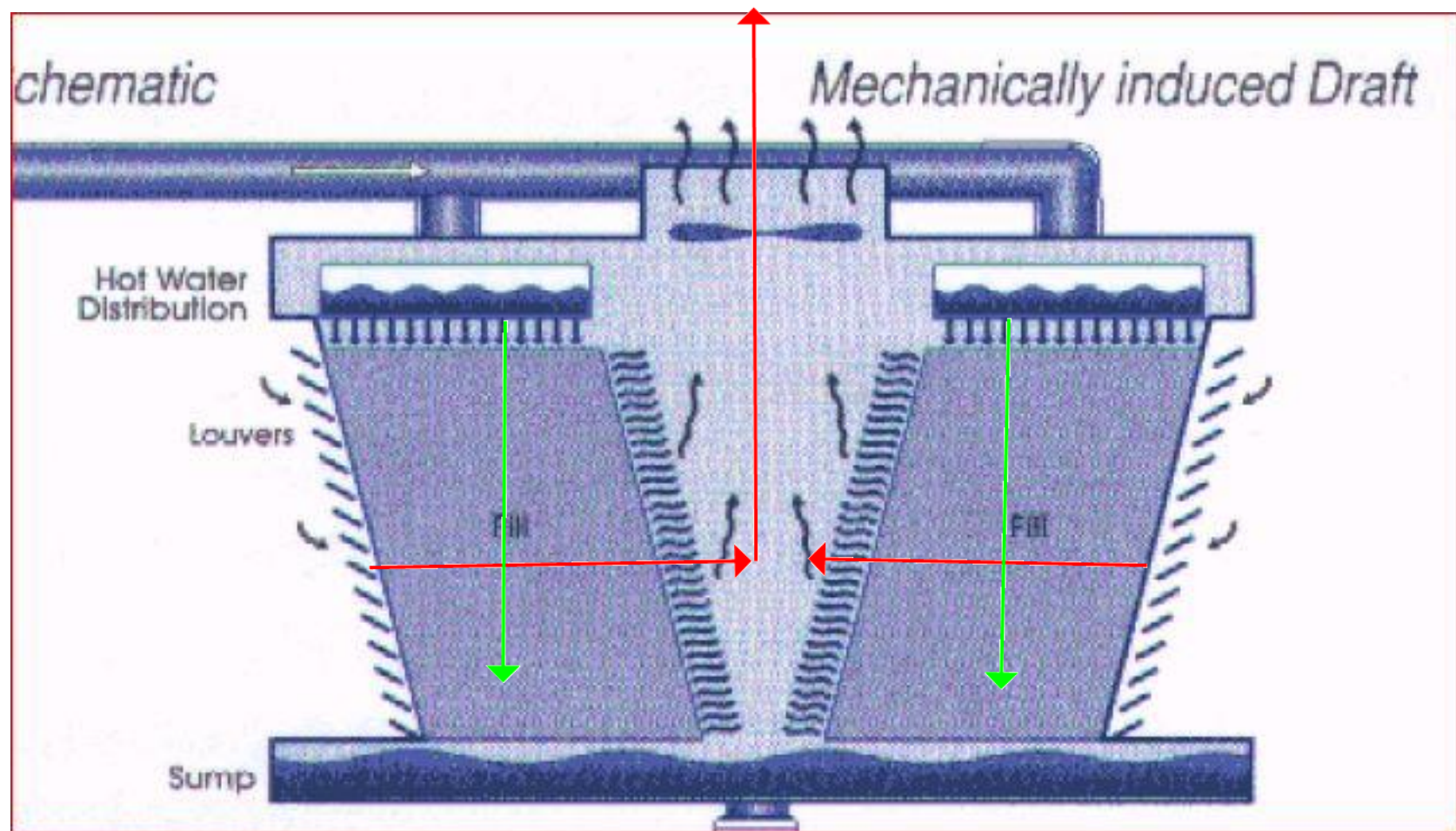
**Induced draft counterflow
water-fill tower**

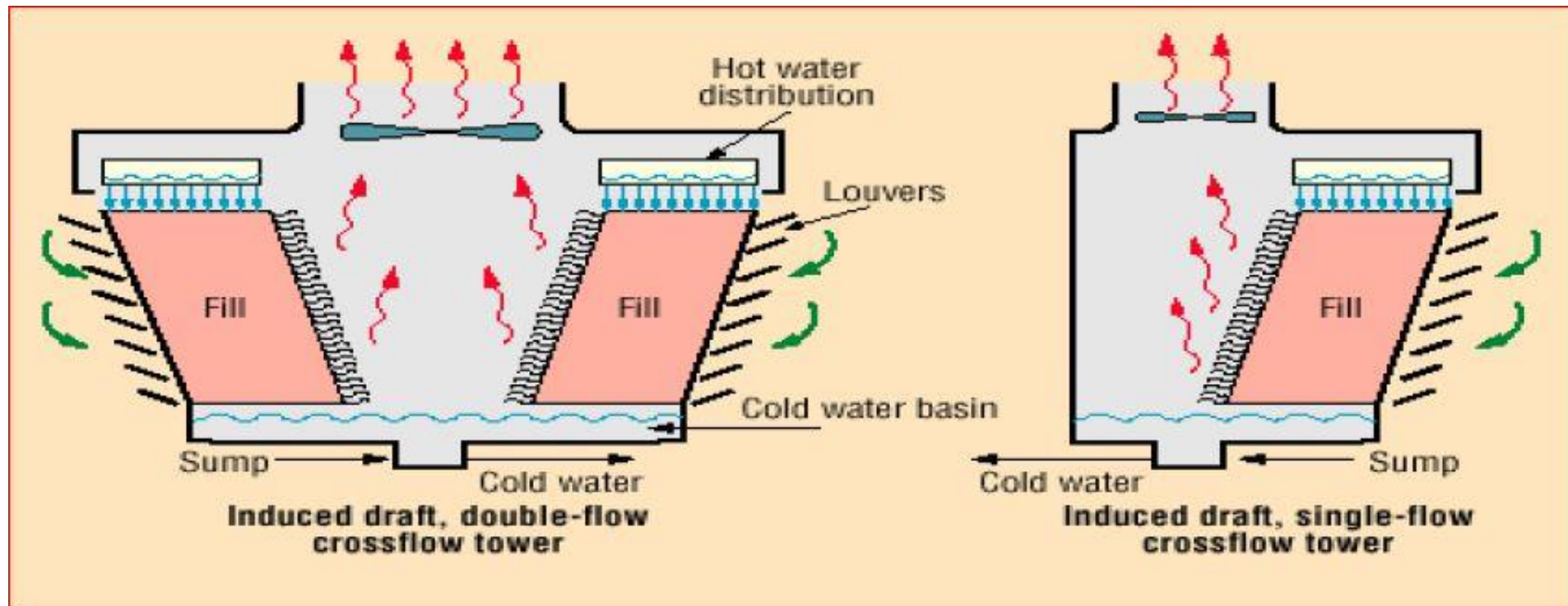


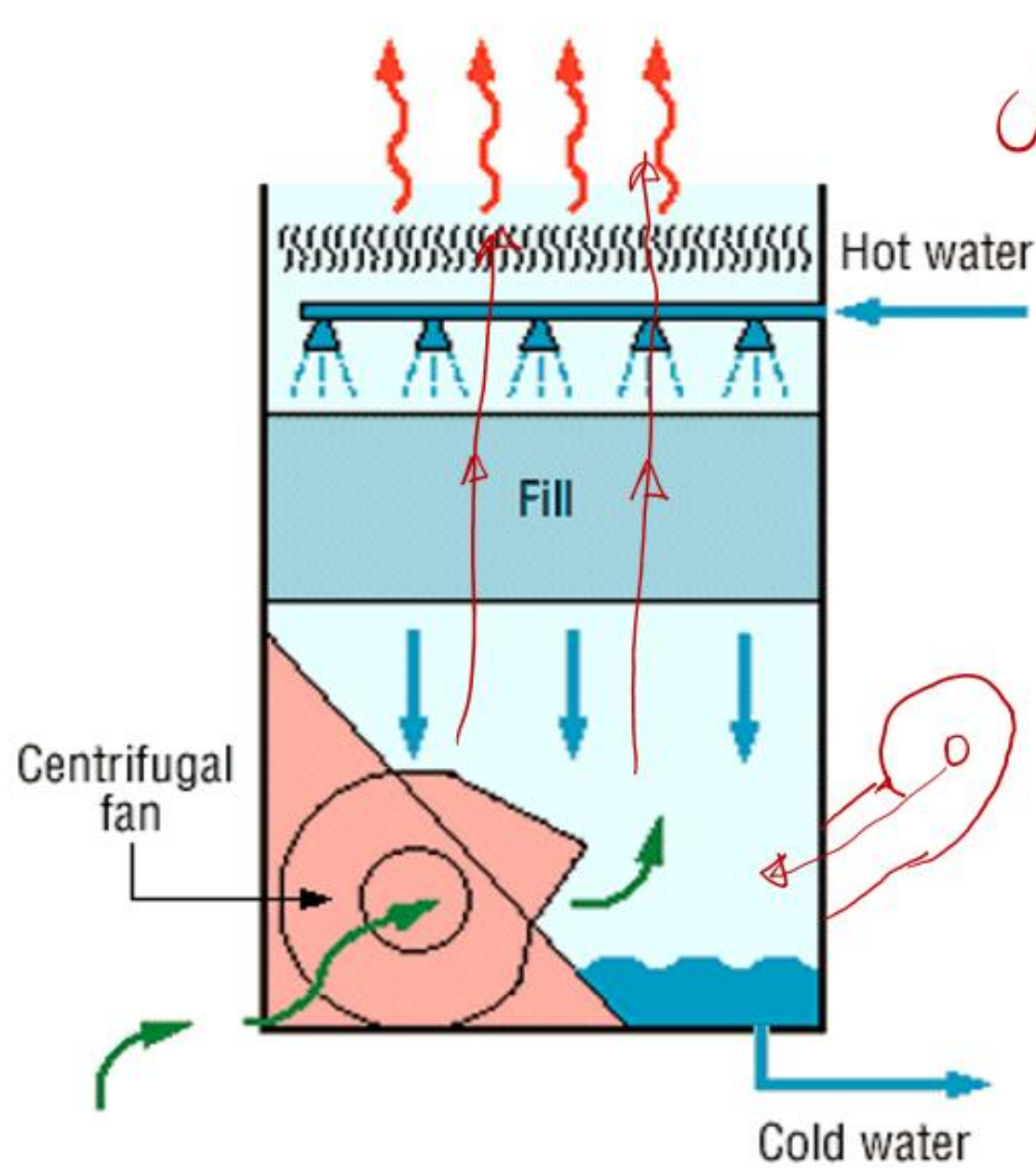
**Induced draft counterflow
tower with fill**

- ۲- مکنز - جریان متقاطع
- ارتفاع برج متوسل
- سطح هوا متوسل
- رانندگی متوسل









۲۷- دھنسی - جریا معلول

- ارتفاع کرتا ہے

- ریلوے

- ریلوے

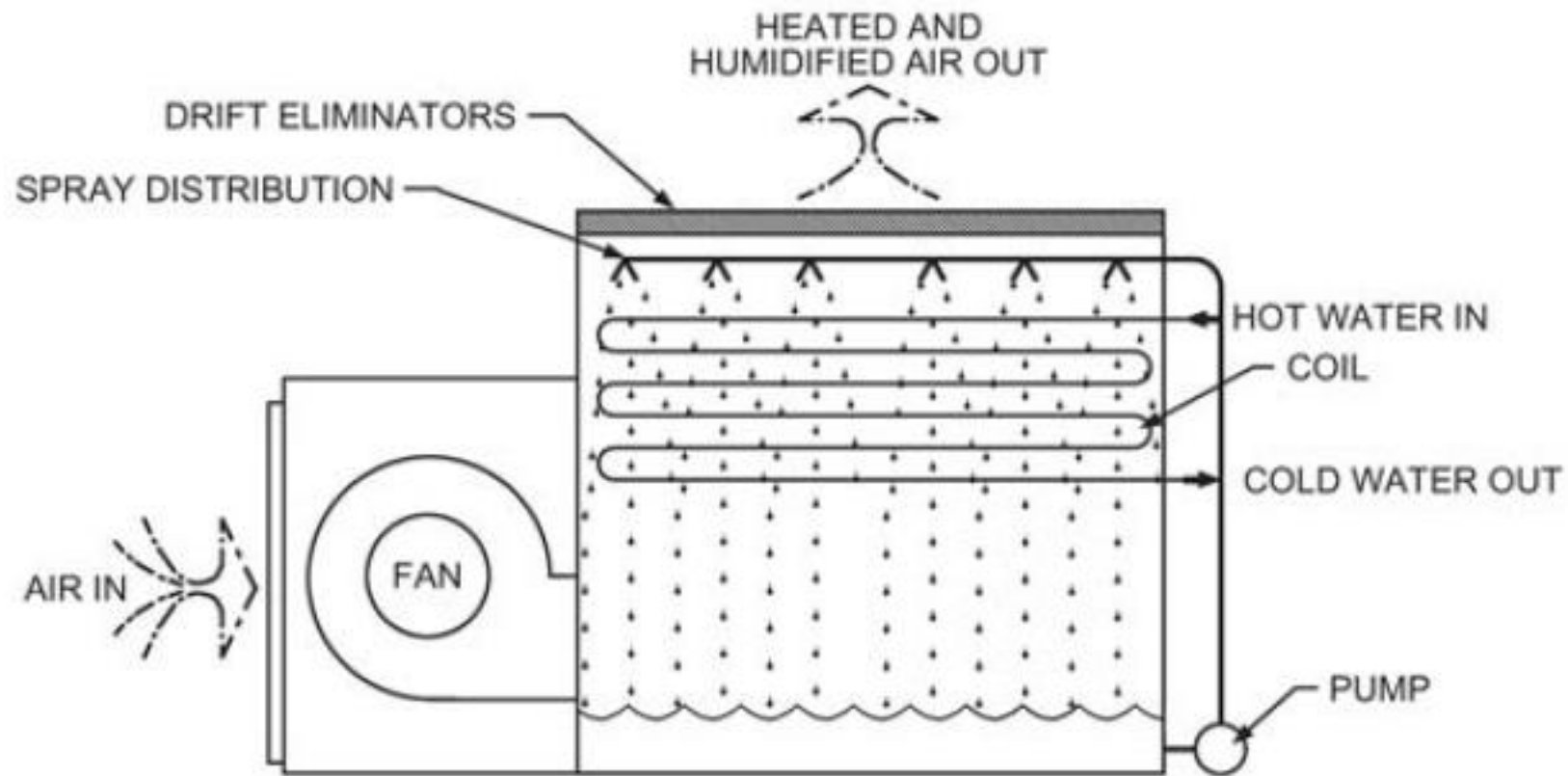
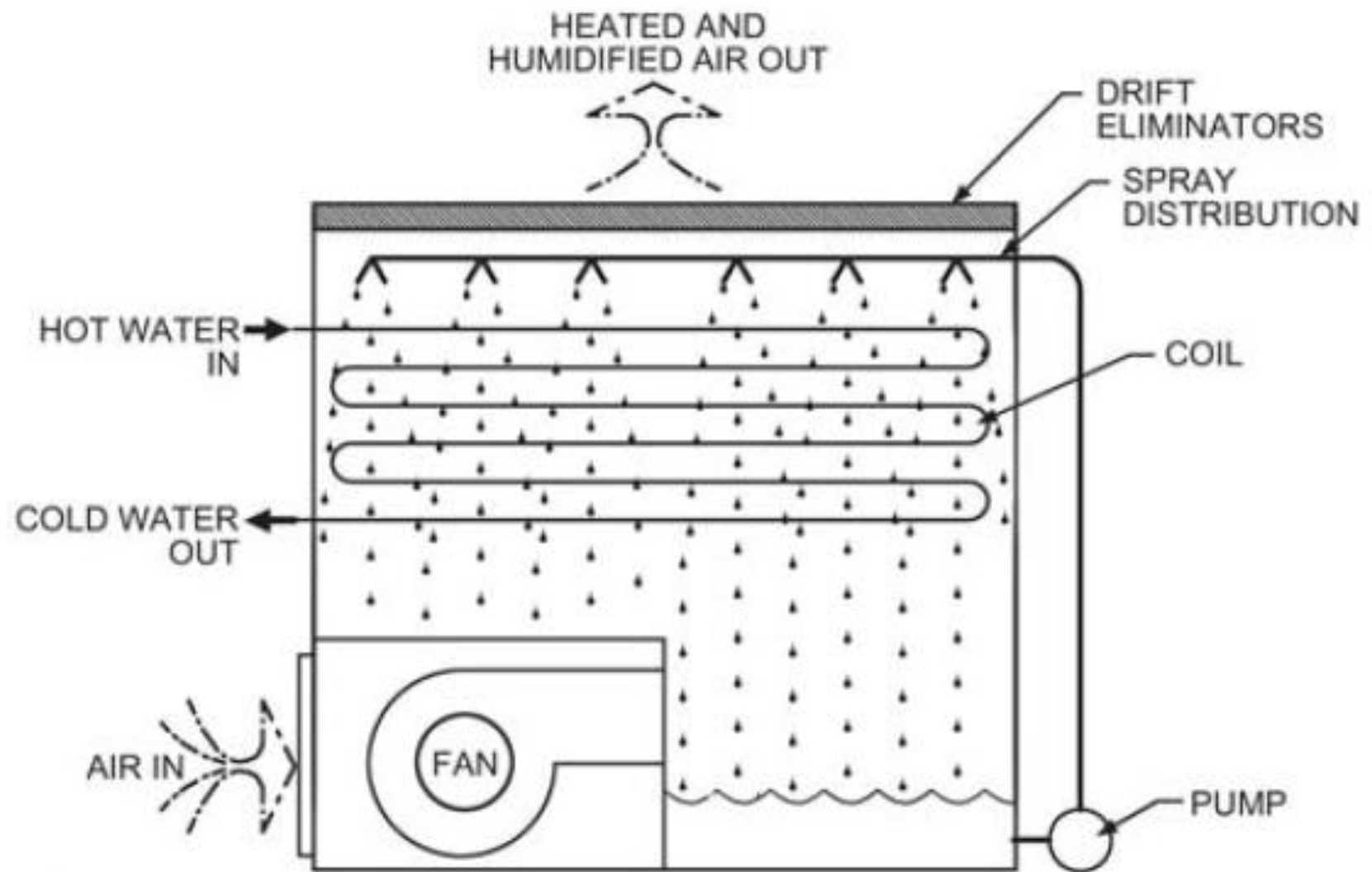


Fig. 4 Indirect-Contact or Closed-Circuit Evaporative Cooling Towers



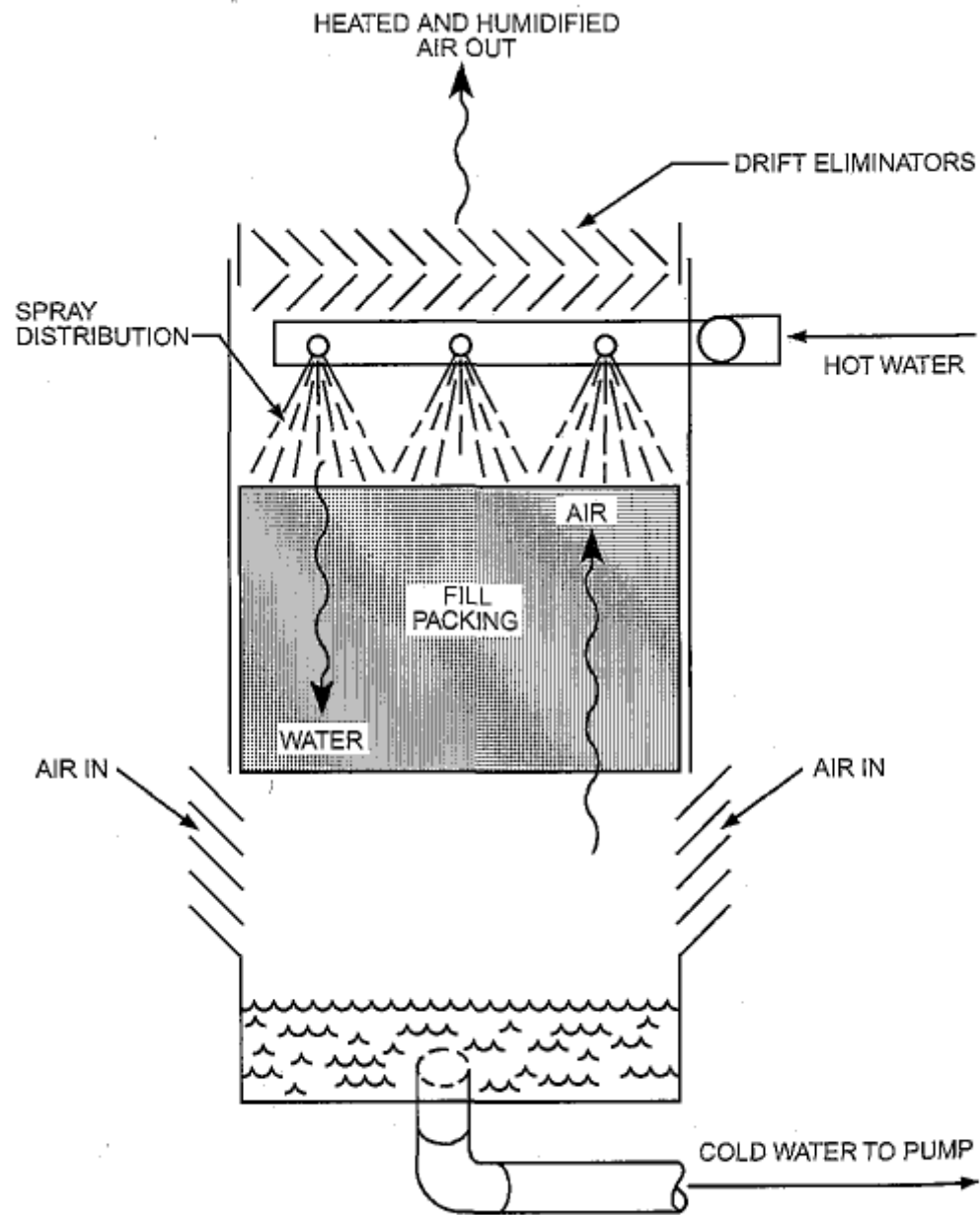


Fig. 3 Direct-Contact or Open Evaporative Cooling Tower

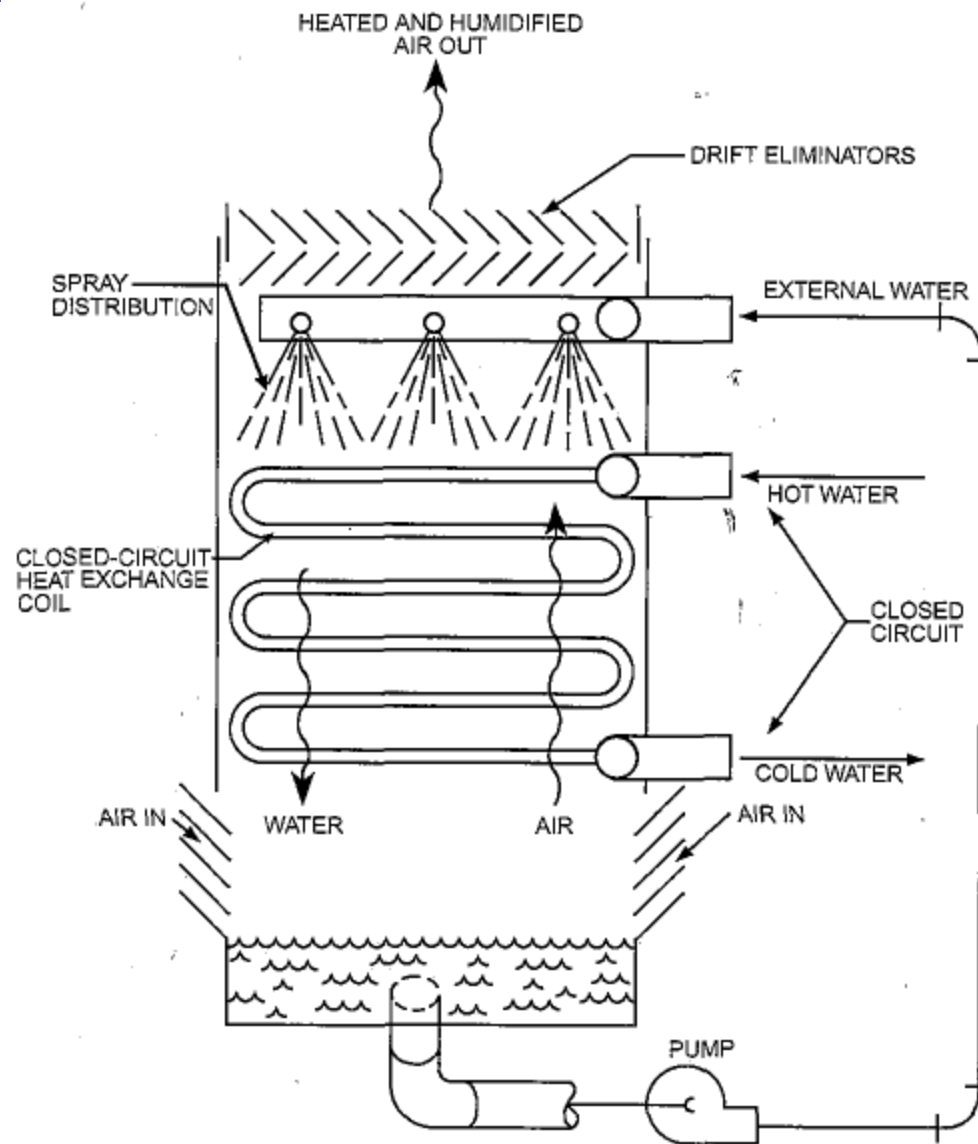


Fig. 4 Indirect-Contact or Closed-Circuit Evaporative Cooling Tower

Chimney (hyperbolic) towers have been used primarily for large power installations, but may be of generic interest (Figure 9). The heat transfer mode may be counterflow, cross-flow, or parallel flow. Air is induced through the tower by the air density differentials that exist between the lighter, heat-humidified chimney air and the outside atmosphere. Fill can be splash or film type.

Primary justification of these high first-cost products comes through reduction in auxiliary power requirements (elimination of

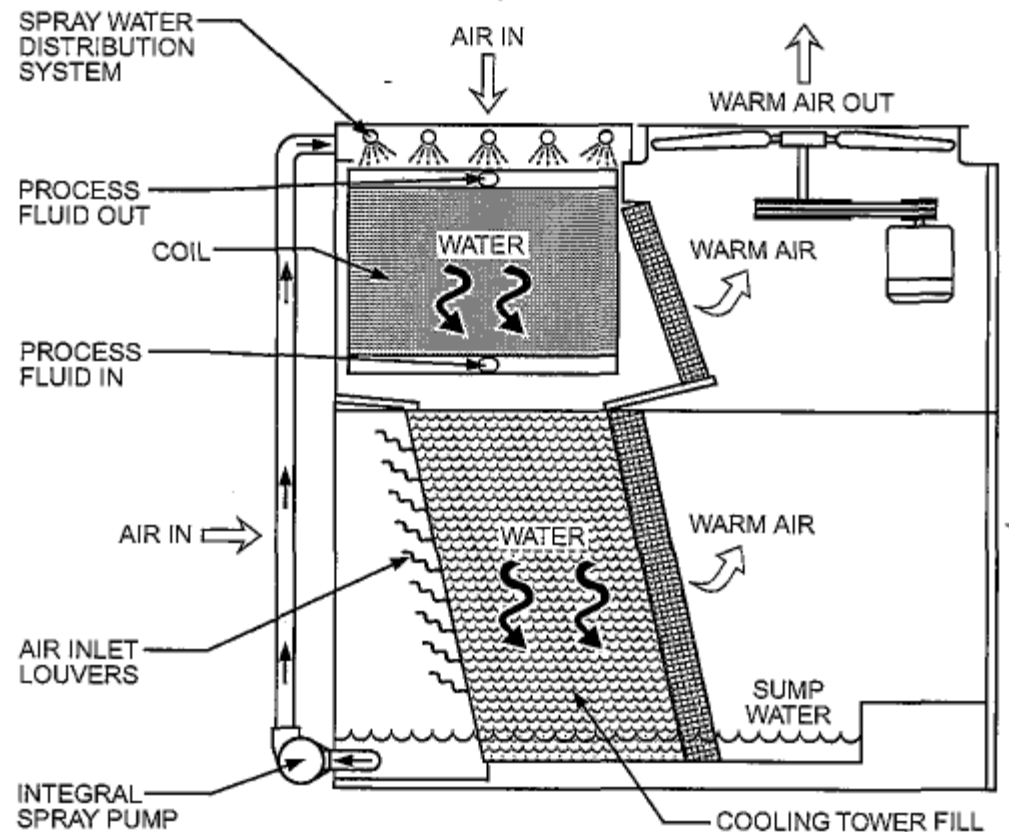
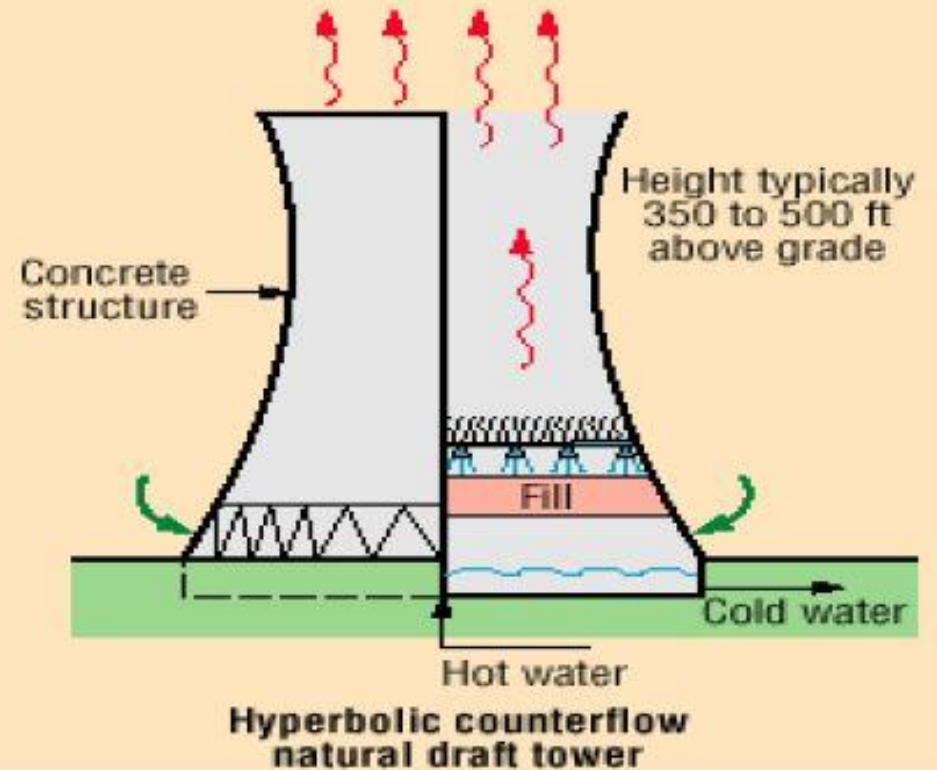
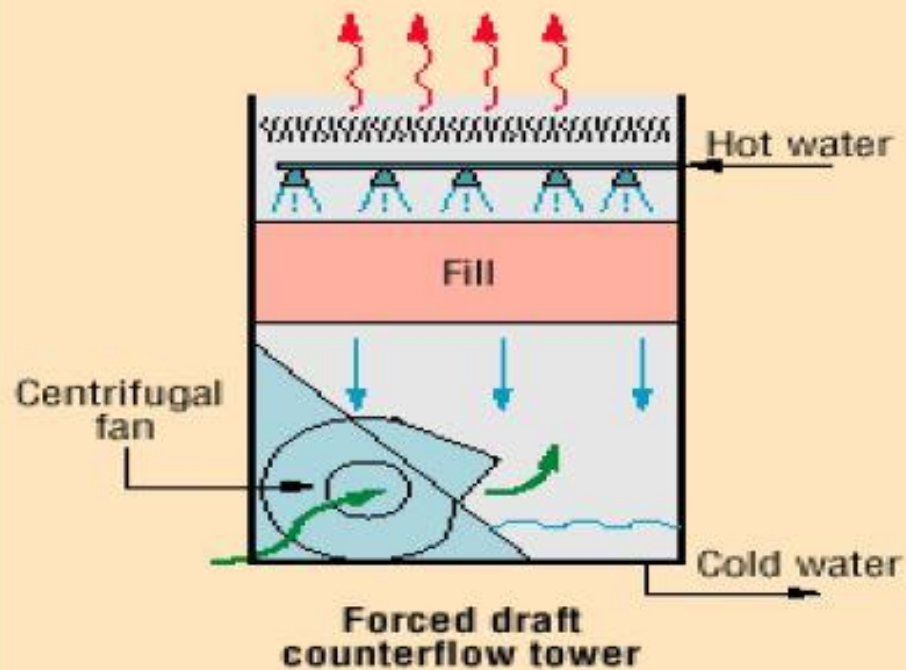
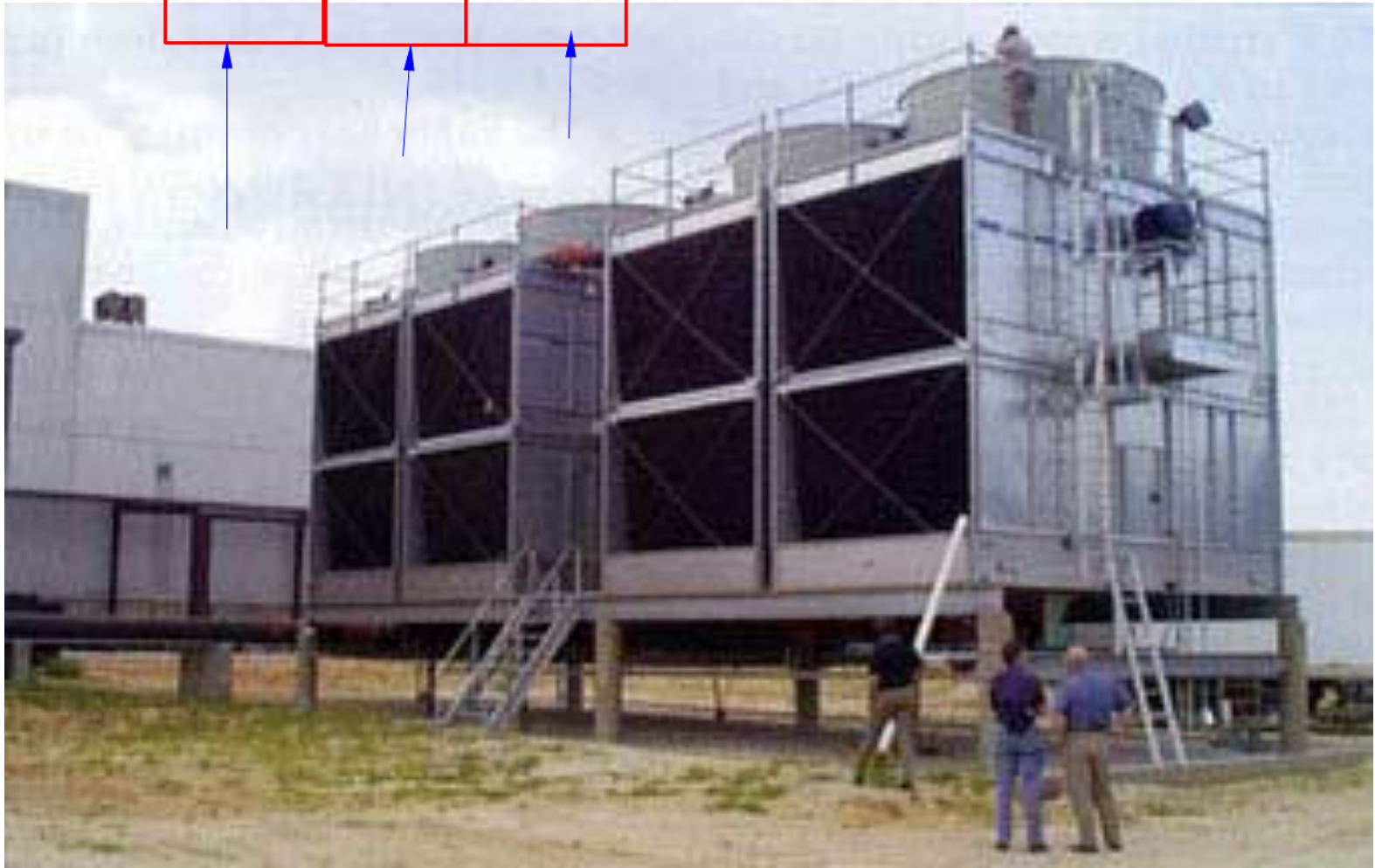


Fig. 6 Combined Flow Coil/Fill Evaporative Cooling Tower

برج خنک کن حلر



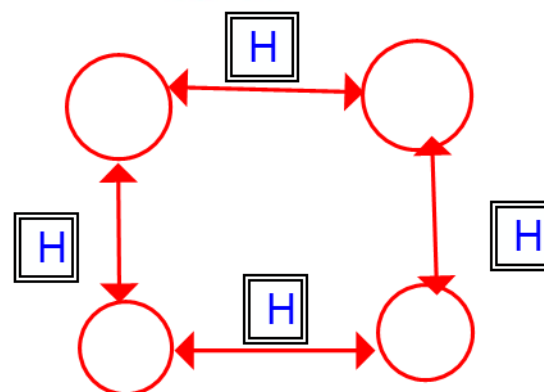




۲- سرد کننده هوا

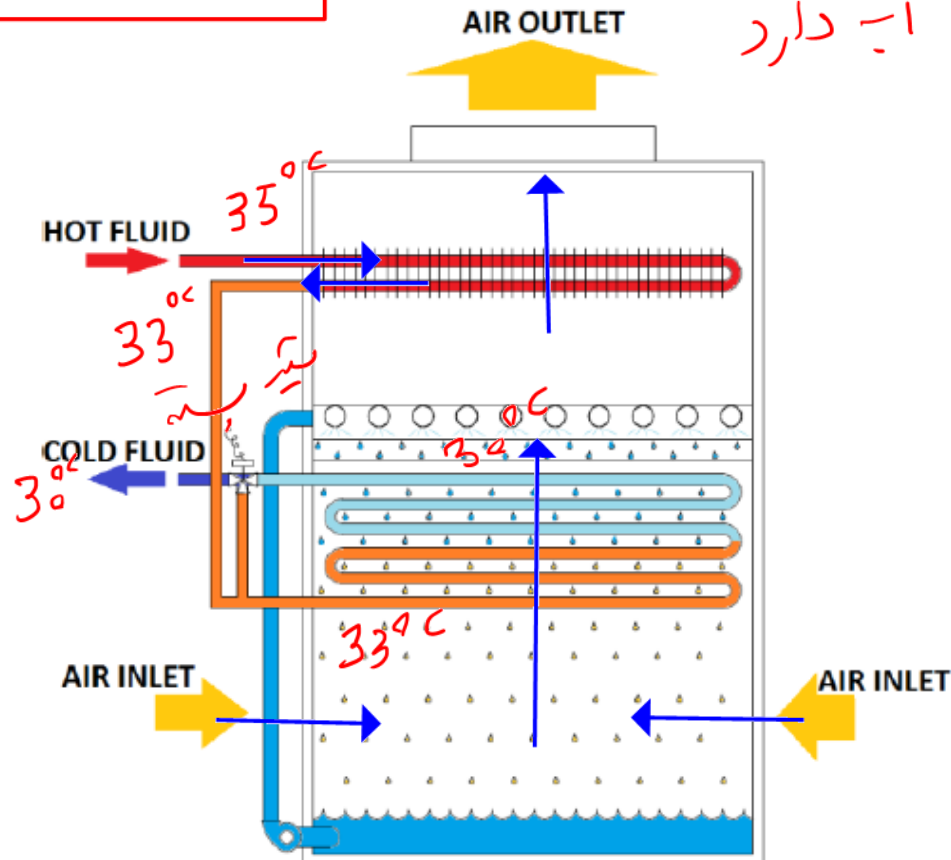


- مقایسه با انتقال حرارت
- رانندگی مکانیک دایره.



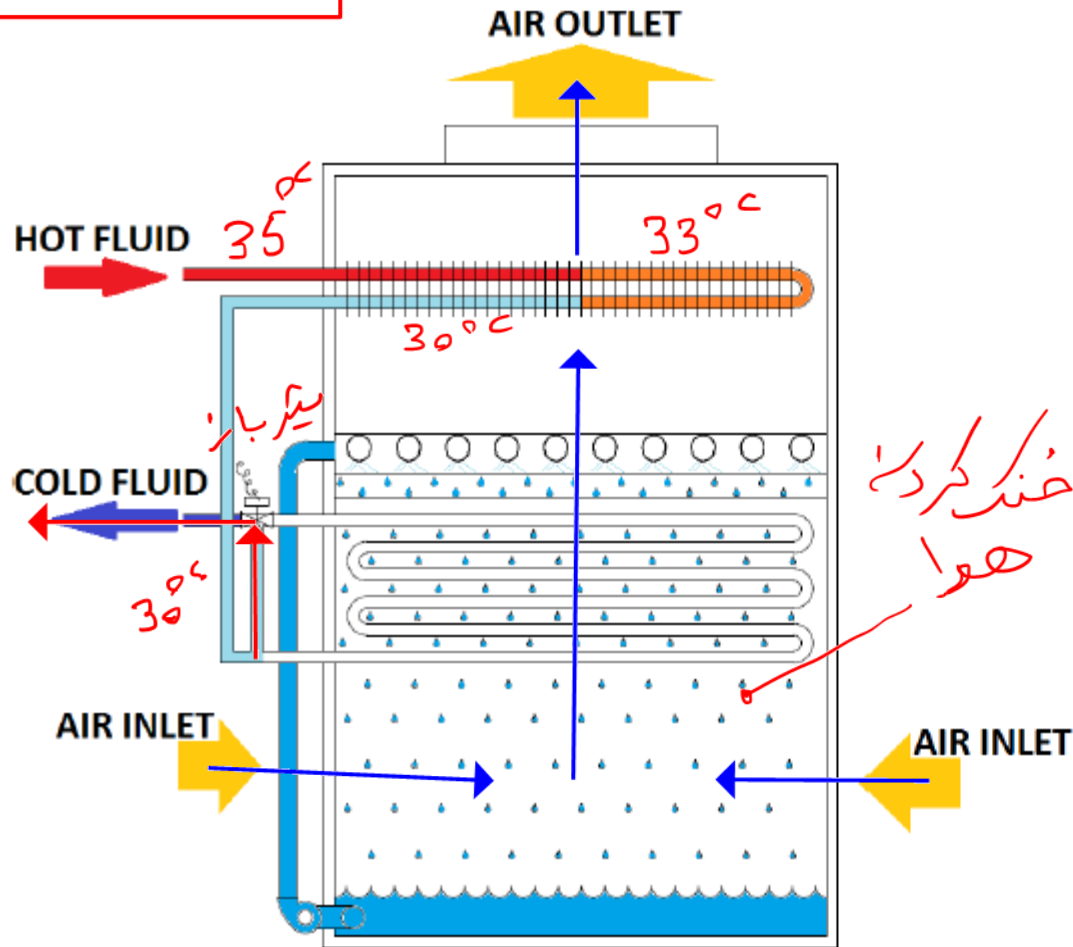
Hybrid cooling towers combine sensible, adiabatic, and evaporative cooling to reduce water and energy requirements compared to conventional cooling equipment. Water savings are achieved through different operational combinations of these cooling types. When more adiabatic, direct evaporative, or indirect evaporative cooling is used, less energy is consumed at the expense of using more water. The CNK HCT model of heat exchanger unit was designed with the purpose of providing maximum water savings, higher dry bulb switchover temperatures, while achieving plume abatement or elimination.

Dry/Wet Mode



The dry/wet mode simultaneously uses evaporative and sensible cooling when allowed by moderate temperature or load conditions. This mode meets load requirements while reducing water consumption from evaporation through increased fan energy consumption or modulating flow through the evaporative coil. It may also reduce plumes.

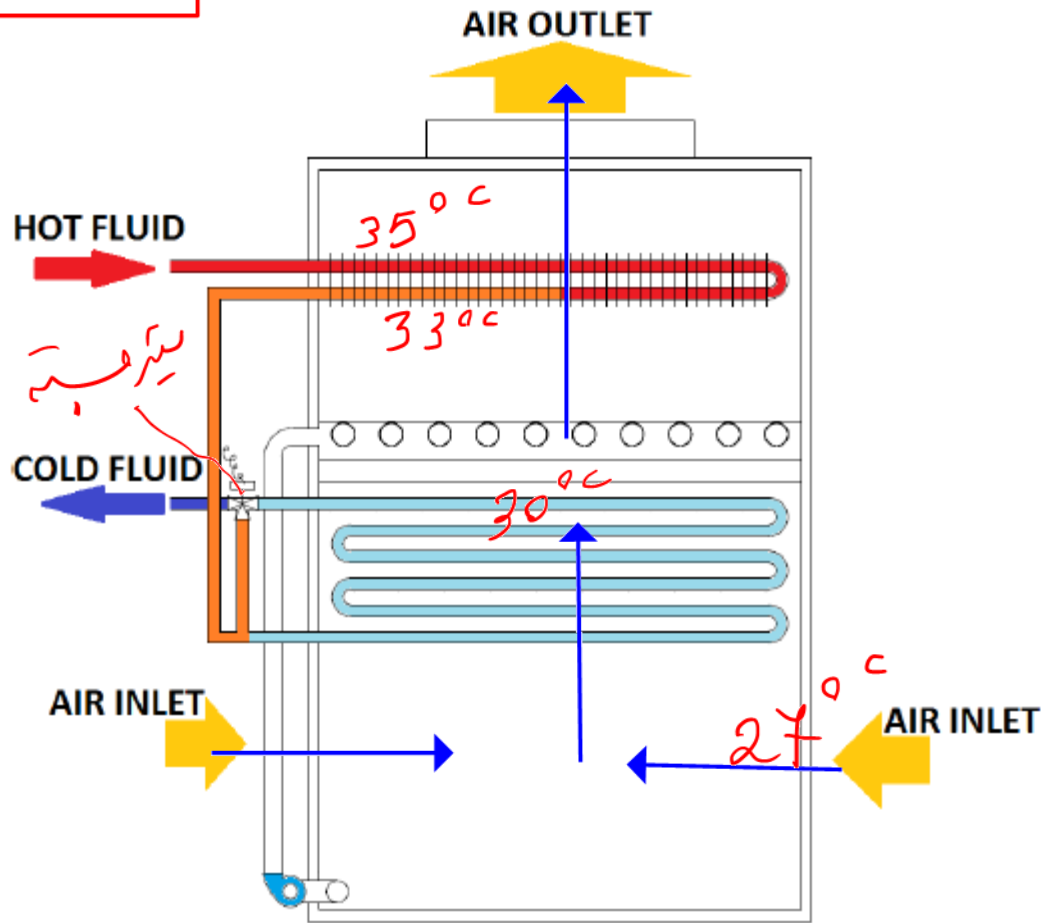
Adiabatic Mode



بارش و دی متوسط باله

This mode rejects heat through the dry coil, and the recirculating spray water merely serves to saturate and adiabatically precool incoming outdoor air. Adiabatic cooling of the incoming air results in lower air temperatures, which increases the rate of sensible heat transfer. Visible plume and water consumption are greatly reduced.

Dry Mode



سُرابط
۱- بار سردی کے سڑے
۲- دما رحیلے پائین اسے .

The dry mode uses sensible cooling when allowed by **reduced load** and/or **ambient temperatures**. This mode eliminates water consumption from evaporation while meeting load requirements through **increased fan energy**. Plume is avoided with this mode.



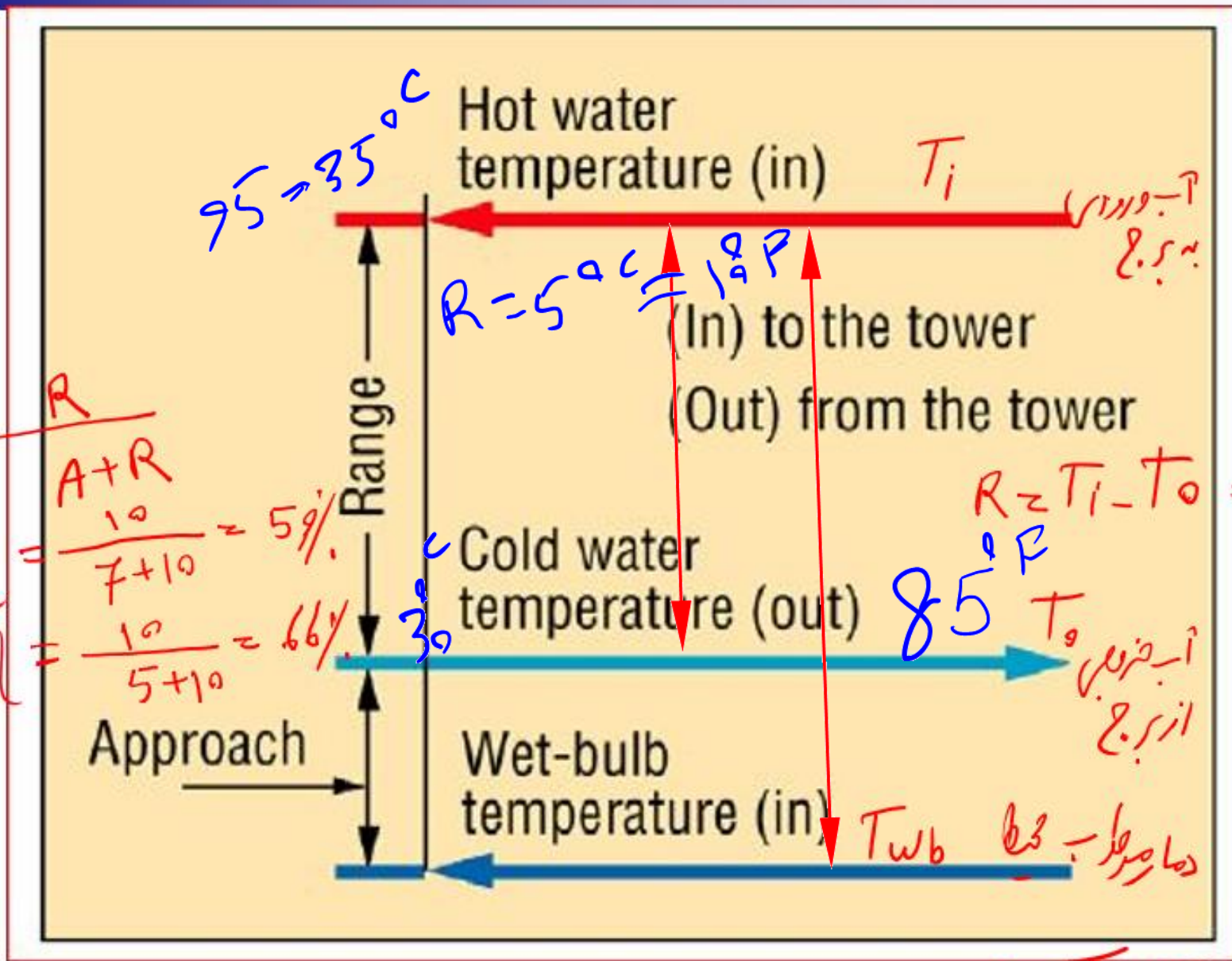
DESIGN CONDITIONS

The thermal capability of any cooling tower may be defined by the following parameters:

- Entering and leaving water temperatures
- Entering air wet-bulb or entering air wet-bulb and dry-bulb temperatures
- Water flow rate

$\eta = \frac{R}{A+R}$
 $\eta = \frac{10}{7+10} = 59\%$
 $\eta = \frac{10}{5+10} = 66\%$

آب سرد
 آب گرم



$R = T_i - T_o = 10 = 5^\circ C$
 $A = T_o - T_{wb} = 7.5^\circ F$

COOLING TOWER ABLE TO COPE WITH ALL KINDS OF TEMPERATURE

SELECTION TABLE FOR SQUARE TYPE COOLING TOWER (Model: SCC-B-K . A.AS)

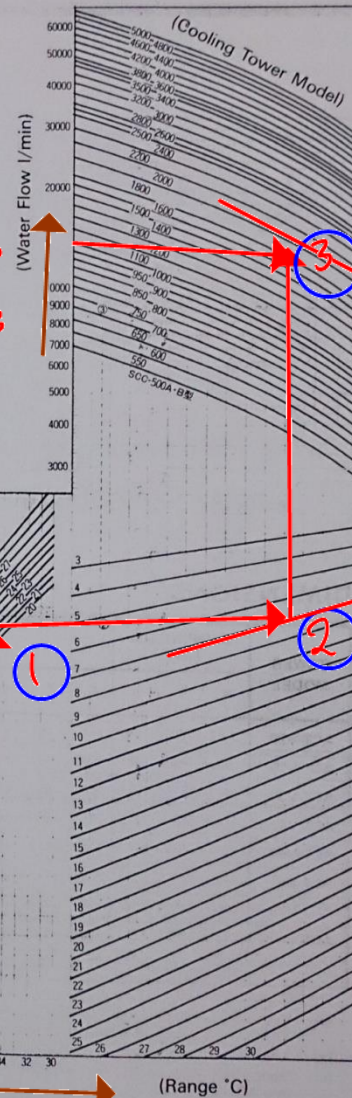
EXAMPLE

Inlet Temp..... 37°C
Outlet Temp..... 32°C
Amb Wet Bulb Temp..... 27°C
Range (Inlet, Outlet Temp. Difference)..... 5°C
Water Flow..... 507m³/hr

How to chart Selection Table

1. Seek Point 1 which is the crossing point of Inlet Temp 37°C and Amb. Wet Bulb Temp. 27°C
2. Move Point 1 horizontally to right to seek Point 2 which is the crossing point at range 5°C.
3. Move Point 2 vertically to seek Point 3, at water flow rate of 8450 l/min. *
4. Crossing Point 3 indicates the selected model which will be either SCC-K 650A-AS or B650A, AS

* $\frac{507\text{m}^3/\text{hr}}{60} \times 1000 = 8450 \text{ l/min}$



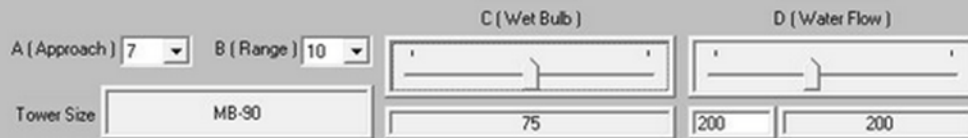
مدل برج خنک کن

دبی آب
محسوب از
بج خنک کن

دمای سرد محیط

دمای آب خروجی برج
 $R = T_{in} - T_o$
دمای آب ورودی 5.5°C

دمای آب ورودی به برج

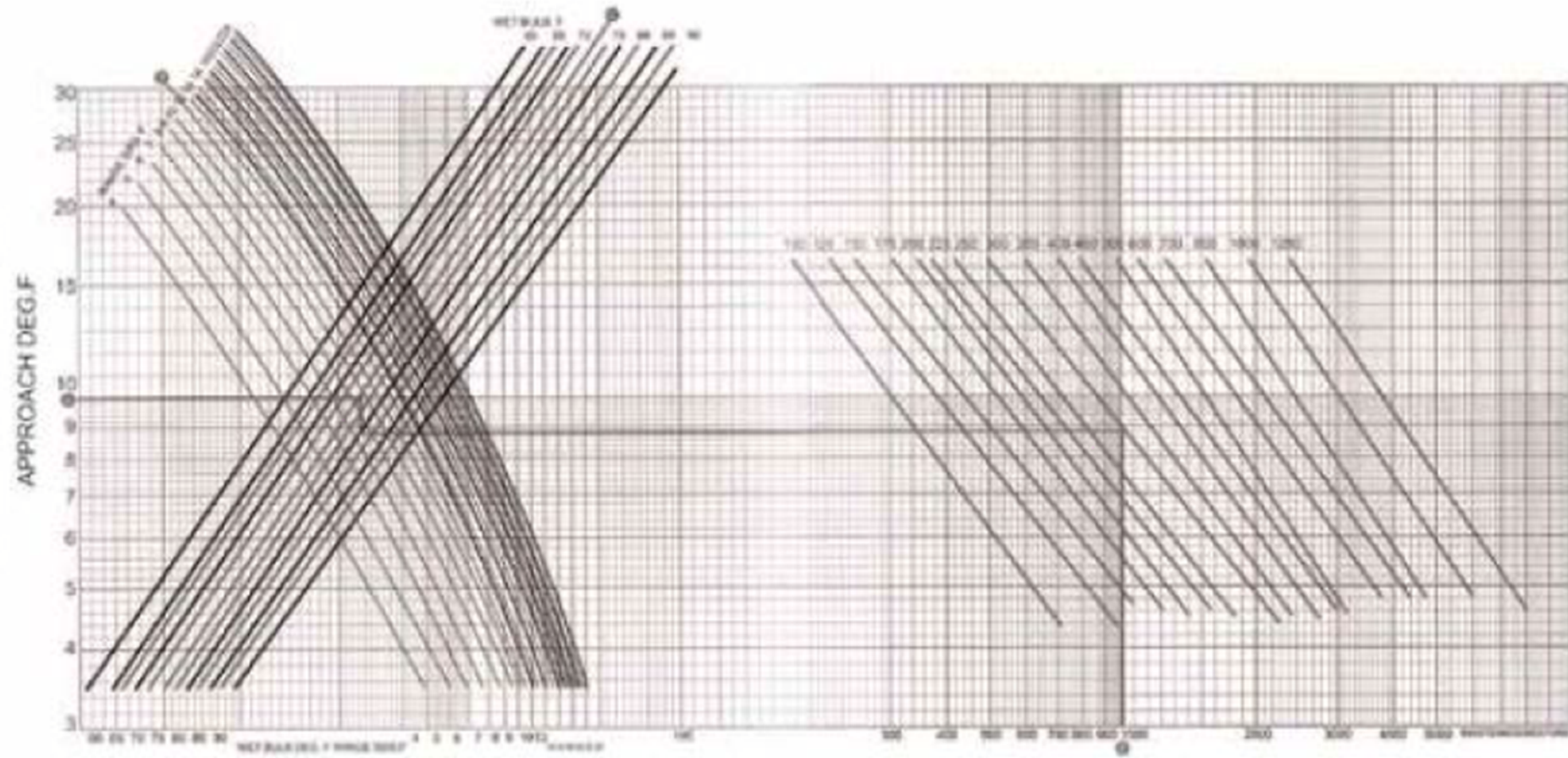


نقطه ۱ $A \in R$
نقطه ۲ T در مرز T

نقطہ ۶ { نقطہ ۷
دیس پر 2.4 gpm $\Rightarrow$

اصل پر ہے

SELECTION CHART



مدل دستگاه	مشخصات	نرخ جریان آب [L/min]		HL [m]	ابعاد [mm]				h1	وزن [Kg]		cell(s)
	ورودی [°C]	37			L	W	H	h		Dry	Operation	
	خروجی [°C]	32										
	W.B. [°C]	27	28									
SDC-U50ASY		650	559	3	2490	1350	2140	415	60	440	990	1
75ASY		975	839	3	2690	1550	2140	460	90	490	1190	1
85ASY		1105	950	3	2690	1550	2140	460	90	500	1200	1
100ASY		1300	1118	3	2990	1850	2140	270	367	580	1500	1
125ASY		1645	1415	3	2990	1850	2140	270	389	590	1510	1
150ASY		1950	1703	4	3270	1750	2770	615	389	830	2280	1
175ASY		2275	1987	4	3270	1950	2770	615	439	900	2490	1
200ASY		2600	2271	4	3570	2150	2770	645	439	1010	2900	1

بنا شده بر شرایط استاندارد برای چیلرهای سانتریفیوژ:

نرخ جریان آب: ۱۳۱ min/RT ($3900 \text{ Kcal/h} = 1 \text{ RT}$)

دمای آب خروجی: ۳۲ درجه سانتیگراد

دمای آب ورودی: ۳۷ درجه سانتیگراد

دمای حباب مرطوب: ۲۷ درجه سانتیگراد

مشخصات	فن و موتور ✱ 3Ph.200/220V 50/60Hz						سایز لوله ها [A]							شدت صدا (A) dB							
	[C] ورودی	Dia ϕ [mm]	kW	P	Drv	Amp [A]	Q'ty	In	Out	Ov	Dr	Ba	Ma	Q'ty	Fan 45" Dm	سمت لوور H=1.5m			سمت دیواره جانبی H=1.5m		
																2 m	10 m	16 m	2 m	10 m	16 m
SDC-U50ASY		1000	1.0	30 / 12	DD	12 / 12	1	100	100	40	40	25	25	1	65.0	60.0	52.5	49.0	56.0	50.0	46.5
75ASY		1200	1.5	12 / 14	DD	11.6 / 12	1	100	100	40	40	25	25	1	66.5	61.5	54.0	50.5	57.5	50.5	47.0
85ASY		1200	2.2	30 / 12	DD	12 / 17.4	1	100	100	40	40	25	25	1	67.5	62.5	55.0	51.5	58.5	51.5	48.0
100ASY		1500	2.2	4	BD	15.6 / 9.4	1	125	125	40	40	25	25	1	68.0	68.0	55.5	52.0	59.0	52.0	48.5
125ASY		1500	3.7	4	BD	16 / 14.4	1	125	125	40	40	25	25	1	69.0	64.0	56.5	53.0	60.5	53.5	50.0
150ASY		1500	3.7	4	BD	16 / 14.4	1	125	125	50	50	32	32	1	68.5	63.0	55.5	52.0	59.0	52.0	48.5
175ASY		1500	5.5	4	BD	23 / 21	1	125	125	50	50	32	32	1	69.5	64.0	56.5	53.0	60.5	54.5	51.5
200ASY		1800	5.5	4	BD	23 / 21	1	150	150	50	50	32	32	1	68.5	68.5	55.5	53.5	59.0	53.5	51.5
225ASY		2100	5.5	4	BD	23 / 21	1	150	150	50	50	32	32	1	69.0	64.5	55.5	54.0	59.5	53.5	52.0

تخمین مقدار هوای برج خنک کن :

دبی هوای برج به ازای هر GPM تقریباً 90 تا 100 CFM در نظر گرفته می شود.

مقدار آب جبرانی برج خنک کن :

0.2 الی 0.3 لیتر در دقیقه

تخلیه برج خنک کن :

0.4 الی 0.6 لیتر در دقیقه

توان الکتریکی برج خنک کن :

0.035 الی 0.040 کیلووات به ازای هر تن تبرید

ظرفیت برج خنک کن :

الف) برای چیلر تراکمی : 3GPM به ازای هر تن تبرید. (این مقدار برابر دبی آب کندانسور است).

ب) برای چیلر جذبی : 3.5 GPM به ازای هر تن تبرید. (این مقدار برابر دبی آب کندانسور است).

دبی هوا : 300 CFM به ازای هر تن تبرید.

توان فن در حالت مکشی : 0.014 KW به ازای هر تن تبرید.

توان فن در حالت دهشی : 0.03 KW به ازای هر تن تبرید.

فضای مورد نیاز برج خنک کن :

الف) برج هایی با ارتفاع 2.5 متر به ازای هر تن تبرید نیازمند سطحی به اندازه 0.1 متر مربع به

ازای هر 50 متر مربع زیر بنای مفید ساختمان هستند.

ب) برج هایی با ارتفاع بلندتر از 2.5 متر به ازای هر تن تبرید نیازمند سطحی به اندازه 0.12 متر

مربع به ازای هر 50 متر مربع زیر بنای مفید ساختمان هستند.

۴- برج خنک کننده :

استفاده صحیح از برج های خنک کننده در صورتی امکان پذیر است که در شرایطی که برای آن ساخته شده است کار نماید. در شرایط استاندارد دبی آب در گردش در برج خنک کننده برابر با 3 گالن بر دقیقه به ازای هر تن برودتی واقعی چیلر خواهد بود. این شرایط استاندارد

برای برج های خنک کننده در دو حالت زیر است :

۱- دمای آب ورودی به برج 92°F و دمای آب خروجی از برج 82°F و دمای مرطوب محیط محل کار برج 70°F باشد.

۲- دمای آب ورودی به برج 95°F ، دمای آب خروجی از برج 85°F و دمای مرطوب محیط محل کار برج 74°F باشد.

در شرایطی غیر از دو حالت فوق باید ظرفیت بدست آمده برای برج خنک کننده (دبی آب در گردش آن) به ضریب تصحیحی که از جدول زیر بدست می آید تقسیم شود تا ظرفیت مناسب برج بدست آید :

Temperatures °F			
Hot Water	Cold Water	Wet Bulb	Capacity Factor
90	80	70	0.85
92	82	70	1.00
95	85	70	1.24
90	80	72	0.74
92	82	72	0.88
95	85	72	1.12
95	85	74	1.00
95	85	76	0.88
95	85	78	0.75
95	85	80	0.62

$A \downarrow \Rightarrow V_r \uparrow \Rightarrow \uparrow$ اندازه ی 2

- پس از محاسبه ظرفیت صحیح و مناسب برای برج در شرایط کاری پروژه، سایر مشخصات آن را می توان از جدول زیر بدست آورد:

NOMINAL WATER FLOW	MOTOR POWER	FAN		PUMP HEAD	DIMENSIONS		WEIGHT (KG)			
					(m)		STANDARD TYPE		LOW NOISE TYPE	
		DIA	NOMINAL AIRFLOW							
(GPM)	(HP)	(m)	(CFM)	(m)	HEIGHT	DIA	DRY	OPER	DRY	OPER
28	1/4	0.6	3000	1.3	1.4	0.93	52	120	54	122
35	1/4	0.6	3180	1.3	1.63	0.93	56	138	58	142
53	1/2	0.8	6360	1.6	1.68	1.17	83	218	85	220
71	1/2	0.8	7000	1.6	1.78	1.38	110	264	113	268
88	1/2	0.8	7770	1.8	2.02	1.38	115	329	118	332
105	1	0.9	8480	2	1.89	1.63	160	363	164	367
141	1	0.9	9410	2	2	1.78	171	410	175	414
176	1 1/2	0.9	11300	2.2	2.34	1.87	215	515	219	519
212	2	1.2	14500	2.5	2.37	1.99	399	708	405	714
282	2	1.2	17100	2.5	2.48	2.1	431	792	437	798
318	2	1.2	21800	3.1	2.35	2.59	459	854	471	864
352	2	1.2	24100	3.1	2.57	2.59	519	943	529	953
442	3	1.5	27500	3.5	2.38	2.95	629	1053	644	1068
528	5	1.5	29700	3.5	2.62	2.95	789	1468	804	1483
618	5	1.8	32900	3.8	2.62	3.33	874	1553	890	1569
705	5	1.8	47100	4.4	2.92	3.71	1342	3043	1360	3060
795	7 1/2	1.8	57100	4.4	3.15	3.71	1462	3162	1480	3180
880	7 1/2	2.4	66500	4.7	3.66	4.39	1657	3357	1679	3379
1050	7 1/2	2.4	76900	4.7	3.28	4.39	1766	3473	1788	3494
1230	10	2.4	83500	5	3.45	4.85	1861	3861	1885	3885
1410	15	2.4	90700	5	3.68	4.85	2305	4305	2329	4329
1580	15	3	106500	5.3	4.04	5.51	2535	5818	2565	5848
1770	15	3	119500	5.3	4.27	5.51	2590	7155	2619	7185
2120	15	3.3	139500	5.6	4.6	6.53	3493	10588	3524	10619
2460	20	3.3	171000	5.6	4.83	6.53	3652	10747	3684	10779
2830	25	3.6	197100	6.2	5	7.59	5229	12808	5264	12843
3520	30	3.6	217700	6.2	5.23	7.59	5449	13247	5483	13282
4400	30	4.2	2707700	6.5	5.56	8.79	6476	15458	6516	15497

- در صورتی که قطر لوله مدار رفت و برگشت برج بیشتر از 4 اینچ باشد باید از لوله های فولادی سیاه با وزن استاندارد استفاده شود. قطر لوله های مدار رفت و برگشت برج براساس مقدار دبی آب آن از جدول زیر بدست می آید:

Allowable Flow Rates For Cooling Tower Piping Standard Weight Steel pipe			
GPM	Pump discharge Piping	Pump suction Piping	TONS
0 - 6	1"	1 1/4"	0 - 2
7 - 15	1 1/4"	1 1/2"	2 - 5
16 - 40	1 1/2"	2"	5 - 7
22 - 39	2"	2 1/2"	7 - 13
40 - 66	2 1/2"	3"	13 - 22
67 - 120	3"	3 1/2"	22 - 40
121 - 165	3 1/2"	4"	40 - 55
166 - 210	4"	5"	55 - 70
211 - 360	5"	6"	70 - 120
361 - 600	6"	8"	120 - 200
601 - 900	8"	10"	200 - 300
901 - 1500	10"	12"	300 - 500
1501 - 2100	12"	14"	500 - 700
2101 - 2700	14"	16"	700 - 900
2701 - 3300	16"	18"	900 - 1100
3301 - 4500	18"	20"	1100 - 1500
4501 - 5400	20"	24"	1500 - 1800
5401 - 7800	24"	30"	1800 - 2600
Check amount of head available to make water flow from sump of cooling tower to suction of pump. Cooling tower sump must always be above condenser water pump.			

قطر لوله قبل از پمپ

قطر لوله بعد از پمپ
درجه ۱ - مجرای از برج
خنک کننده

ظرفیت واقعی
سیلندر و آب
تن تبرید

آب-کنده + قطره‌ریز + آب-بخار شده = آب-جبرانی برگ فنر
Bleed off

- درجه حرارت آب خروجی از برج خنک کننده حدود 7 تا 10°F بیشتر از درجه حرارت مرطوب محیط است.

- مقدار آب جبرانی برج خنک کننده (Make-up) درصد آب کل در گردش برج است.

مثال: درجه حرارت $T_R = 100$ و مقدار آب $Q = 1000$ گالون در دقیقه. آب-جبرانی در هر سیکل این چیلر چقدر است؟
پ- چیلر مزین با آب:

$$\dot{V} \approx 3 \times TR_c = 3 \times 100 = 300 \text{ gpm} \quad \text{تألیف (اب)}$$

$$\dot{V}_f = \frac{1.5}{100} \times 300 = 4.5 \text{ gpm} \Rightarrow \text{gpd} = 4.5 \times 24 \times 60 = 6480 \text{ gpd}$$

$$\dot{V}_f = 6480 \times 3.78 = 24495 \approx 25000 \text{ Lit} = 25 \text{ m}^3/\text{day}$$

$$\dot{V} = 4.5 \times TR_c = 4.5 \times 100 = 450 \text{ gpm} \quad \text{جای آب}$$

$$\dot{V}_f = \frac{1.5}{100} \times 450 = 6.75 \text{ gpm} \Rightarrow \text{gpd} = 6.75 \times 24 \times 60 = 9270 \text{ gpd}$$

$$\dot{V}_f = 9270 \times 3.78 = 36741 \text{ Lit/day} = 36.7 \text{ m}^3/\text{day}$$

DESIGNING THE INSTALLATION OF THE CEMENT ASBESTOS CASING, WOOD FILL, PROPELLER FAN, COOLING TOWER

1. **GENERAL** – PROPELLER FAN TOWERS OF THE DRAW-THROUGH TYPE ARE CHARACTERIZED BY THEIR LOW OPERATING HORSEPOWER. THEY ARE IDEAL FOR OUTDOOR INSTALLATIONS WHERE NOISE LEVELS ARE NOT A SIGNIFICANT FACTOR.
2. **SELECTION** – COOLING TOWER SELECTION IS DEPENDENT UPON FOUR VARIABLES: (1) GALLONS OF WATER PER MINUTE TO BE COOLED; (2) ENTERING WATER TEMPERATURE; (3) LEAVING WATER TEMPERATURE; AND (4) WET BULB TEMPERATURE OF THE AIR ENTERING THE TOWER. SELECTION SHOULD BE BASED ON MAXIMUM LOAD CONDITIONS. THE FLOW RATE (GPM), ENTERING WATER TEMPERATURE, AND LEAVING WATER TEMPERATURE, ARE ESTABLISHED BY THE SELECTION OF THE REFRIGERATION PLANT. THE WET BULB TEMPERATURE IS FOUND IN THE ASHRAE GUIDE AND DATA BOOK FOR EACH LOCALITY.

THE INDUSTRY HAS ESTABLISHED A COOLING TOWER "TON" AS BEING EQUIVALENT TO 15,000 BTU/HR OF HEAT REJECTION. THIS INCLUDES THE 12,000 BTU/HR REPRESENTING A TON OF REFRIGERATION EFFECT PLUS THE HEAT ADDED BY THE REFRIGERATION MACHINE IN THE CYCLE. STANDARD CONDITIONS FOR RATING COOLING TOWER PERFORMANCE IN TERMS OF "NOMINAL TONS" ARE: 3 GPM OF WATER BEING COOLED FROM 95 DEGREES F TO 85 DEGREES F AT 78 DEGREES F WET BULB TEMPERATURE.

$$\frac{3 \text{ GAL.}}{\text{MIN.}} \times \frac{(8.33 \text{ LBS.})}{(\text{GAL.})} \times \frac{60 \text{ MIN.}}{\text{HR.}} \times \frac{1.0 \text{ BTU}}{\text{LB.} - ^\circ\text{F}} \times 10^\circ \text{ RANGE} = \frac{15,000 \text{ BTU}}{\text{HR.}} = 1 \text{ TON}$$

ON ABSORPTION UNIT APPLICATIONS, APPROXIMATE COOLING TOWER REQUIREMENTS ARE: 3.6 GPM/TON OF WATER TO BE COOLED FROM 103 DEGREES F TO 85 DEGREES F AT 78 DEGREES F WET BULB TEMPERATURE. REFER TO ABSORPTION UNIT MANUFACTURER CATALOG FOR SPECIFIC REQUIREMENTS. THE COOLING TOWER SELECTION SHOULD BE MADE FROM THE MANUFACTURER'S CATALOG.

3. CAPACITY CONTROL –

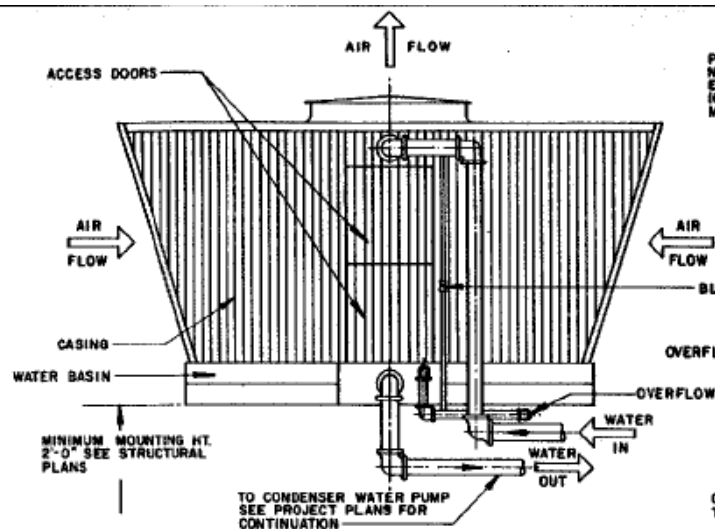
- A. TWO-SPEED MOTORS – PROVIDE A “STEP” TYPE CONTROL. WITH THIS METHOD, THE TEMPERATURE SENSING DEVICE CYCLES THE MOTORS THROUGH THE HIGH, LOW, OR OFF POSITIONS. THERE IS THE ADDED ADVANTAGE OF HORSEPOWER SAVINGS AT REDUCED LOAD. SINCE FAN HORSEPOWER VARIES AS THE CUBE OF FAN SPEED, APPROXIMATELY ONE-EIGHTH FULL LOAD BHP IS REQUIRED AT HALF-SPEED.**
- B. FAN CYCLING IS ANOTHER METHOD OF CAPACITY CONTROL. THE TEMPERATURE SENSING ELEMENT CYCLES THE FAN MOTORS ON – OFF. CONTROL ACCURACY INCREASES ON MULTIPLE FAN TOWERS.**

- 4. WINTER OPERATION – COOLING TOWERS OPERATED WITH WET BULB TEMPERATURES BELOW 32 DEGREES F OR IDLE WHEN THE AIR DRY BULB TEMPERATURE MAY DROP BELOW 32 DEGREES F, MUST BE PROTECTED FROM FREEZING. FREEZE-UP PROTECTION FOR TOWERS CAN BE OBTAINED BY USE OF A REMOTE SUMP LOCATED IN A HEATED SPACE, OR BY PLACING STEAM COILS OR IMMERSION HEATERS IN THE TOWER PAN AND IN INSULATING THE OUTSIDE OF THE PAN. THE REMOTE SUMP SHOULD BE SIZED TO HOLD THE COMPLETE VOLUME OF WATER IN THE OPERATING TOWER AND INTER-CONNECTING PIPING. HEATERS IN THE PAN SECTION (THESE MAY BE ELECTRIC, HOT WATER OR STEAM TYPE) ARE SIZED TO MAINTAIN 40 DEGREES F WATER TEMPERATURE AT WINTER**

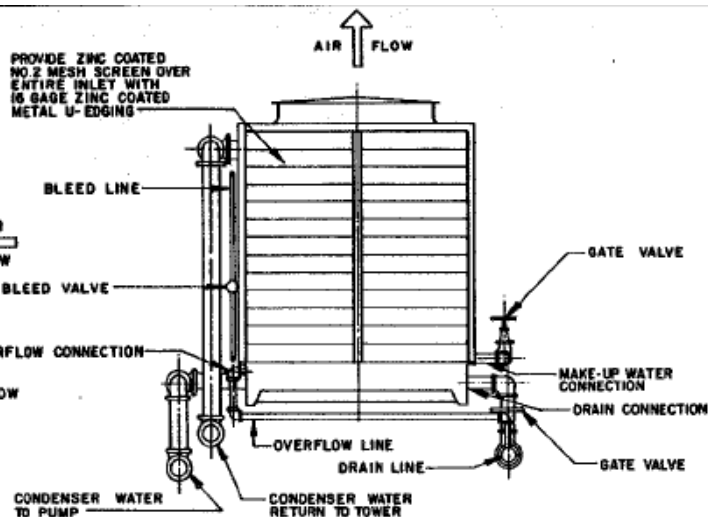
DESIGN CONDITIONS. EXPOSED WATER LINES SUSCEPTIBLE TO FREEZE-UP SHOULD BE PROTECTED. INDOOR COOLING TOWERS LOCATED IN HEATED SPACES SHOULD BE PROVIDED WITH SHUT-OFF DAMPERS IN LOUVERED WALL INTAKE AND DISCHARGE OPENING TO CLOSE OFF OUTSIDE AIR WHEN THE UNIT IS IDLE.

- 5. WATER TREATMENT – WATER TREATMENT AND CONDENSING SYSTEM LIFE ARE INTERDEPENDENT. PROPER WATER TREATMENT DEPENDS UPON THE CONDITION OF THE AIR AND WATER AT THE TOWER LOCATION. AN EXPERIENCED COMPANY SHOULD BE CONSULTED FOR RECOMMENDATIONS FOR PROPER WATER TREATMENT.**

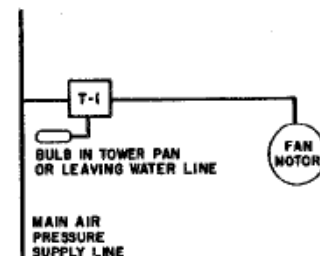
6. BLEED OFF AND MAKE-UP WATER – COOLING TOWERS EVAPORATE APPROXIMATELY TWO GALLONS OF WATER PER HOUR PER TON. IF ONLY THIS AMOUNT IS REPLACED, THE CONCENTRATION OF IMPURITIES WILL SOON HAVE A HARMFUL EFFECT ON THE TOWER. TO PREVENT THIS, AN ADDITIONAL TWO GALLONS PER HOUR PER TON SHOULD BE BLED OFF FROM THE UNIT. THE MAKE-UP WATER REQUIRED IS FOUR GALLONS PER HOUR PER TON OR APPROXIMATELY 2.5% OF THE TOTAL WATER CIRCULATED.
7. LOCATION – LOCATION IS A PRIME FACTOR FOR CONSIDERATION. ARCHITECTURAL COMPATIBILITY AND STRUCTURAL LOADINGS ARE OBVIOUS AREAS FOR COORDINATION. OTHERS, NOT SO OBVIOUS, ARE:
- A. NOISE CRITERIA – NOISE CODES HAVE BEEN ENACTED IN SOME CITIES AND SOUND LEVELS ARE OFTEN REQUIRED IN SPECIFICATIONS. CONSULT TOWER MANUFACTURERS FOR OCTAVE BAND SOUND PRESSURE RATINGS OF THE TOWER AND FOR ASSISTANCE IN SOUND EVALUATIONS.
 - B. COOLING TOWER FANS HANDLE LARGE QUANTITIES OF AIR AND THEIR INTAKES AND DISCHARGES SHOULD RECEIVE THE SAME CONSIDERATION AS ANY OTHER FAN. SUFFICIENT FREE AND UN-OBSTRUCTED SPACE SHOULD BE PROVIDED AROUND THE UNIT TO ENSURE ADEQUATE AIR SUPPLY. THE POSSIBILITY OF AIR RECIRCULATION, WHICH REDUCES TOWER CAPACITY, SHOULD BE CAREFULLY CONSIDERED IF THE TOWER IS TO BE INSTALLED NEAR WALLS OR IN ENCLOSURES.
 - C. AVOID LOCATIONS NEAR OR DOWN WIND OF STACKS AND INCINERATORS.
8. PIPING – PIPING SHOULD BE ADEQUATELY SIZED ACCORDING TO STANDARD COMMERCIAL PRACTICE AND SHOULD BE LAID OUT SO THERE WILL BE A CERTAIN AMOUNT OF FLEXIBILITY BETWEEN THE COMPONENT PARTS OF THE SYSTEM, ALLOWING FOR EXPANSION AND CONTRACTION. EACH TOWER SHOULD BE VALVED SEPARATELY FOR SERVICING. WHEN TWO OR MORE CONDENSERS OR HEAT EXCHANGERS ARE USED WITH ONE OR MORE COOLING TOWERS, ALWAYS CROSS-CONNECT THE HOT WATER LINES FROM THE CONDENSERS OR EXCHANGERS ACCORDING TO STANDARD PRACTICE. THEN USE A SINGLE DISCHARGE LINE TO CARRY THE HOT WATER TO THE TOWER. IN SIZING THE PIPING, CARE SHOULD BE TAKEN TO BALANCE PRESSURE DROPS BETWEEN DISCHARGE/SUCTIONS MAINS AND INDIVIDUAL TOWER CONNECTIONS WHEN TWO OR MORE COOLING TOWERS ARE HOOKED UP IN PARALLEL. ALWAYS USE AN EQUALIZING LINE BETWEEN TOWER PANS FOR MULTIPLE TOWER INSTALLATIONS TO TAKE CARE OF IMBALANCE IN THE PIPING TO AND FROM THE UNITS. THE SYSTEM WILL VENT ITSELF THROUGH THE TOWER NOZZLES, AIR VENTS BEING NEEDED ONLY AT HIGH POINTS IF PIPING IS TRAPPED BETWEEN CONDENSER AND TOWER. ALWAYS CHECK TO SEE IF THE CONDENSER WATER PUMP HAS SUFFICIENT NET POSITIVE SUCTION HEAD.



SIDE ELEVATION



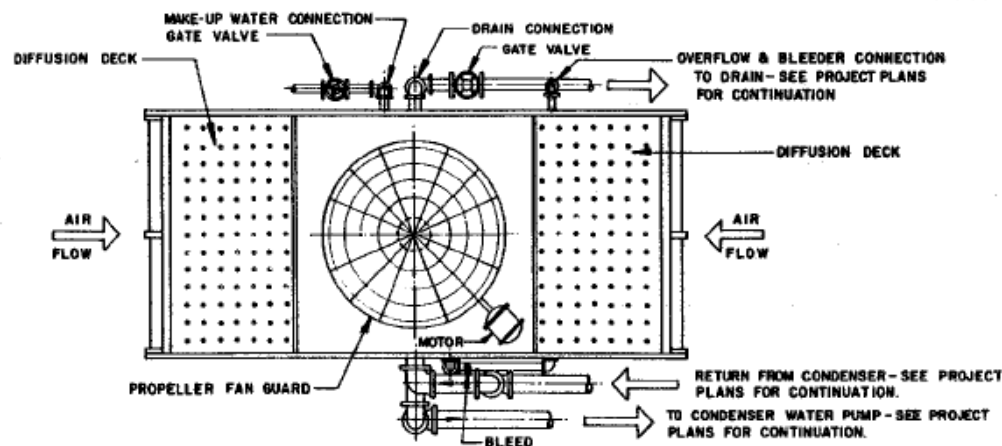
RIGHT END ELEVATION



CONTROL DIAGRAM

SEQUENCE OF OPERATION

THERMOSTAT T-1 WITH BULB IN TANK CYCLES FAN MOTOR TO MAINTAIN PRESET TEMPERATURE IN TANK



PLAN

DETAILS OF THE INSTALLATION OF THE

WOOD FILL, PROPELLER FAN, COOLING TOWER

INSTALLATION NOTES

1. RIG UNITS INTO PLACE BY REFERRING TO MANUFACTURER'S RIGGING INSTRUCTIONS.
2. SET UNIT DEAD LEVEL IN BOTH DIRECTIONS.
3. SUPPORT PIPE SO THAT NO WEIGHT RESTS ON COOLING TOWERS.
4. THOROUGHLY CLEAN UNIT BEFORE FILLING SYSTEM.
5. BALANCE CONDENSER WATER FLOW.
6. ADJUST BLEED VALVE FOR PROPER AMOUNT OF WATER TO BE WASTED.
7. GREASE OR OIL ALL BEARINGS IN ACCORDANCE WITH THE MANUFACTURER'S RECOMMENDATIONS.
8. FOR MULTIPLE TOWER INSTALLATIONS EQUALIZE PANS WITH EQUALIZING PIPE AND PROVIDE BALANCING VALVES IN SUPPLY AND RETURN PIPING.
9. PROVIDE VALVED CONNECTION IN SUPPLY OUTLET OR MAKEUP PIPE AS RECOMMENDED BY WATER TREATMENT CONTRACTOR.

NO SCALE

SCHEDULE OF CAPACITIES FOR THE COOLING TOWER

SCHEDULE OF CAPACITIES FOR THE COOLING TOWER															PIPE SIZE						REMARKS
UNIT NO.	G.P.M.	ENT. WATER TEMP * F.	LVG. WATER TEMP * F.	ENT. AIR-WET BULB * F.	EXTERNAL STATIC PRESSURE	NO. MOTORS	HORSE POWER	VOLTAGE	CYCLES	PHASE	R.P.M.	ELEVATION DIFFERENCE BETWEEN PUMP SUCTION AND TOWER WATER LEVEL	C.S.	C.R.	C.W. MAKEUP	DRAIN	BLEED	OVERFLOW			

DESIGN OF COOLING TOWER WATER PIPING

1. **LAYOUT PIPING TO CONNECT TO EQUIPMENT** – LAYOUT ALL PIPING TO ALL CONDENSERS CONNECTED TO THE COOLING TOWER AND TO THE CONDENSER WATER PUMP.
2. **DETERMINE THE FLOW RATE** – OBTAIN THIS RATE FROM THE MANUFACTURER OF THE CONDENSER WHOSE PROTOTYPE YOU ARE USING. THIS RATE WILL USUALLY (BUT NOT ALWAYS) BE 3 GPM PER TON.
3. **SELECT THE PIPE SIZE** – THIS CAN BE OBTAINED FROM THE CHART BELOW THIS PAGE. THE CHART IS BASED ON A MAXIMUM PRESSURE DROP OF 6 FEET PER 100 FEET AND A MAXIMUM VELOCITY OF 6 FEET PER SECOND. FOR OTHER CONDITIONS, REFER TO THE GRAPH BELOW THIS PAGE.
4. **CALCULATE THE FRICTION LOSS IN THE PIPING** – MEASURE THE LENGTH AND MULTIPLY BY 1.3 TO ALLOW FOR THE FITTINGS TO OBTAIN THE TOTAL EQUIVALENT LENGTH. IF THERE IS AN UNUSUAL AMOUNT OF FITTINGS, COMPUTE THE EQUIVALENT LENGTH OF ALL FITTINGS. MULTIPLY THE TOTAL EQUIVALENT LENGTH TIMES THE PRESSURE DROP PER FOOT TO OBTAIN THE FRICTION LOSS IN THE PIPING. NOTE THAT THE PRESSURE DROP PER FOOT IN THE PIPING FROM THE SUMP OF THE TOWER TO THE SUCTION OF THE CONDENSER WATER PUMP WILL BE DIFFERENT FROM THAT OF THE PUMP DISCHARGE PIPING.

5. CALCULATE THE TOTAL HEAD ON THE CONDENSER WATER PUMP – TOTAL THE DIFFERENT ELEMENTS THAT MAKE UP THE TOTAL HEAD AS FOLLOWS:
- a. FRICTION LOSS IN THE PIPING.
 - b. FRICTION DROP THROUGH THE CONDENSER (FROM THE MANUFACTURER).
 - c. DIFFERENCE IN ELEVATION FROM THE POINT WHERE THE WATER ENTERS THE COOLING TOWER AND THE WATER IN THE SUMP OF THE TOWER.
 - d. VELOCITY PRESSURE FOR SPRAYS (IF USED).
 - e. FRICTION LOSS IN CONTROL VALVE (IF USED).
6. COMPUTE PUMP HORSEPOWER (OR GET FROM PUMP MANUFACTURER) – SINCE GPM AND TOTAL HEAD ARE KNOWN AT THIS POINT, HORSE POWER CAN BE COMPUTED BY ASSUMING EFFICIENCY AND USING THE FOLLOWING FORMULA:
- $$\text{BRAKE HP} = \frac{\text{GPM} \times \text{HEAD (IN FEET)}}{3960 \times \text{EFFICIENCY}}$$
7. CHECK NET POSITIVE SUCTION HEAD FOR PUMP – FOR GOOD RESULTS, THE COOLING TOWER SHOULD BE ELEVATED ABOVE THE PUMP SUCTION BY AN AMOUNT AT LEAST EQUAL TO TWICE THE FRICTION DROP IN FEET IN THE PIPING FROM THE COOLING TOWER SUMP TO THE CONDENSER WATER PUMP SUCTION (MORE IF POSSIBLE).

- 8. CHECK VALVE – ALWAYS PUT A CHECK VALVE IN THE PUMP DISCHARGE TO PREVENT BACK-FLOW TURNING THE PUMP IMPELLER BACKWARDS WHEN THE PUMP STOPS.**
- 9. WINTER FREEZE-UP PROTECTION – IF THE COOLING TOWER IS REQUIRED TO BE USED IN THE WINTER IN AREAS WHERE FREEZING IN THE PIPING MAY OCCUR, IT WILL BE NECESSARY TO PROVIDE FREEZE PROTECTION. PROVIDE DOUBLE THICK INSULATION (AT LEAST 2-INCHES) ON THE PIPE AND PROVIDE TRACER ELECTRIC HEATING CABLE WHEREVER THE PIPE MAY BE EXPOSED TO FREEZING.**
- 10. PIPE MATERIAL – GENERALLY USE STANDARD WEIGHT ZINC-COATED STEEL PIPE WITH ZINC-COATED MALLEABLE IRON SCREWED FITTINGS. WHERE THE PIPE SIZE IS LARGE (OVER 4-INCHES) AND THE WATER IS NOT CORROSIVE, STANDARD WEIGHT BLACK STEEL PIPE WITH BLACK STEEL WELDING FITTINGS MAY BE USED. IF THE STATIC PRESSURE IN THE PIPE WILL EXCEED 100 PSIG, USE EXTRA HEAVY PIPE THROUGHOUT.**
- 11. CHEMICAL FEEDER CONNECTIONS – PROVIDE CAPPED OUTLETS IN THE PIPING TO PROVIDE FOR FUTURE INSTALLATION OF A CHEMICAL FEEDER SINCE ALMOST ALL COOLING TOWERS WILL REQUIRE THE FEEDING OF CHEMICALS TO PREVENT SCALING IN THE CONDENSER. CHECK WITH LOCAL COMPANIES ENGAGED IN THE BUSINESS OF PROVIDING WATER TREATMENT FOR COOLING TOWERS TO DETERMINE THE PIPE SIZE AND BEST LOCATION FOR THE CHEMICAL FEEDER.**
- 12. VALVES – GATE VALVES SHOULD BE INSTALLED IN THE SYSTEM AS REQUIRED TO ISOLATE EQUIPMENT FOR SERVICE. BALANCING VALVES SHOULD BE INSTALLED IN THE SYSTEM WHEN IT IS IMPOSSIBLE TO DESIGN THE SAME PRESSURE DROP IN ALL CIRCUITS.**

ALLOWABLE FLOW RATES FOR COOLING TOWER PIPING

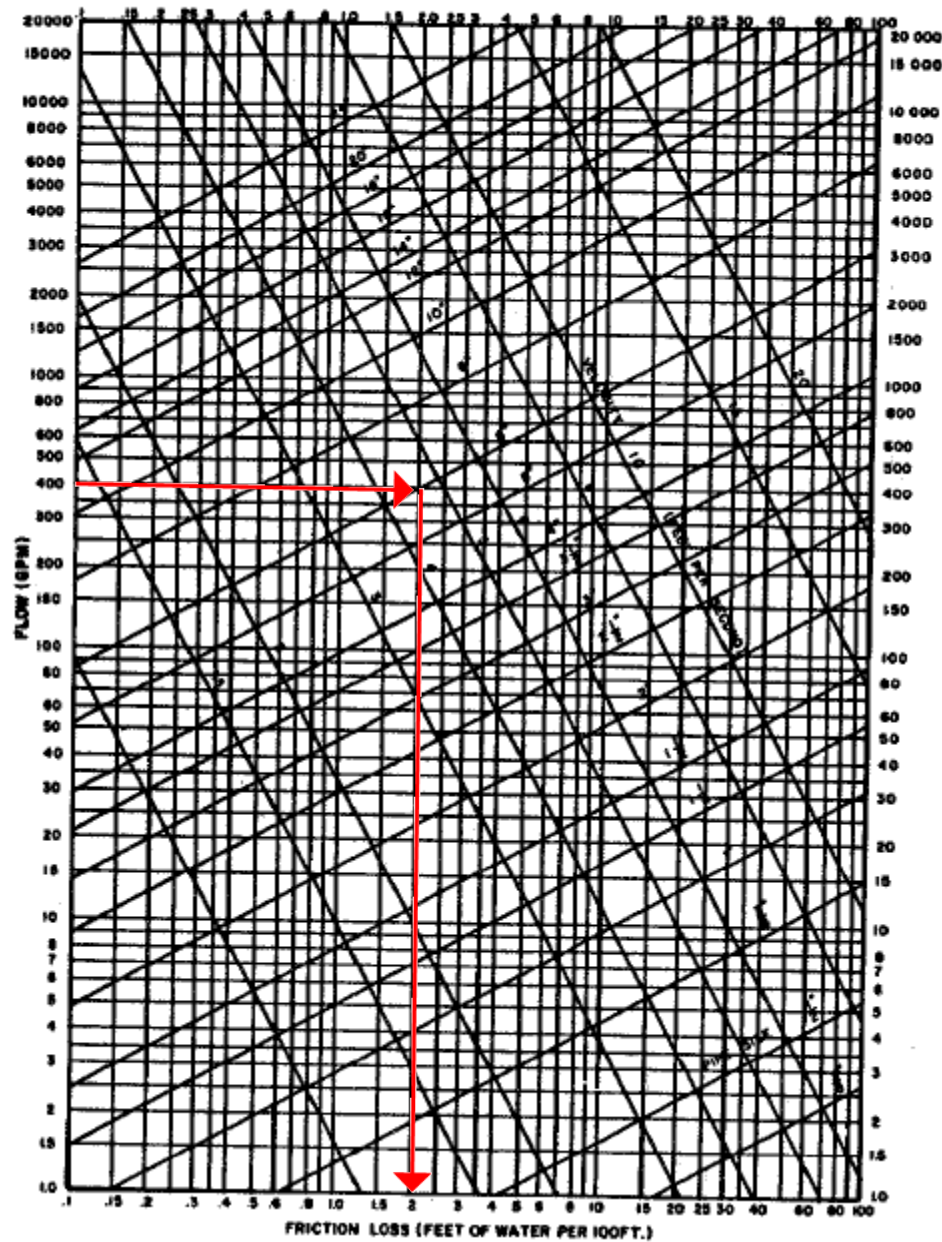
STANDARD WEIGHT STEEL PIPE

GPM	PUMP DISCHARGE PIPING	PUMP SUCTION PIPING *	TONS @ 3 GPM/TON
0 - 6	1"	1-1/4"	0 - 2
7 - 15	1-1/4"	1-1/2"	2 - 5
16 - 21	1-1/2"	2"	5 - 7
22 - 39	2"	2-1/2"	7 - 13
40 - 66	2-1/2"	3"	13 - 22
67 - 120	3"	3-1/2"	22 - 40
121 - 165	3-1/2"	4"	40 - 55
166 - 210	4"	5"	55 - 70
211 - 360	5"	6"	70 - 120

211 - 360	5"	6"	70 - 120
361 - 600	6"	8"	120 - 200
601 - 900	8"	10"	200 - 300
901 - 1500	10"	12"	300 - 500
1501 - 2100	12"	14"	500 - 700
2101 - 2700	14"	16"	700 - 900
2701 - 3300	16"	18"	900 - 1100
3301 - 4500	18"	20"	1100 - 1500
4501 - 5400	20"	24"	1500 - 1800
5401 - 7800	24"	30"	1800 - 2600

* Check amount of head available to make water flow from sump of cooling tower to suction of pump. Cooling tower sump must always be above condenser water pump.

FLOW GRAPH FOR COOLING TOWER SYSTEM PIPING STANDARD WEIGHT STEEL PIPE



برجهاي خنك كننده:

- ۱- تعداد درست است
- ۲- نوع برج خنك كننده درست است (مكعبی - دوزنقه‌ای)
- ۳- ابعاد طبق مشخصات و كاتالوگ كارخانه سازنده درست است
- ۴- جنس بدنه برج درست است
- ۵- جنس اجزاء داخلي برج درست است
- ۶- جنس تشتك درست است
- ۷- مشخصات مكنده هوا درست است
- ۸- دور مكنده هوا درست است

۹- سیستم انتقال قدرت درست است

- جعبه دنده‌ای است

- تسمه‌ای است

۱۰- مشخصات موتور درست است :

- قدرت موتور

- دور در دقیقه

- ولت - فاز - هرتس

- ۱۱- محل نصب موتور درست است
- ۱۲- سیستم آب پخش‌کن درست است
- ۱۳- تلف آب در حد قابل قبول است
- تلف ناشی از باد کم است (زمین اطراف برج مرطوب نمی‌شود)
- تلف زیر آب (BLEED OFF) قابل قبول است (طبق محاسبات طرح است)
- ۱۴- لوله رفت و برگشت آب وصل است
- ۱۵- شیرهای قطع و وصل دارد
- ۱۶- شبکه لوله‌کشی به مجموع برجها طبق نقشه انجام شده است

۱۷- اتصال لوله آب (MAKE-UP) درست است

- شیر فلوتری دارد

- شیر فلوتری تنظیم است

۱۸- شیر تخلیه تشتک دارد

۱۹- ارتفاع نصب برج درست است

- سطح آب تشتک به مکش تلمبه سوار است

- سطح آب تشتک به کندانسور چیلر سوار است

- ۲۰- میزان گذر آب برج خنك‌كننده درست است
- ۲۱- شاسي زیر برج درست است
 - پرفیل شاسي درست است
 - ساخت شاسي درست است
 - شاسي رنگ‌آمیزی شده است
 - به فونداسیون تثبیت شده است
 - لرزه‌گیر زیر شاسي گذاشته شده است

- ۲۲- ابعاد فوندانسیون درست است
- ۲۳- نصب برج درست انجام شده است
- فاصله‌ها رعایت شده است
- دسترسیها درست است

- ۲۴- مشخصات برج و نام کارخانه سازنده روی صفحه مربوطه روی برج نصب است
- ۲۵- تأییدیه مرجع بازرسی روی صفحه مربوطه روی چیلر است

جدول ۱-۱: برنامه پیشنهادی ASHRAE برای بازرسی و مراقبت از برج خنک‌کن

شبکه سیمی دهانه ورود هوا	شیرهای کنترل جریان	میله محور محرک	شدن جریان ورودی	شیر شاوور	بدنه برج	اجزاء ساختمان برج	سیستم توزیع آب برج	تشت آب سرد	پمپ	قطره گیرها	برینگهای میله محور فن	محورهای تسمه ای V شکل	چرخ دنده تبدیل	موتور	بادزن
ه							ه		ه	ه					۱- بازرسی برای یافتن انسداد
		ر				س							ر	ر	۲- بررسی برای یافتن صدا یا ارتعاش غیرمعمول
		ش									ش	ش	ش	ش	۳- بازرسی کلیدها و سفتی پیچها
											ف			ف	۴- روغنکاری
	ش											ش			۵- بررسی کاسه تسمه‌های روغن
													ه		۶- بررسی سطح روغن
													م		۷- بررسی روغن در مورد وجود آب یا کثافت
													ش		۸- تعویض روغن (حداقل)
												ف			۹- تنظیم مقدار سفتی
							ر	ر							۱۰- بررسی سطح آب

ه = هفتگی
 ر = روزانه
 ف = فصلی
 ش = شش ماهه
 س = سالانه
 م = ماهانه

جدول ۱-۱: برنامه پیشنهادی ASHRAE برای بازرسی و مراقبت از برج خنک‌کن (ادامه)

شبکه سیمای دهانه ورود هوا	شیرهای کنترل جریان	میله محور محرک	شدت جریان خروجی	شیر شناور	بدنه برج	اجزاء ساختمان برج	سیستم توزیع آب برج	نشت آب سرد	پمپ	قطره گیرها	بورینگهای میله محور فن	محورهای تسمه‌ای ۷ شکل	چرخ دنده تبدیل	موتور	بادزن
			م												۱۱- بررسی جریان آب
				ش			ش	ش							۱۲- بررسی برای یافتن نشت
	ش	ش	س	س	س	ش		س	س	س		م			۱۳- بازرسی وضعیت کلی
		ش				س					ش		ش	ش	۱۴- بررسی شل بودن تسمه‌ها
	بیل	بیل	بیل	بیل			بیل	ش	بیل	بیل			بیل	س	۱۵- نظافت
		بیل		بیل			بیل	بیل					بیل	بیل	۱۶- رنگ کاری مجدد
	ش														۱۷- کاملاً باز و بسته کردن
														م	۱۸- حصول اطمینان از باز بودن محلهای تهویه

۱۴- در یک چیلر آب خنک، میزان حرارت جذب شده توسط اواپراتور 6,618,000 بی تی یو بر ساعت است. در صورتی که دمای آب ورودی و خروجی برج خنک کن به ترتیب 98 و 75 درجه فارنهایت باشد، میزان دبی آب برج خنک کن چند گالن در دقیقه است؟ ضریب عملکرد چیلر 4.0 است.

847 (۴)

575 (۳)

504 (۲)

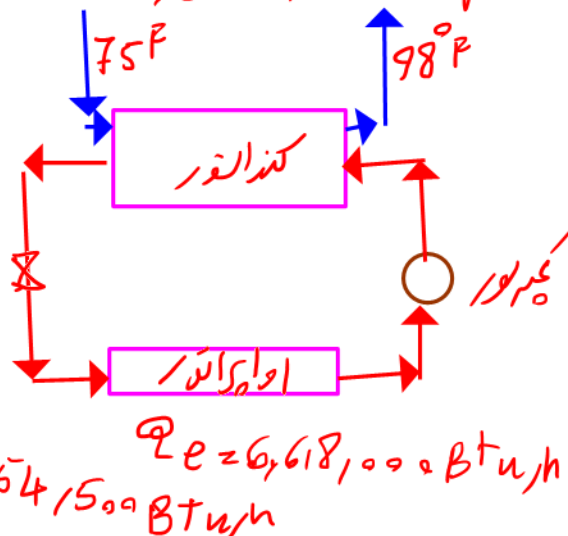
719 (۱) ✓

$Q_e = 6,618,000 \text{ Btu/h}$ و $T_i = 98^\circ\text{F}$, $T_o = 75^\circ\text{F}$ $V = ? \text{ gpm}$
 $\text{COP} = 4$

$$\text{COP} = \frac{Q_e}{Q_{\text{comp}}}$$

$$Q_{\text{cool}} = Q_e + Q_{\text{cap}}$$

$$Q_{\text{cap}} = \frac{6,618,000}{4} = 1,654,500 \text{ Btu/h}$$



$$Q_{\text{cool}} = 6,618,000 + 1,654,500 = 8,272,500 \text{ Btu/h}$$

$$V = \frac{Q_{\text{cool}}}{500 \times \Delta T} = \frac{8,272,500}{500 (98 - 75)} = 719.34 \text{ gpm}$$

کوتاه: مجموع در صد تلفات آب یا آب جبرانی برج خنک کن ۱.۵٪ آب - در سردی می باشد

۴۰- مقدار آب جبرانی (make - up) برج خنک کن یک دستگاه چیلر تراکمی با کمپرسور رفت و برگشتی و ظرفیت واقعی ۲۰۰ تن سرمایی در چه حدودی است؟

(۱) نیم متر مکعب در ساعت

(۲) یک متر مکعب در ساعت

(۳) دو متر مکعب در ساعت ✓

(۴) چهار متر مکعب در ساعت

$$gpm = 3 \times TR_c = 3 \times 200 = 600 \text{ gpm}$$

$$0.015 \times 600 = 9 \text{ gpm} \Rightarrow \frac{9}{\frac{1}{4}} = 36$$

$$1 \text{ m}^3/\text{h} = 4.4 \text{ gpm}$$

۵۵- مناسب ترین نقطه برای نصب پمپ گردش آب برج خنک کن چیلر:

- (۱) متناسب با موقعیت استقرار تجهیزات، قبل یا بعد از کندانسور چیلر هر کدام که دسترسی بهتر ایجاد کند.
- (۲) همیشه بعد از کندانسور چیلر است.
- (۳) فقط در صورت نصب برج خنک کن در ارتفاع پایین، بعد از کندانسور چیلر است.
- (۴) همیشه قبل از کندانسور چیلر است. ✓

حل سوالات آزمون نظام مهندسی مکانیک خرداد ۹۳

۳۱- در چیلرهای خنک‌شونده با آب، دمای آب ورودی به کندانسور باید:

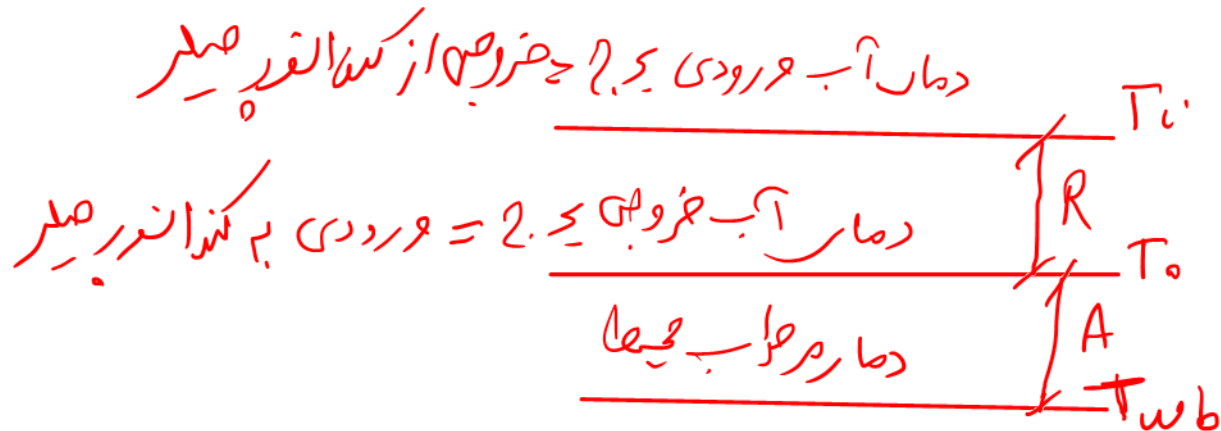
(۱) به مقدار عددی رطوبت نسبی نزدیک باشد.

(۲) به دمای خشک محیط نزدیک باشد.

(۳) به نقطه شبنم محیط نزدیک باشد.

(۴) به دمای مرطوب محیط نزدیک باشد. ✓

Approach



باتشکراز توجه شما

مهندس رحمت اله یوسفی

0912-3365261