ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ศัพท์บัญญัติ

ศัพท์บัญญัติ

actual flow	อัตราการไหลจริง
adiabatically saturated	สภาพอิ่มตัวแบบแอเดียแบติก
air film	ฟิล์มอากาศ
air operating line	เส้นสภาวะทำงานของอากาศ
approach	แอปโพรช
boundary layer	ชั้นชิดผิว
convection	การพาความร้อน
cooling load	ภาระการทำความเย็น
cooling range	ค่าเรนจ์
cooling tower institute (CTI)	สถาบันหอทำน้ำเย็นนานาชาติ
cooling tower	หอทำน้ำเย็น
corrugate sheet	แผ่นลูกฟูก
driving force	แรงขับ
droplet size	ขนาดหยดน้ำ
dry – air	อากาศแห้ง
dry – bulb temperature	อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
eliminator	แผงกันกระเซ็น
enthalpy driving force	แรงขับเอนทัลปี
enthalpy temperature diagram	แผนภาพเอนทัลปี – อุณหภูมิ
enthalpy	เอนทัลปี
equilibrium curve	เส้นสภาวะสมดุล
evaporation	การระเหย
fill or packing	แผงขยายฟิล์มน้ำ
film surface	ผิวฟิล์ม
film type fill	แผงขยายฟิล์มน้ำแบบเพิ่มพื้นที่สัมผัส
heat – transfer coefficient	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน
heat exchanger	เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
humidity ratio	อัตราส่วนความชื้น
Induced draft counterflow cooling tower	หอหล่อเย็นแบบดร๊าฟลมดูดชนิดไหลสวนทาง

interface contact	พื้นที่ผิวสัมผัส
latent heat	ความร้อนแฝง
log mean temperature difference (LMTD)	ผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ยแบบล็อกกาลิทึม
louvers	บานเกล็ด
mass-transfer coefficient	สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวล
mean driving force	แรงขับเฉลี่ย
mean temperature	อุณหภูมิเฉลี่ย
mechanical draft cooling tower	หอทำน้ำเย็นแบบลมดูด
moist air	อากาศชื้น
natural draft cooling tower	หอทำน้ำเย็นแบบธรรมชาติ
nozzle	หัวฉีด
number of transfer unit (NTU)	จำนวนหน่วยของการถ่ายเท
operating line	เส้นสภาวะทำงาน
partial pressure	ความดันย่อย
pressure drop	ความดันลดคร่อม
pressure head	เฮดความดัน
psychrometric chart	แผนภูมิอากาศชื้น
relative humidity	ความชื้นสัมพัทธ์
saturation line	เส้นอากาศอิ่มตัว
sensible heat	ความร้อนสัมผัส
specific gravity	น้ำหนักจำเพาะ
splash type fill	แผงขยายฟิล์มน้ำแบบน้ำกระเซ็น
Tchebycheff	ทีเชบายเชพ (ชื่อคน)
total heat	ความร้อนรวม
tower characteristic curve	กราฟคุณลักษณะของหอทำน้ำเย็น
transport process	ขบวนการถ่ายเท
velocity head	เฮดความเร็ว
volumetic heat transfer coefficient	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร
water film	ฟิล์มน้ำ
water loading	ภาระการใช้น้ำ
wet-bulb temperature	อุณหภูมิกระเปาะเปียก

ภาคผนวก ข
ค่าเอนทัลปีของอากาศอิ่มตัว

ตารางผนวกที่ ข1 ค่าเอนทัลปีของอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิต่างๆ

Enthalpy of saturated air										
Temperature	Interval (°C)									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
	Enthalpy (kcal/kg dryair)									
(°C)										
14	9.373	9.439	9.504	9.570	9.636	9.702	9.767	9.833	9.899	9.964
15	10.030	10.097	10.164	10.231	10.298	10.365	10.432	10.499	10.566	10.633
16	10.700	10.771	10.842	10.913	10.984	11.055	11.126	11.197	11.268	11.339
17	11.410	11.483	11.556	11.629	11.702	11.775	11.848	11.921	11.994	12.267
18	12.140	12.217	12.294	12.371	12.448	12.525	12.602	12.679	12.756	12.833
19	12.910	12.989	13.068	13.147	13.226	13.305	13.384	13.463	13.542	13.621
20	13.700	13.783	13.806	13.949	14.032	14.115	14.198	14.281	14.364	14.447
21	14.530	14.616	14.702	14.788	14.874	14.960	15.046	15.132	15.218	15.304
22	15.390	15.480	15.570	15.660	15.750	15.840	15.930	16.020	16.110	16.200
23	16.290	16.384	16.478	16.572	16.666	16.760	16.854	16.948	17.042	17.136
24	17.270	17.328	17.426	17.524	17.622	17.720	17.818	17.916	18.014	18.122
25	18.210	18.312	18.414	18.516	18.618	18.720	18.822	18.924	19.026	19.128
26	19.230	19.337	19.444	19.551	19.658	19.765	19.872	19.979	20.086	20.193
27	20.300	20.411	20.522	20.633	20.744	20.855	20.966	21.077	21.188	21.299
28	21.410	21.527	21.644	21.761	21.878	21.995	22.112	22.229	22.346	22.463
29	22.580	22.702	22.824	22.946	23.068	23.190	23.312	23.434	23.556	23.678
30	23.800	23.927	24.054	24.181	24.308	24.435	24.562	24.689	24.816	24.943
31	25.070	25.204	25.338	25.472	25.606	25.740	25.874	26.008	26.142	26.276
32	26.410	26.549	26.688	26.827	26.966	27.106	27.244	27.383	27.522	27.661
33	27.800	27.946	28.092	28.238	28.384	28.530	28.676	28.822	28.968	29.114
34	29.260	29.414	29.568	29.722	29.876	30.030	30.184	30.338	30.492	30.646
35	30.800	30.960	31.120	31.280	31.440	31.600	31.760	31.920	32.080	32.240
36	32.400	32.568	32.736	32.904	33.072	33.240	33.408	33.576	33.744	30.912
37	34.080	34.256	34.432	34.608	34.784	34.960	35.136	35.312	35.480	35.664
38	35.840	36.020	36.212	36.398	36.584	36.770	36.956	37.142	37.328	37.514
39	37.700	32.894	38.088	38.282	38.476	38.670	38.864	39.058	39.252	39.446
40	39.640	39.843	40.046	40.249	40.452	40.655	40.858	41.061	41.264	41.467
41	41.670	41.884	42.099	42.312	42.526	42.740	42.954	43.160	43.382	43.593
42	43.810	44.035	44.260	44.485	44.710	44.935	45.160	45.385	45.610	45.835

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Enthalpy of saturated air										
Temperature	Interval (°C)									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
	Enthalpy (kcal/kg dryair)									
(°C)										
43	46.06	46.297	46.534	46.771	47.008	47.245	47.482	47.719	47.956	48.193
44	48.43	48.678	48.926	49.174	49.422	49.670	49.918	50.166	50.414	50.662
45	50.91	51.171	51.432	51.693	51.954	52.215	52.476	52.737	52.998	53.259
46	53.52	53.795	54.070	54.345	54.620	54.895	55.170	55.445	55.720	55.995
47	56.57	56.559	56.848	57.137	57.426	57.715	58.004	58.293	58.582	58.871
48	59.16	59.465	59.770	60.075	60.380	60.685	60.990	61.295	61.600	61.905
49	62.21	62.531	62.852	63.173	63.493	63.815	64.136	64.457	64.778	65.099
50	65.42	65.759	66.098	66.437	66.776	67.115	67.454	67.793	68.132	68.471
51	68.81	69.166	69.522	69.878	70.234	70.590	70.946	71.302	71.658	72.014
52	72.37	72.747	73.124	73.501	73.878	74.255	74.632	75.009	75.386	75.763
53	76.14	76.538	76.936	77.334	77.732	78.130	78.520	78.926	79.324	79.722
54	80.12	80.541	80.962	81.383	81.804	82.225	82.646	83.067	83.488	83.909
55	84.33	84.755	85.220	85.665	86.110	86.555	87.000	87.445	87.890	88.335
56	88.78	89.251	89.722	90.193	90.664	91.135	91.606	92.077	92.548	93.019
57	93.49	93.989	94.488	94.987	95.486	95.985	96.484	96.983	97.482	97.981
58	98.48	99.008	99.536	100.064	100.592	101.120	101.648	102.176	102.704	103.232
59	103.76	104.321	104.882	105.443	106.004	106.565	107.126	107.687	108.248	108.809
60	109.37	109.963	110.556	111.149	111.742	122.335	112.928	113.521	114.114	114.707
61	115.30	115.940	116.580	117.220	117.860	118.500	119.140	119.780	120.420	121.060
62	121.70	122.370	123.040	123.710	124.380	125.050	125.720	126.390	127.060	127.730
63	128.40	129.120	129.840	130.560	131.280	132.000	132.720	133.440	134.160	134.880
64	135.60	136.360	137.120	137.880	138.640	139.400	140.160	140.920	141.680	142.440
65	143.20	144.020	144.840	145.660	146.480	147.300	148.120	148.940	149.760	150.580
66	151.40	152.200	153.160	154.040	154.920	155.800	156.600	157.560	158.440	159.320
67	160.20	161.130	162.060	162.990	163.920	164.850	165.780	166.710	167.640	168.570
68	169.50	170.510	171.520	172.530	173.540	174.550	175.560	176.570	177.580	178.590
69	179.60	180.680	181.760	182.040	183.920	185.000	186.080	187.160	188.240	189.320
70	190.40	191.560	192.720	193.880	195.040	196.200	197.360	198.520	199.680	200.840
71	202.00	203.260	204.520	205.780	207.040	208.300	209.560	210.820	212.000	213.340

ภาคผนวก ค
คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของน้ำ

ตารางผนวกที่ ค1 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของน้ำ

อุณหภูมิ °C	ความดันไอ kPa	ความหนาแน่น Kg/m^3	อุณหภูมิ °C	ความดันไอ kPa	ความหนาแน่น Kg/m^3	อุณหภูมิ °C	ความดันไอ kPa	ความหนาแน่น Kg/m^3
1	0.67	999.8	21	2.49	998.0	41	7.78	992.0
2	0.71	999.9	22	2.65	998.0	42	8.21	992.0
3	0.76	999.9	23	2.81	998.0	43	8.65	991.0
4	0.81	1,000.0	24	2.98	997.0	44	9.10	991.0
5	0.87	999.9	25	3.17	997.0	45	9.58	991.0
6	0.93	999.9	26	36.36	997.0	46	10.10	990.0
7	1.00	999.9	27	3.55	997.0	47	10.60	990.0
8	1.07	999.8	28	3.78	997.0	48	11.10	989.0
9	1.15	999.8	29	4.00	997.0	49	11.70	989.0
10	1.23	999.7	30	4.24	996.0	50	12.30	988.0
11	1.32	999.7	31	4.49	996.0	51	13.00	988.0
12	1.41	999.6	32	4.75	995.0	52	13.60	987.0
13	1.50	999.6	33	5.03	995.0	53	14.20	987.0
14	1.60	999.0	34	5.32	995.0	54	14.90	986.0
15	1.70	999.0	35	5.62	994.0	55	15.70	986.0
16	1.82	999.0	36	5.94	994.0	56	16.40	985.0
17	1.94	999.0	37	6.27	993.0	57	17.10	985.0
18	2.06	998.0	38	6.62	993.0	58	18.00	984.0
19	2.19	998.0	39	6.99	993.0	59	18.90	984.0
20	2.34	998.0	40	7.38	992.0	60	19.90	983.0

ที่มา: Hill and Pring (1990)

ภาคผนวก ง
การคำนวณและผลการคำนวณหอทำน้ำเย็นของ
บริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นรายหนึ่ง

การออกแบบหอทำน้ำเย็นชนิดลมดูดแบบไหลสวนทาง
แบบฟอร์มการคำนวณ

เงื่อนไขของการออกแบบ :

อุณหภูมิน้ำร้อนเข้า (T_1)	=	42°C
อุณหภูมิน้ำเย็นออก (T_2)	=	32°C
อุณหภูมิกระเปาะเปียกอากาศเข้า ($T_{wb,1}$)	=	28.5°C
อัตราการไหลของน้ำ ($\dot{\forall}_w$)	=	866.7 m^3/hr.

การออกแบบ

อัตราความร้อนระบายทิ้ง ($\dot{Q}_w$)	=	8,667,000 kcal/hr
จำนวนเซล (cell)	=	1
เอนทัลปีของน้ำเข้า ($h_{w,1}$)	=	43.833 kcal/kg
เอนทัลปีขอน้ำออก ($h_{w,2}$)	=	26.416 kcal/kg
เอนทัลปีของอากาศเข้า (h_1)	=	21.997 kcal/kg

L/G	1.2	1.2	1.3
KaV/L	1.642	1.642	1.757

จาก Munter curve (V = 500 ft/min = 152.4 min)

L/G	=	1.2
KaV/L	=	1.642
ความสูงแผงขยายฟิล์มน้ำ	=	1.22 m

ปริมาณอากาศผ่านแผงขยายฟิล์มน้ำ (G)	=	10,943 m^3/min
พื้นที่แผงขยายฟิล์มน้ำจากการคำนวณ (A_{fill})	=	71.81 m^2
ขนาดแผงขยายฟิล์มน้ำจากการคำนวณ		
ความกว้าง	=	8.47 m
ความยาว	=	8.47 m
ขนาดแผงขยายฟิล์มน้ำ 1 แผ่นที่จำหน่าย		
ความกว้าง	=	1.83 m
ความยาว	=	1.83 m
ความสูง	=	0.305 m
จำนวนที่ใช้	=	5 แผ่น

ขนาดแผงขยายฟิล์มน้ำจริง

ความกว้าง = 9.15 m

ความยาว = 9.15 m

พื้นที่แผงขยายฟิล์มน้ำจริง ($A_{p,act}$) = 83.72 m^2

G/A = 8,626.71 $kg/m^2.hr$

= 2.396 $kg/m^2.s$

L/A = 10,352.06 $kg/m^2.hr$

= 2.876 $kg/m^2.s$

Ka = (0.65) [(L/A)^(0.4)][(G/A)^(0.7)]

= 14 ,928.49 $kcal/m^3.hr.\Delta h$

LMED = $(\Delta H1 - \Delta H2) / (\Delta H1/\Delta H2)$

= 6.77

$\Delta H1$ = $h_{w,1} - h_2$

= 9.836 kca/kg

$\Delta H2$ = $h_{w,2} - h_1$

= 4.419 kcal/kg

h_2 = $h_1 + (L/G) (\Delta T)$

= 33.997 kcal/kg

V_1 = (KaV/L) (L/Ka) = 95.329 m^3

V_2 = Q / (Ka) (LMED) = 85.755 m^3

ปริมาตรแผงขยายฟิล์มน้ำจริง (V_{sel}) = (จำนวนชั้น) (0.305) (H) (พื้นที่แผงขยายฟิล์มน้ำ)

= 102.141 m^3

V_{sel} / V_{max} = 102.141 / 95.329

= 1.07

ความสูงบานเกล็ดช่องลมทางเข้า (H_{lou}) = $G / [(N_{lou}) (V_{lou}) (d_{lou})]$

= 2.49 m

= 2.5 m

โดยที่

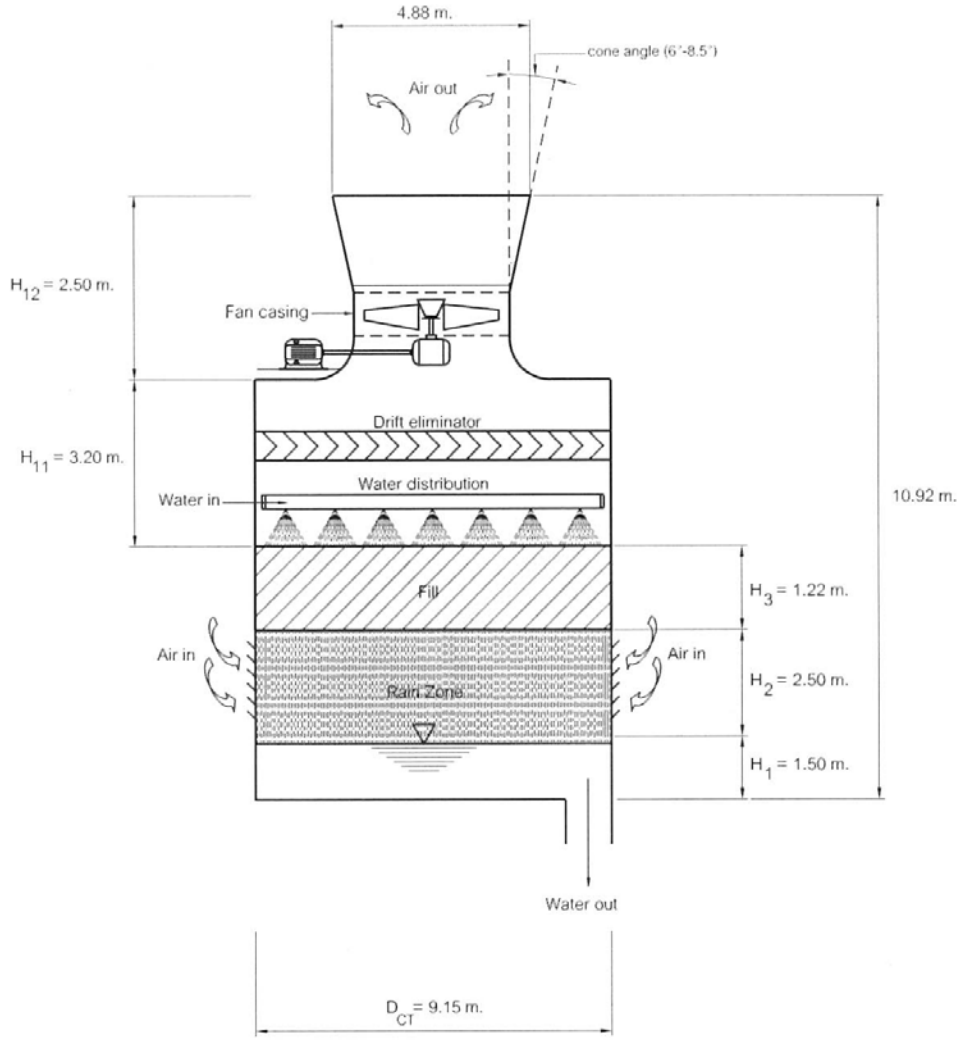
V = 3.5 – 4.5 m/s เลือกค่า = 4

จำนวนด้านของบานเกล็ดช่องลมทางเข้าที่เปิด (N_{lou}) = 2

ภาระการใช้น้ำ (L')			= (L/A) (0.0004093)
			= 4.24 GPM/ft^2
ความเร็วอากาศผ่านแผงขยายฟิล์มน้ำ (V_{fill})			= G/A
			= 130.71 m/min
			= 428.84 ft/min
ความดันสูญเสียผ่านแผงขยายฟิล์มน้ำ	=	0.2 in-wg	= 5.080 mm-H_2O
ความดันสูญเสียผ่านแผงกันละอองน้ำ	=	0.05 in-wg	= 1.270 mm-H_2O
ความดันสูญเสียผ่านบานเกล็ดช่องลมทางเข้า	=	0.105 in-wg	= 2.667 mm-H_2O
ผลรวม	=	0.355 in-wg	= 9.017 mm-H_2O
เส้นผ่านศูนย์กลางพัดลมจากการคำนวณ			= 16.94 ft
เส้นผ่านศูนย์กลางพัดลมจากการเลือก			= 16 ft
เส้นผ่านศูนย์กลางพัดลมจากการเลือก			= 4.88 m
เส้นผ่านศูนย์กลางพัดลมจากการเลือกรุ่น			= H22-8
เส้นผ่านศูนย์กลางดุมพัดลม			= 1.02 m
ปริมาณอากาศ			= 10,943 m^3/min
พื้นที่ที่อากาศผ่านบริเวณพัดลม			= 17.869 m^2
ความเร็วอากาศผ่านพัดลม			= 10.21 m/s
ความดันความเร็วของอากาศ			= 6.351 mm – H_2O
ขนาดปล่องปล่อยลม			
เส้นผ่านศูนย์กลางปล่องปล่อยลมทางออก			= 4.88 m
ความสูงปล่องปล่อยลม			= 2.5 m
ความสูงจากปลายแผงขยายฟิล์มน้ำ ถึงปากปล่องปล่อยลมทางเข้า	=	[(ความกว้างของหอทำน้ำเย็น) – (เส้นผ่านศูนย์กลางของปล่องพัดลม)] / (2) (tan 30)	
	=	3.2 m	

ขนาดตัวเรือนหอทำน้ำเย็น			
ความกว้างตัวเรือนหอทำน้ำเย็น	=	9.15 m	
ความยาวตัวเรือนหอทำน้ำเย็น	=	9.15 m	
ความสูงหอทำน้ำเย็น	=	10.92 m	

ความดันความเร็ว (P_V)	=	6.351 mm-H_2O	=	0.25 in-wg
ความดันสถิต (P_S)	=	9.017 mm-H_2O	=	0.355 in-wg
ผลรวมความดันทั้งหมด ($P_V + P_S$)	=	15.368 mm-H_2O	=	0.605 in-wg
กำลังม้าเบรก (Motor)	=	$[(P_S + P_V) (G)] / 3150$		
	=	53.38 hp		
Safety facter (15%)	=	61.39 hp		
กำลังม้าเบรก (Motor)	=	60 hp		
อัตราการทดสอบชุดเกียร์	=	10 : 1		



<u>ภาพผนวกที่ ง1</u> แสดงขนาดหอทำน้ำเย็นคำนวณโดยบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นรายหนึ่ง

แบบฟอร์มสรุปผลการคำนวณ

เงื่อนไขของการออกแบบ

อุณหภูมิน้ำร้อนเข้าหอทำน้ำเย็น (T_1) = 42°C

อุณหภูมิน้ำเย็นออกหอทำน้ำเย็น (T_2) = 32°C

อุณหภูมิกระเปาะเปียกอากาศเข้าหอทำน้ำเย็น ($T_{wb,1}$) = 28.5°C

อัตราการไหลของน้ำเข้าหอทำน้ำเย็น ($\dot{\forall}_w$) = 866.7 m^3/hr

แสดงผลการคำนวณ

1. ข้อมูลด้านความร้อน

เอนทัลปีของน้ำเข้า ($h_{w,1}$)	= 43.83 kcal/kg	เอนทัลปีของอากาศเข้า (h_1)	= 22 kcal/kg
เอนทัลปีของน้ำออก ($h_{w,2}$)	= 26.42 kcal/kg	เอนทัลปีของอากาศออก (h_2)	= 34 kcal/kg
อุณหภูมิกระเปาะเปียกอากาศทางออก ($T_{wb,2}$)	= 36 °C	ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (C_{pf})	= 1 kg/m^3
ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิเฉลี่ย ($\rho_{w,m}$)	= 1000 kg/m^3	ปริมาตรจำเพาะของอากาศทางเข้า(υ_{in})	= - m^3/kg
อัตราการไหลโดยมวลของน้ำ (L)	= 240.78 kg/s	ปริมาตรจำเพาะของอากาศทางออก(υ_{out})	= - m^3/kg
อัตราการไหลโดยมวลของอากาศ(G)	= 200.59 kg/s	ปริมาตรจำเพาะของอากาศเฉลี่ย (υ_{avg})	= - m^3/kg
ปริมาณลมผ่านหอทำน้ำเย็น ($\dot{\forall}_a$)	= 10,943 m^3/min	ความหนาแน่นของอากาศทางออก ($\rho_{a,out}$)	= - kg/m^3
ความหนาแน่นของอากาศทางเข้า ($\rho_{a,in}$)	= 1 kg/m^3	ความหนาแน่นของอากาศเฉลี่ย ($\rho_{a,avg}$)	= - kg/m^3
ภาระการใช้อากาศ (G')	= 2.39 $kg/m^2.s$	อัตราส่วน L/G	= 1.2
ภาระการใช้น้ำ (L')	= 2.876 $kg/m^2.s$	สัมประสิทธิ์การถ่ายโอน (KaV/L)	= 1.642
ปริมาณความร้อนถ่ายเท ($\dot{Q}_w$)	= 8,667,000 kcal/hr	จำนวนเซล (cell)	= 1

2. ข้อมูลด้านขนาด

2.1 ขนาดบานเกล็ดช่องลมทางเข้า, ขนาดแผงขยายฟิล์มน้ำและขนาดแผงกันละอองน้ำ

ขนาดบานเกล็ดช่องลมทางเข้า

ความกว้าง	= 9.15 m	บานเกล็ดช่องลมทางเข้าที่จำหน่ายเลือกรุ่น : CL – 100	
ความสูง	= 2.5 m	ขนาด 1 แผ่น	
พื้นที่	= 45.75 m^2	ความกว้าง	= 0.305 m
ความเร็วอากาศผ่าน		ความสูง	= 0.305 m
บานเกล็ดช่องลมทางเข้า	= 787.4 ft/min	พื้นที่ 1 แผ่น	= 0.093 m^2
จำนวนช่องเปิด	= 2 ด้าน	จำนวนแผ่นทั้งหมด	= 492 แผ่น

ขนาดแผงขยายฟิล์มน้ำ

ความกว้าง	= 9.15 m	แผงขยายฟิล์มน้ำที่จำหน่ายเลือกรุ่น : CL – 1900 – L – 9	
ความยาว	= 9.15 m	ขนาด 1 แผ่น	
ความสูง	= 1.22 m	ความกว้าง	= 1.83 m
พื้นที่	= 83.72 m^2	ความยาว	= 1.83 m
ปริมาตร	= 102.138 m^3	ความสูง	= 0.305 m
ความเร็วอากาศผ่าน		พื้นที่ 1 แผ่น	= 3.3489 m^2
แผงขยายฟิล์มน้ำ	= 428.84 ft/min	จำนวนแผ่นทั้งหมด	= 25 แผ่น

ขนาดแผงกันละอองน้ำ

ความกว้าง	= 9.15 m	แผงขยายฟิล์มน้ำที่จำหน่ายเลือกรุ่น : DE - 097	
ความยาว	= 9.15 m	ขนาด 1 แผ่น	
ความสูง	= 0.121 m	ความกว้าง	= 0.59 m
พื้นที่	= 83.72 m^3	ความยาว	= 0.457 m
ความเร็วอากาศผ่าน		ความสูง	= 0.121 m
แผงขยายฟิล์มน้ำ	= 428.84 ft/min	พื้นที่ 1 แผ่น	= 0.26963 m^2
		จำนวนแผ่นทั้งหมด	= 310.5 แผ่น

2.2 ขนาดหอทำน้ำเย็น

ขนาดตัวเรือนหอทำน้ำเย็น

ขนาดความสูงของถาดรับน้ำเย็น	= 1.5 m
ขนาดความสูงจากระดับส่วนบนของถาดรับน้ำเย็นถึงแผงขยายฟิล์มน้ำ	= 2.5 m
ขนาดความสูงของแผงขยายฟิล์มน้ำ	= 1.22 m
ขนาดความสูงจากแผงขยายฟิล์มน้ำถึงแผงกันละอองน้ำ	= - m
ขนาดความสูงของแผงกันละอองน้ำ	= 0.121 m
ขนาดความสูงจากแผงกันละอองน้ำถึงปากปล่องปล่อยลมทางเข้า	= - m
ขนาดความกว้างหอทำน้ำเย็น	= 9.15 m

ขนาดปล่องปล่อยลม

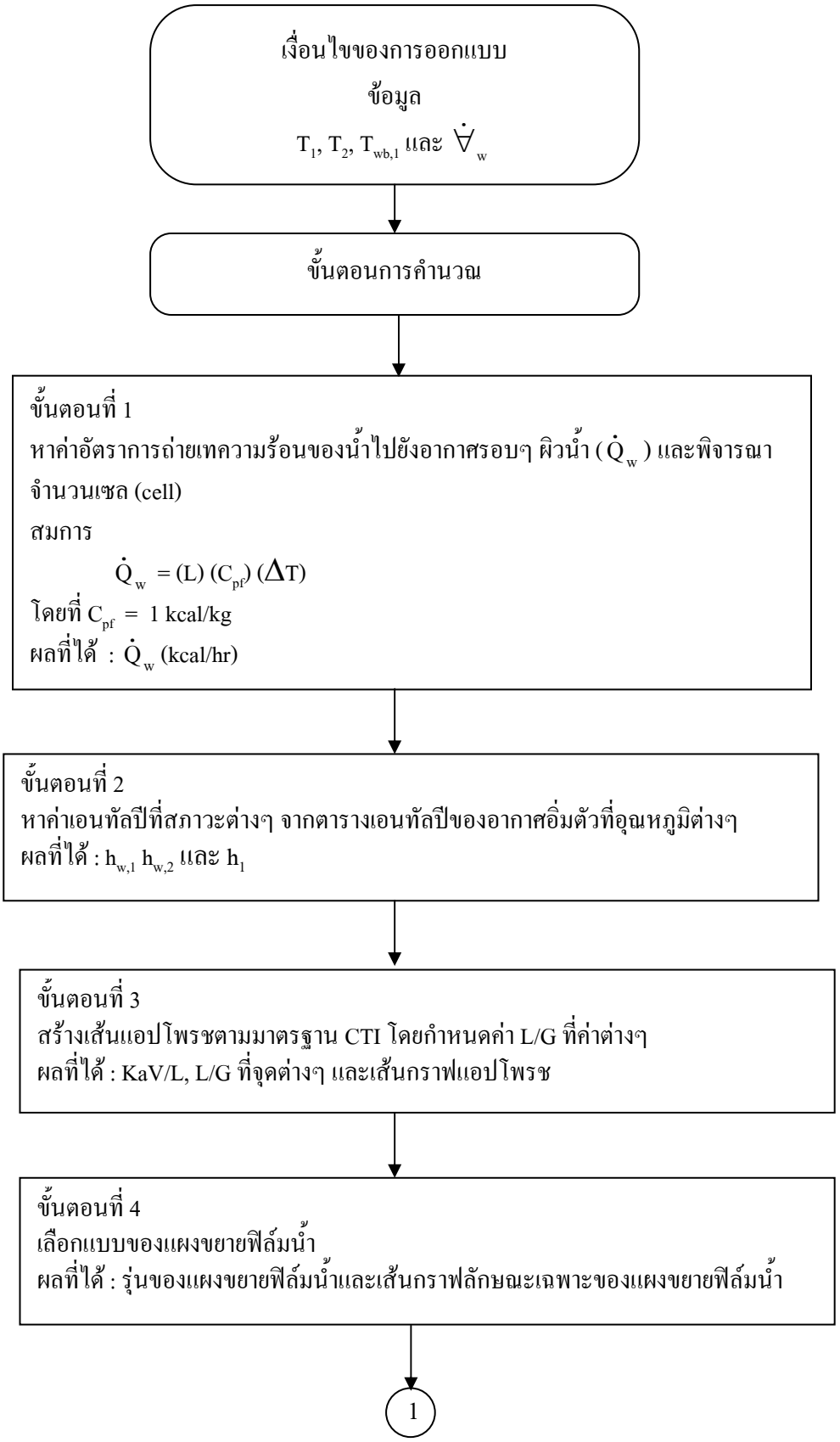
ขนาดความสูงปากปล่องปล่อยลมทางเข้า	= - m
ขนาดความสูงตัวเรือนพัดลม	= - m
ขนาดความสูงปากปล่องปล่อยลมทางออก	= - m
ขนาดความสูงปล่องปล่อยลม	= 2.5 m.
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปากปล่องปล่อยลมทางเข้า	= - m
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปากปล่องปล่อยลมทางออก	= 4.88 m
มุมกระจายลมสูงสุดจากปลายแผงกันละอองน้ำถึงปากปล่องปล่อยลมทางเข้า	= 45°
ความสูงหอทำน้ำเย็น	= 10.92 m

3. ความดันสูญเสีย

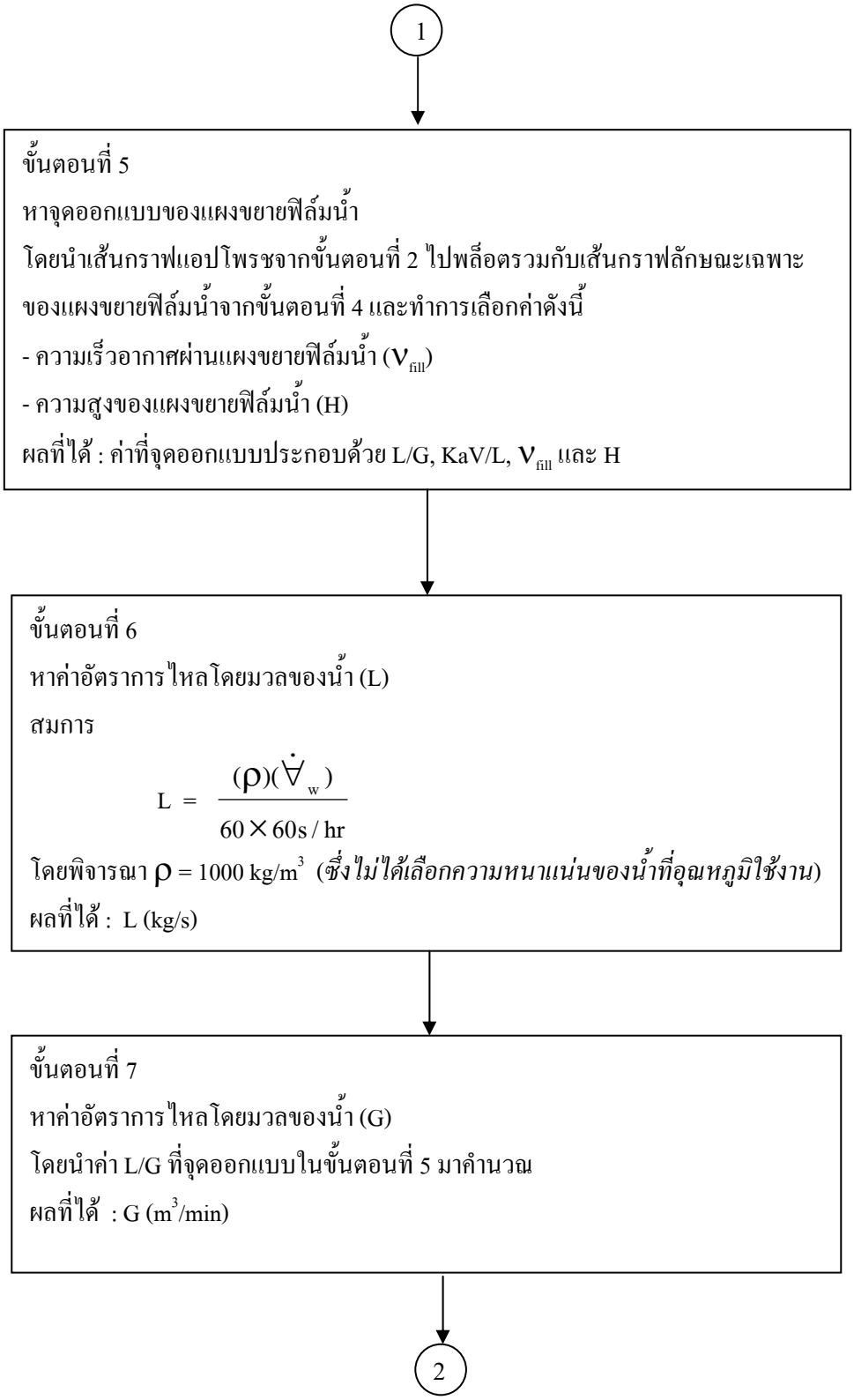
ความดันสถิต (SP)	= 0.355 in-wg	ความดันสถิตที่ภาวะมาตรฐาน (SP_{std})	= - in-wg
ความดันความเร็ว (VP_{std})	= 0.25 in-wg		

4. ขนาดพัดลม

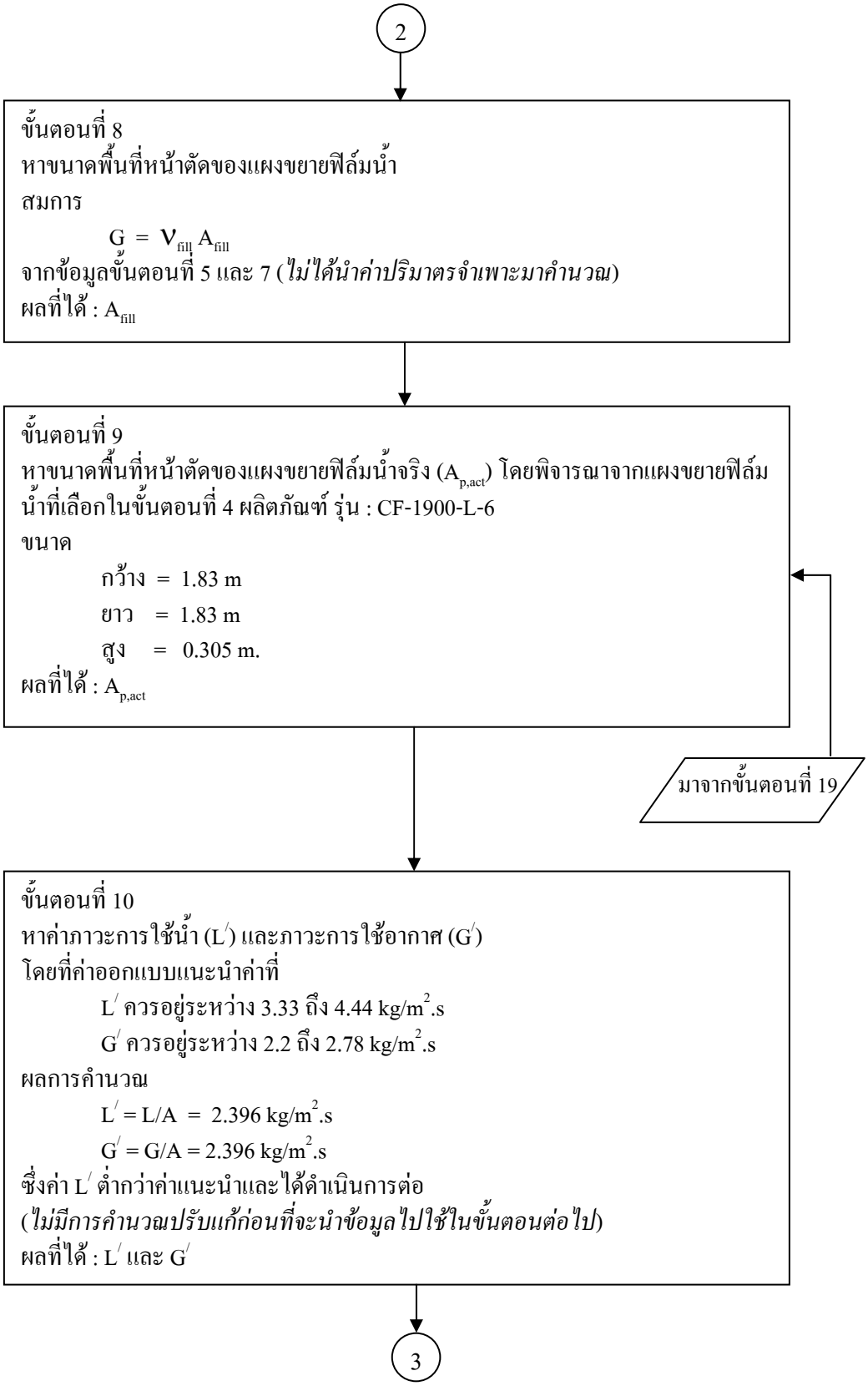
เส้นผ่านศูนย์กลางพัดลม	= 16 ft	เส้นผ่านศูนย์กลางดุมพัดลม	= 3.35 ft
จำนวนใบพัดลม	= - ใบ	จำนวนรอบของพัดลม (rpm)	= -
ปริมาณอากาศที่ผ่านพัดลม	= 386,448.75 ft^3/min	อัตราการทดรอบ	= 10 : 1
มุมกระจายลมสูงสุดจากปลายแผงขยาย		กำลังม้าเบรกมอเตอร์	= 60 hp
ฟิล์มน้ำถึงปากปล่องปล่อยลมทางเข้า	= 30°		



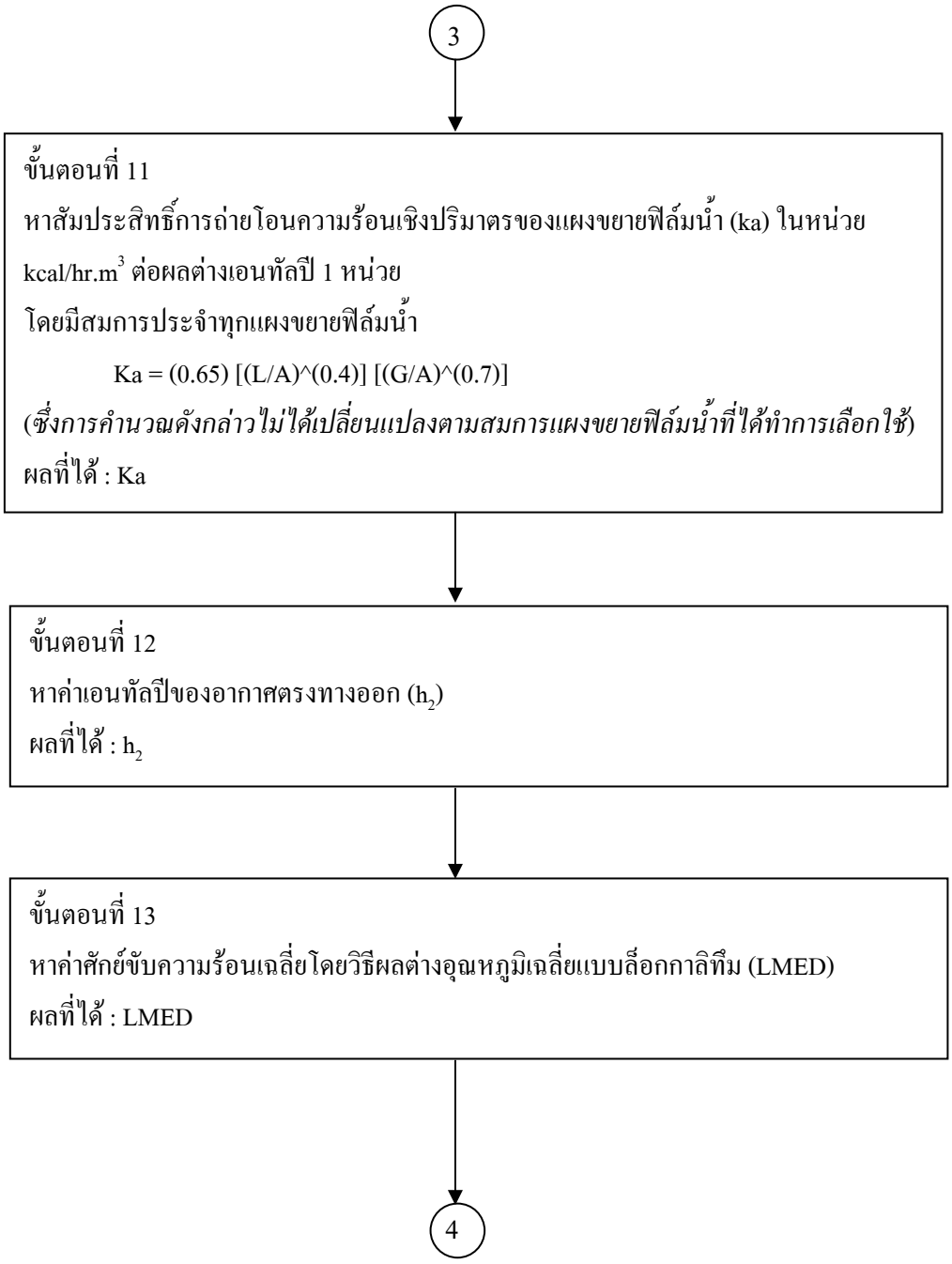
<u>ภาพผนวกที่ ง2</u> แผนผังแสดงขั้นตอนการคำนวณหอทำน้ำเย็นของบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นรายหนึ่ง



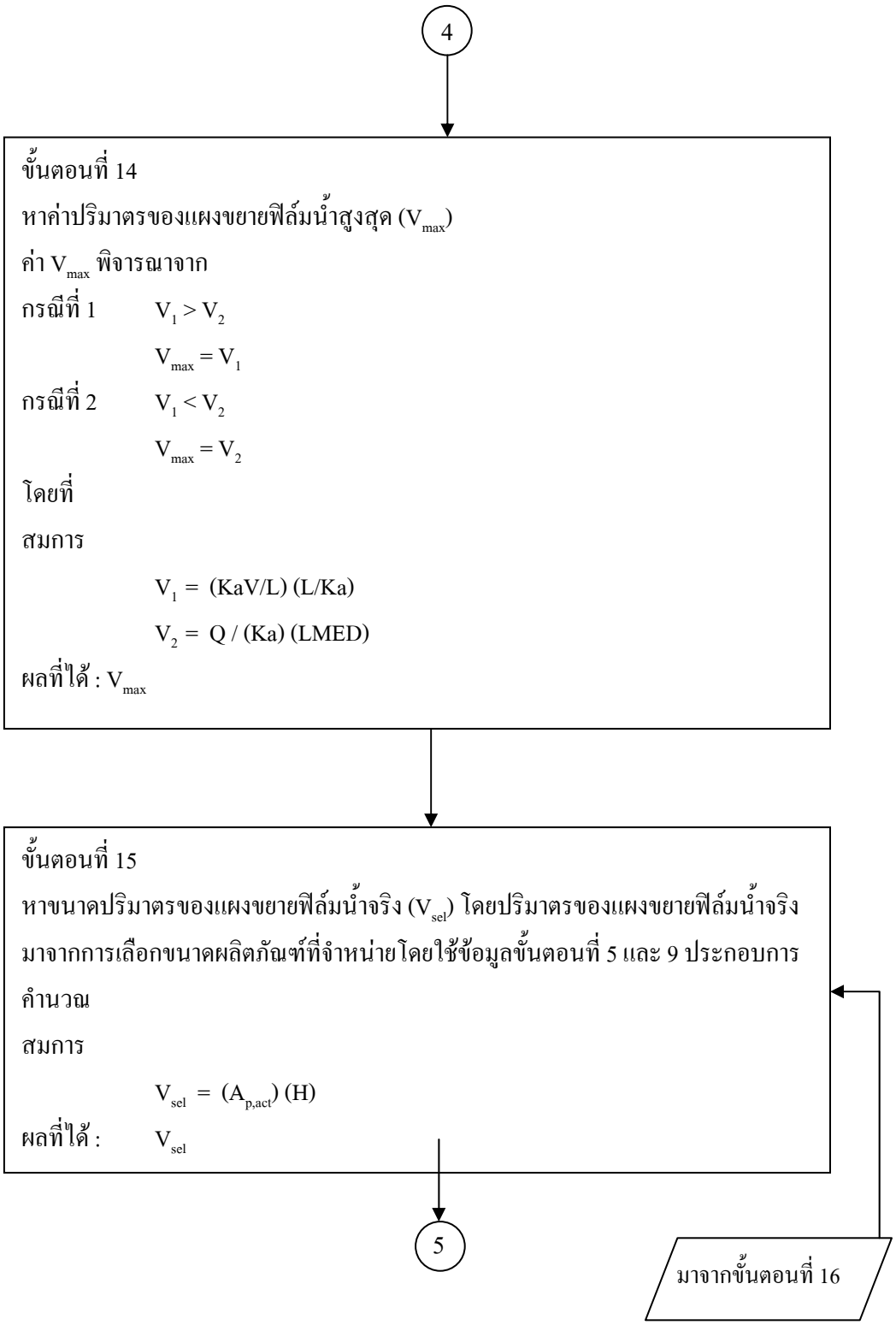
ภาพผนวกที่ ง2 (ต่อ)



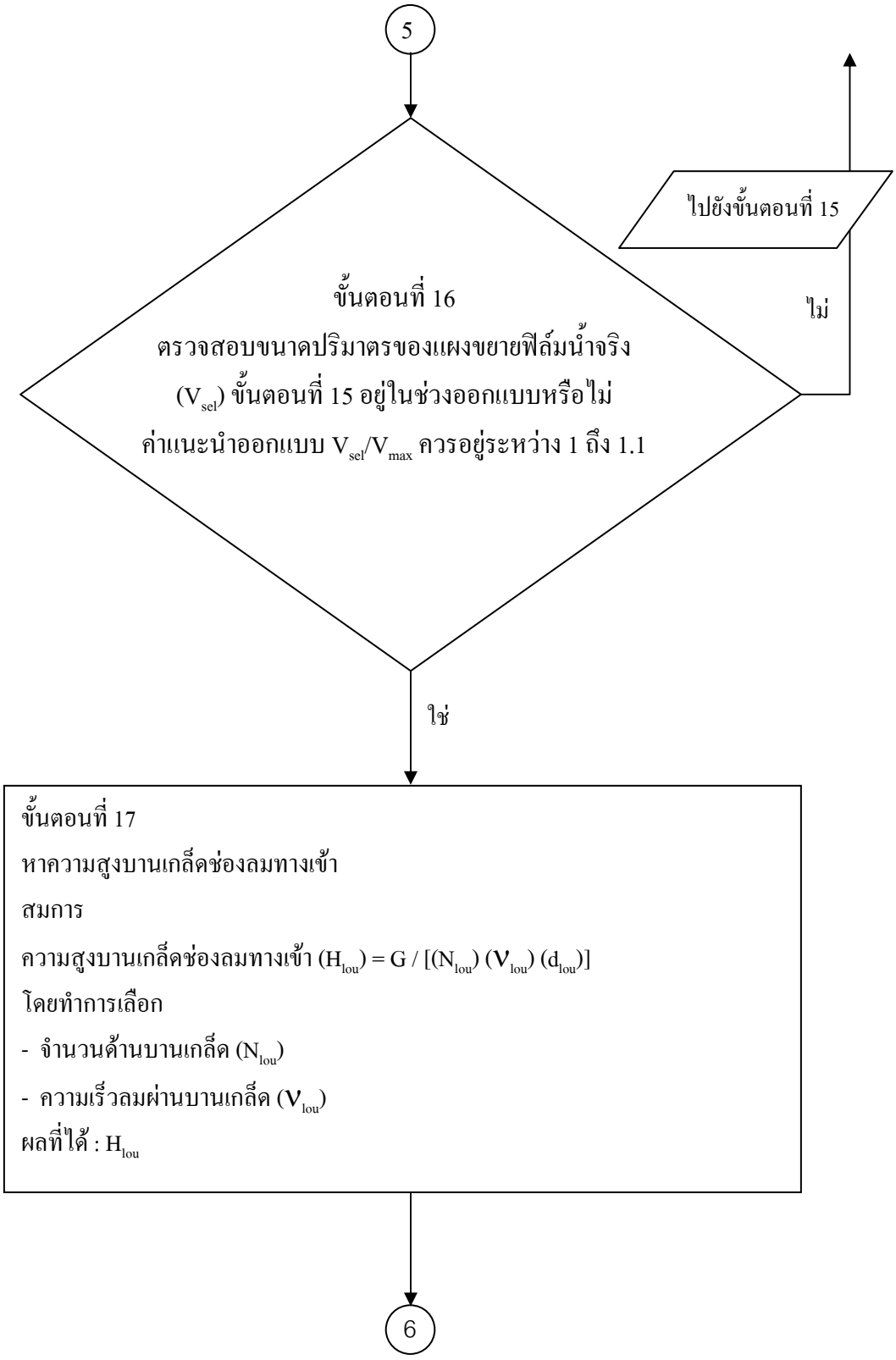
<u>ภาพผนวกที่ ง2</u> (ต่อ)



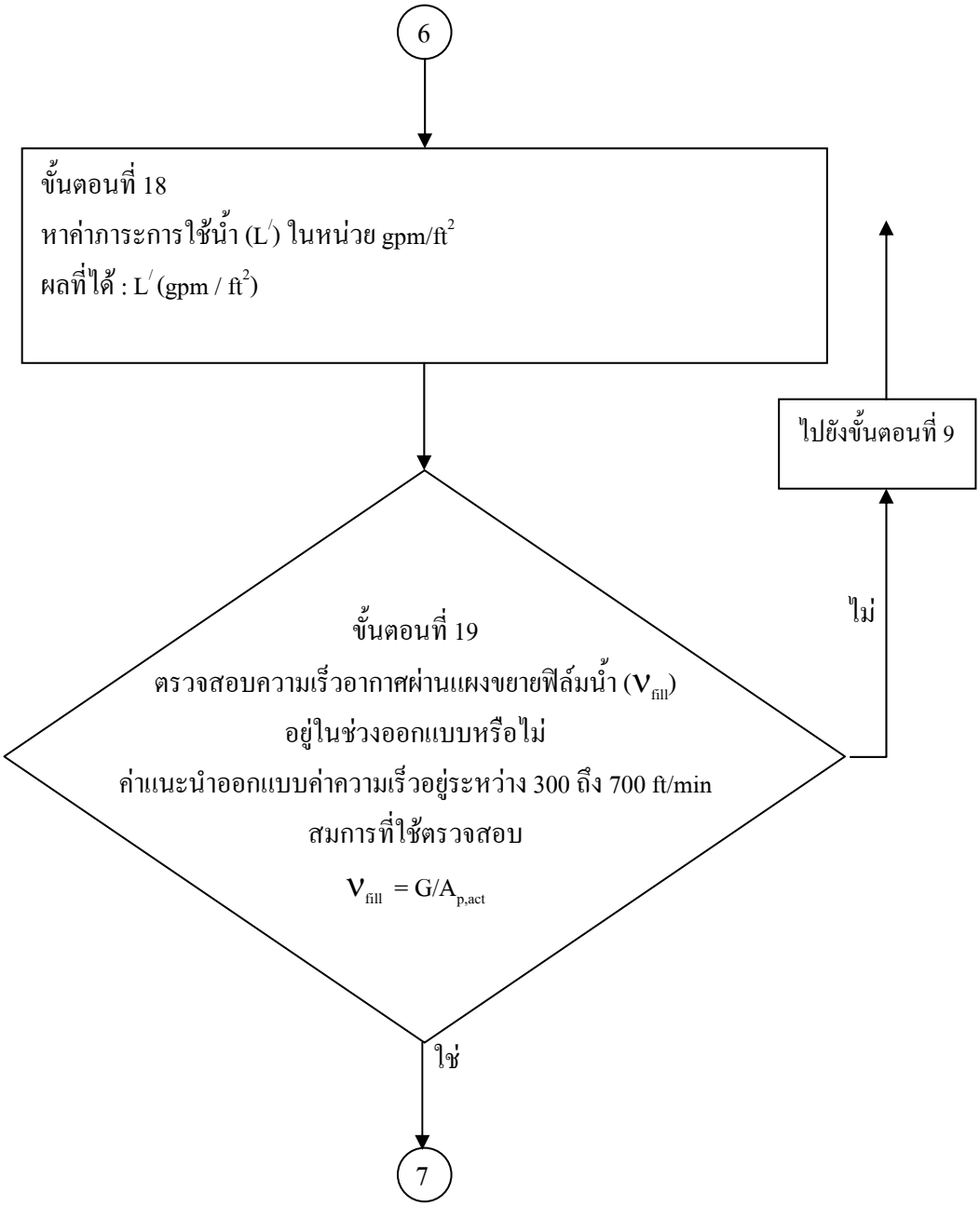
<u>ภาพผนวกที่ ง2</u> (ต่อ)



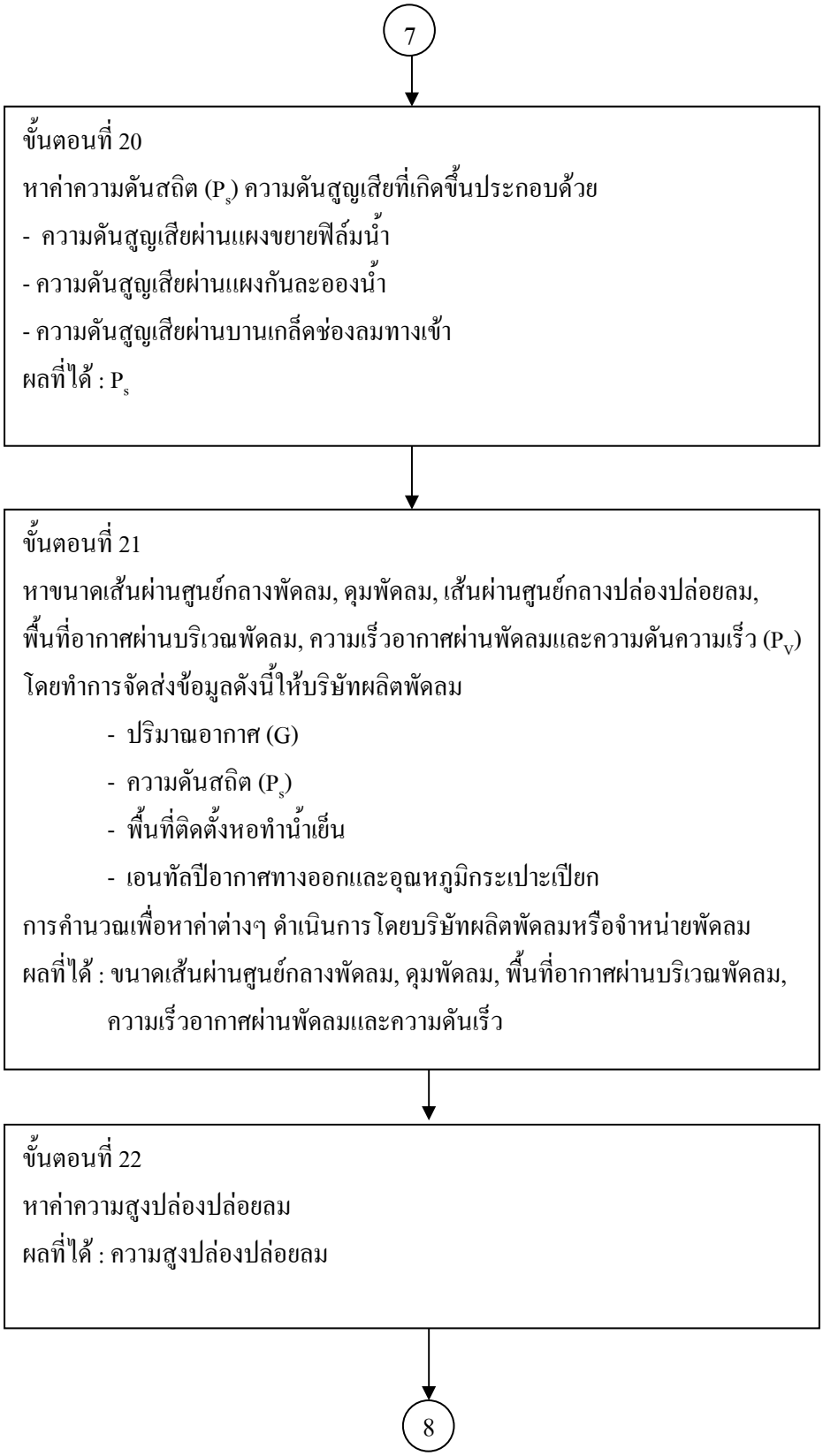
<u>ภาพผนวกที่ ง2</u> (ต่อ)



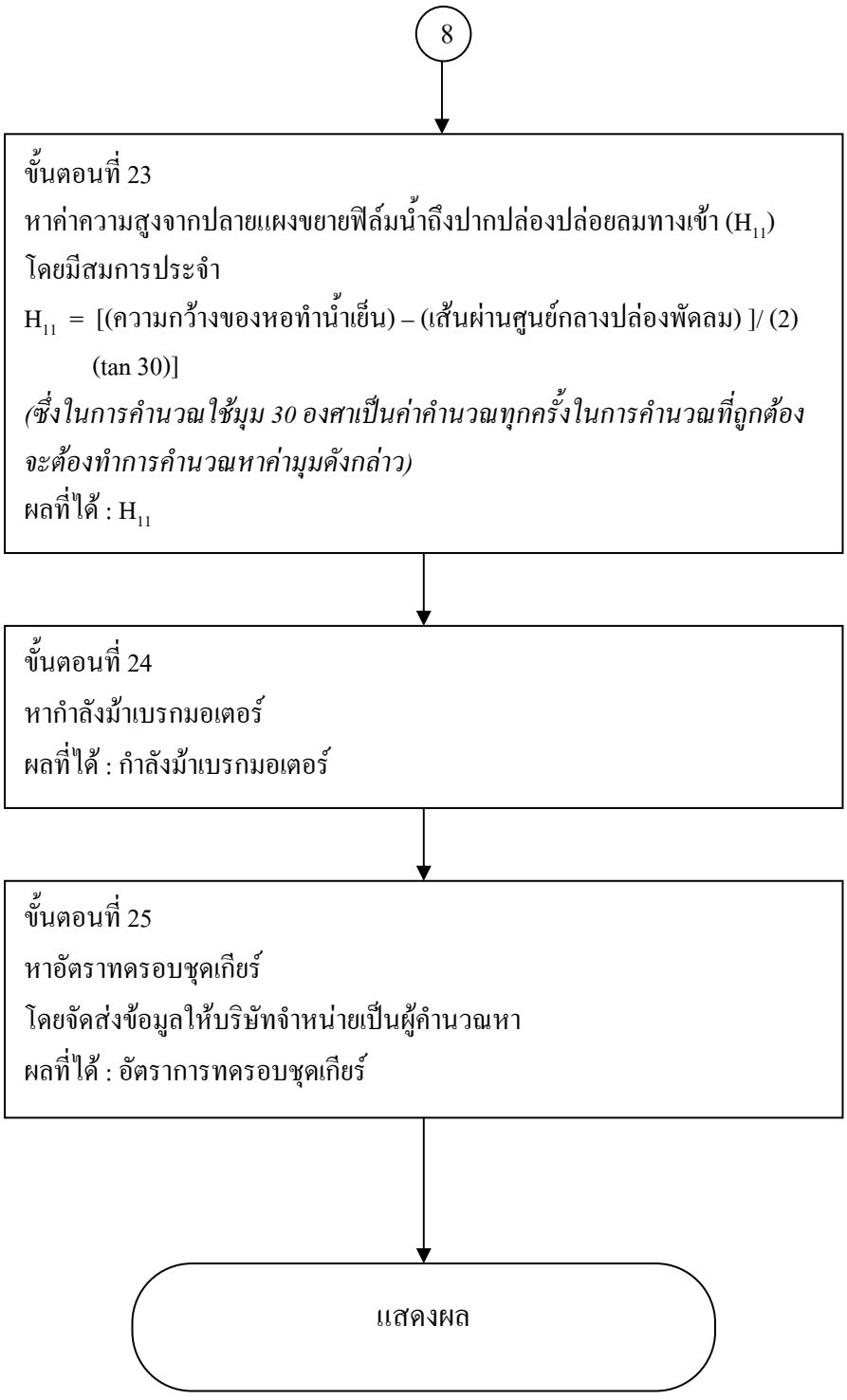
<u>ภาพผนวกที่ ง2</u> (ต่อ)



<u>ภาพผนวกที่ ง2</u> (ต่อ)



<u>ภาพผนวกที่ ง2</u> (ต่อ)



<u>ภาพผนวกที่ ง2</u> (ต่อ)

ภาคผนวก จ
แสดงวิธีการคำนวณหาค่าความหนาแน่นของน้ำ, เอนทัลปีของอากาศและการเลือกจำนวนเซล

<u>แสดงวิธีการคำนวณหาค่าความหนาแน่นของน้ำ เอนทัลปีของอากาศและการเลือกจำนวนเซล</u>

การคำนวณหาค่าความหนาแน่นของน้ำและการหาค่าเอนทัลปีของอากาศมีรายละเอียดดังนี้

1. การคำนวณจากความสัมพันธ์ของตารางคุณสมบัติฟิสิกส์ของน้ำ

น้ำซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง $29^{o}C \leq T_m \leq 60^{o}C$ จะพิจารณาความหนาแน่นจาก

$$\rho_w = 1{,}000.9 - 0.04T_m - 0.0043T^2_m \qquad (1)$$

2. การหาค่าเอนทัลปีของอากาศ

การหาค่าเอนทัลปีของอากาศนอกจากหาจากตารางภาคผนวก ข. สามารถหาได้จากสมการซึ่งสมการที่ได้เป็นการนำข้อมูลในตารางภาคผนวก ข. ไปสร้างสมการได้ดังนี้

2.1 เอนทัลปีของอากาศชื้นอิ่มตัวที่อุณหภูมิน้ำเข้าและออกจากหอทำน้ำเย็น

ถ้าอุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ $24^{o}C$ ถึง $38^{o}C$

$$h_w = 0.1251\,(T)^2 - 2.232\,(T) + 53.945 \ \text{kJ/kg} \qquad (2)$$

ถ้าอุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ $38^{o}C$ ถึง $48^{o}C$

$$h_w = 0.2412\,(T)^2 - 11.023\,(T) + 220.96 \ \text{kJ/kg} \qquad (3)$$

2.2 เอนทัลปีของอากาศชื้นที่ทางเข้าของหอทำน้ำเย็น ในที่นี้สมมติให้เป็นเอนทัลปีของอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกที่วัดตรงทางเข้าหอน้ำเย็น

ถ้าอุณหภูมิกระเปาะเปียกอยู่ในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ $24^{o}C$ ถึง $38^{o}C$

$$h = 0.1251\,(T_{wb})^2 - 2.232(T_{wb}) + 53.945 \ \text{kJ/kg} \qquad (4)$$

<u>การพิจารณาจำนวนเซลล์ของหอทำน้ำเย็น</u>

1. ความต้องการของผู้ใช้งานอุปกรณ์

เช่น อาคารหลังหนึ่ง ใช้เครื่องทำน้ำเย็น ขนาด 400 ตัน จำนวน 4 ชุด ความต้องการของผู้ใช้ ต้องการใช้หอทำน้ำเย็น 1 ชุด กับเครื่องทำน้ำเย็น 4 ชุด ดังนั้นอาคารดังกล่าวใช้หอทำน้ำเย็นจำนวน 4 ชุด

2. ความสะดวกในการซ่อมบำรุงเพื่อให้ระบบทำงานได้

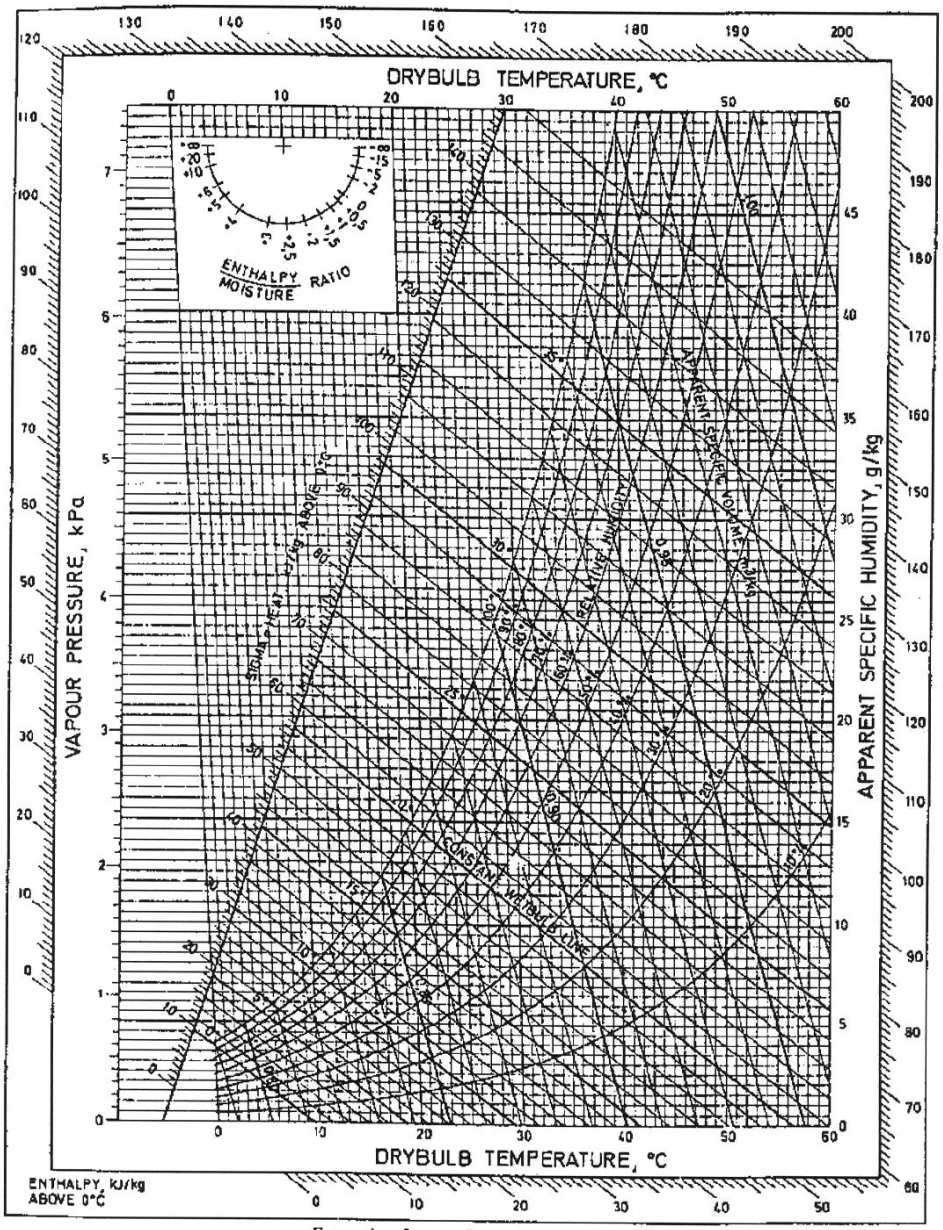
เช่น อาคารหลังหนึ่งใช้หอทำน้ำเย็นในการระบายความร้อน ขนาด 1200 ตัน จำนวน 3 ชุด ในกรณีที่หอทำน้ำเย็นชุดใดชุดหนึ่งเสียสามารถซ่อมและใช้งานชุดที่เหลือได้

3. ความเหมาะสมในการใช้งานให้เข้ากับอุปกรณ์ที่ต้องการระบายความร้อนของอาคาร

เช่น อาคารหลังหนึ่งมีภาระที่ต้องการระบายความร้อน 1200 ตัน ทางเจ้าของใช้เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 400 ตัน จำนวน 3 ชุด และใช้หอทำน้ำเย็นจำนวน 3 ชุด ซึ่งบางช่วงฤดูกาลหรือบางช่วงเวลาเครื่องทำน้ำเย็นใช้เพียง 2 ชุดและหอทำน้ำเย็นใช้เพียง 2 ชุด

4. ข้อจำกัดในพื้นที่ติดตั้งที่หน้างาน

ภาคผนวก ฉ
แผนภูมิอากาศชั้น



. Example of a psychrometric chart, at 100kPa.
(after Barenbrug A.W.T. "Psychrometry and Psychrometric Charts" (1))

Reproduced by courtesy of the Chamber of Mines of South Africa.

<u>ภาพผนวกที่ ฉ1</u> แผนภูมิอากาศชื้น

ภาคผนวก ช

แสดงวิธีการคำนวณหาความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะ ขณะผ่านบานเกล็ดช่องลมทางเข้า แผงกันละอองน้ำ และแผงขยายฟิล์มน้ำ และแสดงการแปลงหน่วยภาระการใช้น้ำ

1. แสดงวิธีการคำนวณหาความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะ ขณะผ่านบานเกล็ดช่องลมทางเข้าแผงกันละอองน้ำ แผงขยายฟิล์มน้ำและแสดงการแปลงหน่วยภาระการใช้น้ำ

สมบัติของอากาศที่ใช้ในการคำนวณ ได้แก่ ความหนาแน่น และปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้น โดยพิจารณาจากสภาพทางเข้า และทางออกของหอทำน้ำเย็น

อากาศทางเข้า ตามมาตรฐาน CTI กำหนดอากาศชื้นเข้าหอทำน้ำเย็นที่สภาวะ $T_{wb,1}$ = 28.5°C และ 50% RH แผนภูมิไซโครเมตริก หรือ อาศัยแผนภูมิอากาศชื้น

$$\upsilon_{in} = 0.915 \quad m^3/kg - dry\ air$$

$$\omega = 0.21 \quad kg\text{-}vap/kg\text{-}dry\ air$$

$$\rho_{a,in} = \frac{(1+\omega)}{\nu_{in}}$$

$$= \frac{(1+0.21)}{0.915} \quad kg\text{-}moist\ air/m^3$$

$$= 1.322 \quad kg\text{-}moist\ air/m^3$$

โดยที่

υ_{in} = ปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้นทางเข้า

ω = อัตราส่วนความชื้นทางเข้า

$\rho_{a,in}$ = ความหนาแน่นของอากาศชื้นทางเข้า

อากาศทางออก ตามมาตรฐาน CTI ได้พิจารณาอากาศชื้นออกจากหอทำน้ำเย็นที่สภาวะของอากาศอิ่มตัว โดยเอนทัลปีของอากาศอิ่มตัวที่ทางออกนี้ คำนวณจากสมการ

$$h_2 = h_1 + C_{pf}\,(L/G)\,(T_1 - T_2)$$

$$= 21.995 + (0.997)\,(1.33)(10) \quad kcal/kg$$

$$= 35.2551 \quad kcal/kg$$

$$= 147.61 \quad kJ/kg$$

เมื่อคำนวณเอนทัลปีของอากาศอิ่มตัวได้แล้ว จะนำค่าที่ได้ไปเปิดแผนภูมิอากาศชื้น หรือตารางสมบัติของอากาศอิ่มตัวเพื่อหาค่าดังนี้

υ_{out} = 0.956 $m^3/kg - dry\ air$

$\rho_{a,out}$ = 1.136 $kg\text{-}moist\ air/m^3$

$T_{wb,2}$ = 37.67 ^oC

โดยที่

υ_{out} = ปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้นทางออก

$\rho_{a,out}$ = ความหนาแน่นของอากาศชื้นทางออก

ปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้นเฉลี่ยและความหนาแน่น เฉลี่ยพิจารณาจาก ค่าที่สภาวะทางเข้าและทางออกของอากาศ

$$\upsilon_{avg} = \frac{(0.915 + 0.956)}{2}$$

$$= 0.9355 \ m^3/kg\text{-}dry\ air$$

$$\rho_{a,avg} = \frac{(1.322 + 1.136)}{2}$$

$$= 1.229 \ kg\text{-}moist\ air/m^3$$

โดยที่

υ_{avg} = ปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้นเฉลี่ย

$\rho_{a,avg}$ = ความหนาแน่นเฉลี่ยของอากาศ

แสดงวิธีการหาค่าภาวะอากาศทางออกเมื่อทราบค่า h_2 สามารถดำเนินการได้ดังนี้

1.1 หา $T_{wb,2}$ นำค่า h_2 ไปเปิดตารางภาคผนวก ข. ตารางสมบัติของอากาศอิ่มตัว

h(kcal/kg)	T (C^o)
35.136	37.6
35.2551	$T_{wb,2}$
35.312	37.7

$$T_{wb,2} = 37.6 + \frac{(35.2551 - 35.136)}{(35.312 - 35.136)}(37.7 - 37.6)$$

$$= 37.67^oC$$

1.2 หา $\rho_{a,out}$ นำค่า $T_{wb,2}$ ไปเปิดตารางอากาศอิ่มตัว ภาคผนวก ซ.

T (^oC)	ρ (kg – moist air / m^2)
37	1.139
37.67	$\rho_{a,out}$
38	1.135

$$\rho_{a,out} = 1.139 - \frac{(1.139 - 1.135)}{(38 - 37)}(37.67 - 37)$$

$$= 1.136 \quad kg - moist\ air/m^2$$

1.3 หา υ_{out} นำค่า $T_{wb,2}$ ไปเปิดหาค่าจากแผนภูมิอากาศชื่อภาคผนวก ช ที่ $\rho_{a,out}$ และ 100% RH

จะได้ $\upsilon_{out} = 0.956 \quad m^3/kg - dry\ air$

2. แสดงการแปลงหน่วยภาระการใช้น้ำ ภาระการใช้น้ำ (L′) จากค่าแนะนำออกแบบ อยู่ในช่วง 3.33 – 4.44 $kg/s.m^2$ ทำการแปลงหน่วยจาก $kg/s.m^2$ เป็น gpm/ft^2

จากเงื่อนไขการออกแบบ

$T_1 = 42^oC$

$T_2 = 32^oC$

$T_m = \frac{42+32}{2}\ ^oC$

$= 37^oC$

จากตารางภาคผนวก ค และสมการ ภาคผนวก จ จะได้ความหนาแน่นของน้ำเฉลี่ย $(\rho_{w,m}) = 993\ m^3/kg$

2.1 ภาระการใช้น้ำ $(L') = 3.33\ kg/s.m^2$ ทำการแปลงหน่วยจะได้

$(3.33\ kg/s.m^2)\ (60\ s/min)$

$= 199.8\ kg/min.m^2$

$= \frac{(199.8 kg/min.m^2)}{(993 kg/m^3)}$

$= 0.2012044\ m^3/min.m^2$

$= \frac{(0.2012094)(1000)}{3.785412}\ gpm/m^2$

$= 53.1536\ gpm/m^2$

$= \frac{53.1536}{10.7639}\ gpm/ft^2$

$= 4.94\ gpm/ft^2$

2.2 ภาระการใช้น้ำ $(L') = 4.44\ kg/s.m^2$ ทำการแปลงหน่วยจะได้

$(4.44\ kg/s.m^2)\ (60\ s/min)$

$= 266.4\ kg/min.m^2$

$= \frac{(266.4 kg/min.m^2)}{(993 kg/m^3)}$

$= 0.2682779\ m^3/min.m^2$

$= \frac{(0.2682779)(1000)}{3.7852}\ gpm/m^2$

$= 70.875 \quad gpm/m^2$

$= \frac{70.8755}{10.7639} \quad gpm/ft^2$

$= 6.58 \quad gpm/ft^2$

หมายเหตุ

$1\ m^3 = 1000\ l$

$1\ gpm = 3.7852\ l/min$

$1\ m^2 = 10.7639\ ft^2$

ภาคผนวก ซ
ตารางคุณสมบัติอากาศอิ่มตัว

ตารางผนวกที่ ซ1 แสดงคุณสมบัติอากาศอิ่มตัว

Temp (^{o}C)	Dry air		Temp (^{o}C)	Dry air	
	Specific heat capacity at constant pressure (kJ/kgK)	Density (kg/m^{3})		Specific heat capacity at constant pressure (kJ/kgK)	Density (kg/m^{3})
10	0.987	1.247	31	0.993	1.161
11	0.988	1.243	32	0.993	1.157
12	0.988	1.239	33	0.993	1.154
13	0.988	1.234	34	0.993	1.150
14	0.988	1.230	35	0.993	1.146
15	0.989	1.226	36	0.994	1.142
16	0.989	1.221	37	0.994	1.139
17	0.989	1.217	38	0.994	1.135
18	0.989	1.213	39	0.994	1.131
19	0.990	1.209	40	0.994	1.128
20	0.990	1.205	41	0.995	1.124
21	0.990	1.201	42	0.995	1.121
22	0.990	1.197	43	0.995	1.117
23	0.990	1.193	44	0.995	1.114
24	0.990	1.189	45	0.995	1.110
25	0.991	1.185	46	0.996	1.107
26	0.991	1.181	47	0.996	1.103
27	0.991	1.177	48	0.996	1.100
28	0.992	1.173	49	0.996	1.096
29	0.992	1.169	50	0.996	1.093
30	0.992	1.164			

ที่มา: Hill and Pring (1990)

ภาคผนวก ฌ
แสดงขนาดอุปกรณ์ประกอบหอทำน้ำเย็นที่จำหน่าย ในท้องตลาด

ตารางผนวกที่ ฌ1 แสดงขนาดแผงขยายฟิล์มน้ำ

ลำดับ	รุ่นมาตรฐาน	ขนาด			หมายเหตุ
		กว้าง (mm)	ยาว (mm)	สูง (mm)	
1	CF1900 – L – 4	1220	1220	0.305	
2	CF 1900 – L – 6	1829	1829	0.305	
3	CF 1900 – L – 8	2439	2439	0.305	
4	CF 1900 – L – 10	3048	3048	0.305	

ที่มา: Brentwood Industries., Inc. (n.d.)

ตารางผนวกที่ ฌ2 แสดงขนาดบานเกล็ดช่องลมทางเข้า

ลำดับ	รุ่นมาตรฐาน	ขนาด			หมายเหตุ
		กว้าง (mm)	ยาว (mm)	สูง (mm)	
1	CL-100	305	305	63.5	

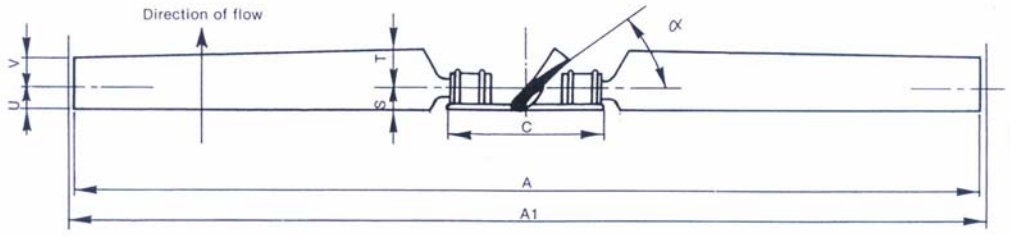
ที่มา: Brentwood Industries., Inc. (n.d.)

ตารางผนวกที่ ฌ3 แสดงขนาดแผงกันละอองน้ำ

ลำดับ	รุ่นมาตรฐาน	ขนาด			หมายเหตุ
		กว้าง (mm)	ยาว (mm)	สูง (mm)	
1	DE-097	590	457	121	

ที่มา: Brentwood Industries., Inc. (n.d.)

<u>ตารางผนวกที่ ฌ4</u> แสดงขนาดต่างๆ ของพัดลม



Casing Dia A1 (mm)	Casing Hight (mm)	Fan dia. A ft/mm	Hub dia C (mm)	Blade dimensions for α = 27.5 max				Number of blades	
				S	T	U	V		
2770	350	9/2743	540	110	185	80	140	3,4,5,6	
2800		2775		115	190				
3080		10/3048		115	190				
3150		3120		120	195				
3390	450	11/3353		120	200				
3550		3515		125	205				
3695		12/3658		125	205				
4000		13/3960		140	230				7,8
4310	500	14/4267	630	145	240	95	160		
4500		4455		150	245				
4925		16/4877		154	250				7,8,9
5000		4950	900	154	250	100	170		
5540	550	18/5486	1120	157	253	105	175		
5600		5545		157	253				
6160		20/6096		160	255				
6300		6240		160	255				
6775		22/6706		165	265				
7100		7030		165	265				
7390	700	24/7315		175	275	140	240		
8000		26/7925		215	340				
8620	750	28/8535	1400	220	345				
9000		8910		220	345				
9240		30/9145		220	345				
9850		32/9755		225	355				
10000		9900		230	360				

ที่มา : Howden Cooling Fans

ตารางผนวกที่ ฌ5 แสดงสมการลักษณะเฉพาะความดันสูญเสียผ่านช่องลมทางเข้าหอทำน้ำเย็น (ΔP_{lou})

ลำดับ	สมการ	รุ่น	หมายเหตุ
1	$\Delta P = 8.5122E-08 (\nu_{lou})^{1.95}$	CL-100	

ที่มา: Brentwood Industries., Inc. (n.d.)

ตารางผนวกที่ ฌ6 แสดงสมการลักษณะเฉพาะความดันสูญเสียผ่านแผงขยายฟิล์มน้ำ (ΔP_{fill})

ลำดับ	สมการ	รุ่น	หมายเหตุ
1	$\Delta P = 0.95 [6.7033E-07 (\nu_{p,act})^2 + 2.41582E-05(L^o) (\nu_{p,act})](H/4)^{0.8}$	CF-1900	

ที่มา: Brentwood Industries., Inc. (n.d.)

ตารางผนวกที่ ฌ7 แสดงสมการลักษณะเฉพาะความดันสูญเสียผ่านแผงกันละอองน้ำ ($\Delta P_{d.c}$)

ลำดับ	สมการ	รุ่น	หมายเหตุ
1	$\Delta P_{d.e.} = 1.5391 E-08 (\nu_{diff})^{1.5352}$	DE-080	
2	$\Delta P_{d.e.} = 8.6398E-07 (\nu_{diff})^{1.6489}$	DE-120	
3	$\Delta P_{d.e.} = 3.2143E-08 (\nu_{diff})^2 + 7.7357E-05 (\nu_{diff}) - 1.4757E-02$	CDX – 150	
4.	$\Delta P_{d.e.} = 4.6429E-08 (\nu_{diff})^2 + 7.7071E-05 (\nu_{diff}) - 1.4071E-02$	CDX-080	
5	$\Delta P_{d.e.} = 9.5017E-07 (\nu_{diff})^{1.7548}$	DE-097	

ที่มา: Brentwood Industries., Inc. (n.d.)

<u>ตารางผนวกที่ ฌ8</u> แสดงขนาดต่างๆ ของมอเตอร์ที่ 3000 rpm, 2-pole,50Hz

กำลังไฟฟ้า		จำนวนรอบ	ประสิทธิภาพ	กำลังไฟฟ้า		จำนวนรอบ	ประสิทธิภาพ
kw	hp	rpm	%	kw	hp	rpm	%
0.09	0.12	2830	63.0	11	15.00	2940	89.5
0.12	0.17	2800	65.0	15	20.00	2940	90.0
0.18	0.25	2820	63.0	18.5	25.00	2940	91.0
0.25	0.33	2830	65.0	22	30.00	2945	91.6
0.37	0.50	2740	66.0	30	40.00	2950	91.8
0.55	0.75	2800	71.0	37	50.00	2955	92.9
0.75	1.00	2855	73.0	45	60.00	2960	93.6
1.1	1.50	2845	77.0	55	75.00	2970	93.6
1.5	2.00	2860	79.0	75	100.00	2975	94.5
2.2	3.00	2880	82.0	90	125.00	2975	95.1
3	4.00	2890	84.0	110	150.00	2982	94.6
4	5.50	2905	86.0	132	180.00	2982	95.1
5.5	7.50	2925	86.5	160	220.00	2982	95.5
7.5	10.00	2930	88.0	200	270.00	2982	95.9

ที่มา: Siemens Limited (n.d.)

ตารางผนวกที่ ฌ9 แสดงขนาดต่างๆ ของมอเตอร์ที่ 1500rpm, 4-pole,50Hz

กำลังไฟฟ้า		จำนวนรวม	ประสิทธิภาพ	กำลังไฟฟ้า		จำนวนรอบ	ประสิทธิภาพ
kw	hp	rpm	%	kw	hp	rpm	%
0.06	0.08	1350	56.0	11	15.00	1460	88.5
0.09	0.12	1350	58.0	15	20.00	1460	90.0
0.12	0.17	1350	55.0	18.5	25.00	1465	90.4
0.18	0.25	1350	60.0	22	30.00	1465	91.0
0.25	0.33	1350	60.0	30	40.00	1465	91.6
0.37	0.50	1370	65.0	37	50.00	1475	92.2
0.55	0.75	1395	67.0	45	60.00	1475	93.1
0.75	1.00	1395	72.0	55	75.00	1480	93.5
1.1	1.50	1415	77.0	75	100.00	1485	94.2
1.5	2.00	1420	79.0	90	125.00	1485	94.6
2.2	3.00	1420	82.0	110	150.00	1488	94.6
3	4.00	1420	83.0	132	180.00	1488	95.2
4	5.50	1440	85.0	160	220.00	1486	95.7
5.5	7.50	1455	86.0	200	270.00	1486	95.9
7.5	10.00	1455	87.0				

ที่มา: Siemens Limited (n.d.)

ตารางผนวกที่ ฌ10 แสดงขนาดต่างๆ ของมอเตอร์ที่ 1000rpm, 6-pole,50Hz

กำลังไฟฟ้า		จำนวนรวม	ประสิทธิภาพ	กำลังไฟฟ้า		จำนวนรอบ	ประสิทธิภาพ
kw	hp	rpm	%	kw	hp	rpm	%
0.09	0.12	850	45.0	11	15.00	960	87.5
0.18	0.25	850	53.0	15	20.00	965	88.9
0.25	0.33	860	60.0	18.5	25.00	975	89.8
0.37	0.50	920	62.0	22	30.00	975	90.3
0.55	0.75	910	67.0	30	40.00	978	91.8
0.75	1.00	915	69.0	37	50.00	980	92.3
1.1	1.50	915	72.0	45	60.00	985	92.4
1.5	2.00	925	74.0	55	75.00	985	92.7
2.2	3.00	940	78.0	75	100.00	988	93.5
3	4.00	950	79.0	90	125.00	988	93.9
4	5.50	950	80.5	110	150.00	988	94.3
5.5	7.50	950	83.0	132	180.00	988	94.8
7.5	10.00	960	86.0	160	220.000	988	95.0

ที่มา: Siemens Limited (n.d.)

<u>ตารางผนวกที่ ฌ11</u> แสดงขนาดต่างๆ ของมอเตอร์ที่ 750 rpm, 8-pole,50Hz

กำลังไฟฟ้า		จำนวนรอบ	ประสิทธิภาพ	กำลังไฟฟ้า		จำนวนรอบ	ประสิทธิภาพ
kw	hp	rpm	%	kw	hp	rpm	%
0.09	0.12	630	53.0	11	15.00	725	87.5
0.12	0.17	645	53.0	15	20.00	725	87.7
0.18	0.25	675	51.0	18.5	25.00	730	89.4
0.25	0.33	685	55.0	22	30.00	730	89.7
0.37	0.50	675	63.0	30	40.00	730	91.4
0.55	0.75	675	66.0	37	50.00	735	92.0
0.75	1.00	680	66.0	45	60.00	735	92.4
1.1	1.50	680	72.0	55	75.00	740	93.0
1.5	2.00	705	74.0	75	100.00	738	93.3
2.2	3.00	700	75.0	90	125.00	738	93.4
3	4.00	700	77.0	110	150.00	738	94.0
4	5.50	715	80.0	132	180.00	738	94.2
5.5	7.50	710	83.5				
7.5	10.00	715	85.5				

ที่มา: Siemens Limited (n.d.)

ภาคผนวก ญ
เปรียบเทียบผลการคำนวณหอทำน้ำเย็นที่ได้จากการออกแบบ กับผลการคำนวณที่จำหน่ายในท้องตลาด

เปรียบเทียบผลการคำนวณหอทำน้ำเย็นที่ได้จากการออกแบบ กับผลการคำนวณที่จำหน่ายในท้องตลาด

การออกแบบหอทำน้ำเย็นชนิดลมดูดแบบไหลสวนทางสำหรับงานอุตสาหกรรม โดยวิธีขั้นพื้นฐานที่ทำการศึกษานั้น ได้นำวิธีดังกล่าวไปคำนวณหาขนาดเปรียบเทียบกับหอทำน้ำเย็นที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

หอทำน้ำเย็นชนิดลมดูดแบบไหลสวนทางสำหรับงานอุตสาหกรรม ได้ทำการคำนวณเปรียบเทียบระหว่างการคำนวณ โดยวิธีขั้นพื้นฐานกับการคำนวณบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นรายหนึ่ง ซึ่งได้แสดงผลการคำนวณไว้ในตารางที่ 6 และได้แสดงวิธีการคำนวณของบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นรายหนึ่งในภาคผนวก ง โดยมีเนื้อหาดังนี้

เงื่อนไขของการออกแบบ

- อุณหภูมิน้ำร้อนเข้าหอทำน้ำเย็น (T_1)	42	^oC
- อุณหภูมิน้ำเย็นออกหอทำน้ำเย็น (T_2)	32	^oC
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกอากาศเข้า ($T_{wb,1}$)	28.5	^oC
- อัตราการไหลของน้ำเข้าหอทำน้ำเย็น ($\dot{\forall}_w$)	866.7	m^3/hr

ตารางผนวกที่ ญ1 แสดงผลการคำนวณเปรียบเทียบระหว่างการคำนวณโดยวิธีขั้นพื้นฐานกับการคำนวณบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นรายหนึ่งสำหรับหอทำน้ำเย็นงานอุตสาหกรรม

ลำดับ	รายละเอียด	การคำนวณโดยวิธีขั้นพื้นฐาน		การคำนวณโดยบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นรายหนึ่ง	
1	แสดงผลการคำนวณ				
1.1	ข้อมูลด้านความร้อน				
	- เอนทัลปีของน้ำเข้า ($h_{w,1}$)	43.81	kcal/kg	43.83	kcal/kg
	- เอนทัลปีของน้ำออก ($h_{w,2}$)	26.41	kcal/kg	26.42	kcal/kg
	- เอนทัลปีของอากาศเข้า (h_1)	21.995	kcal/kg	22.00	kcal/kg
	- เอนทัลปีของอากาศออก (h_2)	35.2551	kcal/kg	34.00	kcal/kg
	- อุณหภูมิกระเปาะเปียกอากาศออก ($T_{wb,2}$)	37.67	^{o}C	36.00	^{o}C
	- ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (C_{pf})	0.997	kcal/kg^{o}C	1	kcal/kg^{o}C
	- ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิเฉลี่ย ($\rho_{w,m}$)	993	kg/m^3	1000	kg/m^3
	- อัตราการไหลโดยมวลของน้ำ (L)	239.06	kg/s	240.78	kg/s
	- อัตราการไหลโดยมวลของอากาศ (G)	179.74	kg/s	200.59	kg/s
	- ปริมาตรจำเพาะของอากาศทางเข้า (υ_{in})	0.915	m^3/kg		-
	- ปริมาตรจำเพาะของอากาศทางออก (υ_{out})	0.956	m^3/kg		-
	- ปริมาตรจำเพาะของอากาศเฉลี่ย (υ_{avg})	0.9355	m^3/kg		-

ตารางผนวกที่ ญ1 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	การคำนวณโดยวิธีขั้นพื้นฐาน		การคำนวณโดยบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นรายหนึ่ง	
	- ปริมาณลมผ่านหอทำน้ำเย็น ($\dot{\forall}_a$)	10,309.8	m^3/min	10,943	m^3/min
	- อัตราการถ่ายเทความร้อนของน้ำ ($\dot{Q}_w$)	8,580,341.52	kcal/hr	8,667,000	kcal/hr
	- ภาระการใช้อากาศ (G')	2.71	$kg/m^2.s$	2.396	$kg/m^2.s$
	- ภาระการใช้น้ำ (L')	3.61	$kg/m^2.s$	2.876	$kg/m^2.s$
	- อัตราส่วน L/G	1.33		1.2	
	- สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อน (KaV/L)	1.79		1.642	
	- จำนวนเซล (cell)	1		1	
1.2	ข้อมูลด้านขนาด				
	- ขนาดบานเกล็ดช่องลมทางเข้า				
	ความกว้าง	8.42	m	9.15	m
	ความสูง	1.3725	m	2.5	m
	พื้นที่	45.2	m^2	45.75	m^2
	ปริมาตร	2.87	m^3	2.91	m^3
	ความเร็วของอากาศผ่านบานเกล็ด	716.27	ft/min	787.4	ft/min
	- ขนาดแผงขยายฟิล์มน้ำ				
	ความกว้าง	8.42	m	9.15	m

ตารางผนวกที่ ญ1 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	การคำนวณโดยวิธีขั้นพื้นฐาน		การคำนวณโดยบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นรายหนึ่ง	
	ความยาว	8.42	m	9.15	m
	ความสูง	1.22	m	1.22	m
	พื้นที่ภาคตัดขวางของแผงขยายฟิล์มน้ำ	70.896	m^2	83.72	m^2
	ปริมาตร	86.50	m^3	102.138	m^3
	ความเร็วของอากาศผ่านบานเกล็ด	466.68	ft/min	428.84	ft/min
-	ขนาดแผงกันละอองน้ำ				
	ความกว้าง	8.42	m	9.15	m
	ความยาว	8.42	m	9.15	m
	ความสูง	0.121	m	0.121	m
	พื้นที่ภาคตัดขวางของแผงกันละอองน้ำ	70.896	m^2	83.72	m^2
	ความเร็วของอากาศผ่านบานเกล็ด	477	ft/min	428.84	ft/min
-	ขนาดปล่องปล่อยลม				
	เส้นผ่านศูนย์กลางปล่องปล่อยลมทางออก (m)	4.74		4.88	
	ความสูงปล่อยปล่อยลม (m)	2.72		2.5	

ตารางผนวกที่ ญ1 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	การคำนวณโดยวิธีขั้นพื้นฐาน		การคำนวณโดยบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นรายหนึ่ง	
	- ขนาดตัวเรือนหอทำน้ำเย็น				
	ความกว้างตัวเรือนหอทำน้ำเย็น (m)	8.42		9.15	
	ความยาวตัวเรือนหอทำน้ำเย็น (m)	8.42		9.15	
	- ความสูงหอทำน้ำเย็น (m)	9.85		10.92	
1.3	ความดันสูญเสียและขนาดพัดลม				
	- ความดันสูญเสียผ่านหอทำน้ำเย็นและปล่องปล่อยลม				
	ความดันสถิต (SP)	0.232	in-wg	0.355	in-wg
	ความดันสถิตที่สภาวะมาตรฐาน (SP_{std})	0.244	in-wg	-	
	ความดันความเร็วอากาศ (VP_{std})	0.397	in-wg	0.25	in-wg
	- ขนาดพัดลม				
	เส้นผ่านศูนย์กลางพัดลม	14	ft	16	ft
	เส้นผ่านศูนย์กลางดุมพัดลม	3.5	ft	3.35	ft
	กำลังม้าเบรก	60	hp	60	hp
	มุมกระจายลมสูงสุดจากปลายแผงขยายฟิล์มถึงปล่องปล่อยลมทางเข้า	29^{o}		30^{o}	
	อัตราการทดสอบ	4 : 1		10 : 1	

ภาคผนวก ฎ
ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตัวประกอบความปลอดภัยของบานเกล็ดช่องลมทางเข้า, แผงขยายฟิล์มน้ำ, แผงกันละอองน้ำ จากผลการคำนวณ

ปรับค่าเปอร์เซ็นตัวประกอบความปลอดภัยของบานเกล็ดช่องลมทางเข้า,แผงขยายฟิล์มน้ำ, แผงกันละอองน้ำจากผลการคำนวณ

สำหรับขนาดบานเกล็ดช่องลมทางเข้า , แผงขยายฟิล์มน้ำ , แผงกันละอองน้ำที่ได้จากการคำนวณนั้น ในการนำไปใช้งานจะมีผลจากปัจจัยอื่น ๆ ที่ทำให้ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ดังกล่าวลดลง เช่น ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการติดตั้งเป็นต้น ด้วยเหตุนี้ในการออกแบบจึงควรปรับขนาดอุปกรณ์ดังกล่าว ให้มีขนาดเพิ่มขึ้น โดยในการปรับค่าตัวประกอบความปลอดภัยจะใช้ค่าเท่าไรขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบต้องการเผื่อค่าดังกล่าวประมาณเท่าไร สำหรับในการออกแบบครั้งนี้ใช้ตัวประกอบความปลอดภัย 5 เปอร์เซ็นต์ของขนาดอุปกรณ์ดังกล่าวที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งมีรายละเอียดในการปรับค่าต่าง ๆ ดังนี้

<u>ตารางผนวกที่ ฎ1</u> ขนาดที่เพิ่มค่าตัวประกอบความปลอดภัย 5 เปอร์เซ็นต์

ลำดับ	รายละเอียด	ข้อมูลจากการคำนวณ	ขนาดที่เพิ่มค่าตัวประกอบความปลอดภัย 5 เปอร์เซ็นต์
1	บานเกล็ดช่องลมทางเข้า		
	พื้นที่ (m^2)	40.47	42.5
2	ขนาดแผงขยายฟิล์มน้ำ		
	พื้นที่ภาคตัดขวางของแผง		
	ขยายฟิล์มกันน้ำ (m^2)	66.2	69.51
	ปริมาตร (m^3)	80.764	84.80
3	ขนาดแผงกันละอองน้ำ		
	พื้นที่ภาคตัดขวาง	66.2	69.51

ภาคผนวก ฏ
แสดงราคาหอทำน้ำเย็นชนิดลมดูดแบบไหลสวนทางจากการออกแบบโดยวิธีขั้นพื้นฐานกับการออกแบบโดยบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นรายหนึ่ง

แสดงราคาหอทำน้ำเย็นชนิดลมดูดแบบไหลสวนทางจากการออกแบบโดยวิธีขั้นพื้นฐาน กับการออกแบบโดยบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นรายหนึ่ง

สำหรับหอทำน้ำเย็นชนิดลมดูดแบบไหลสวนทาง สำหรับงานอุตสาหกรรมในการประเมินราคาได้พิจารณาราคาออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย

1. ราคาอุปกรณ์ต่างๆ ของหอทำน้ำเย็น
2. ราคาของโครงสร้างหอทำน้ำเย็น

ซึ่งรายละเอียดของราคาได้แสดงในตารางภาคผนวกดังต่อไปนี้

ตารางผนวกที่ ฎ1 แสดงราคาเปรียบเทียบหอทำน้ำเย็นจากการออกแบบโดยวิธีขั้นพื้นฐานกับการออกแบบบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นรายหนึ่ง

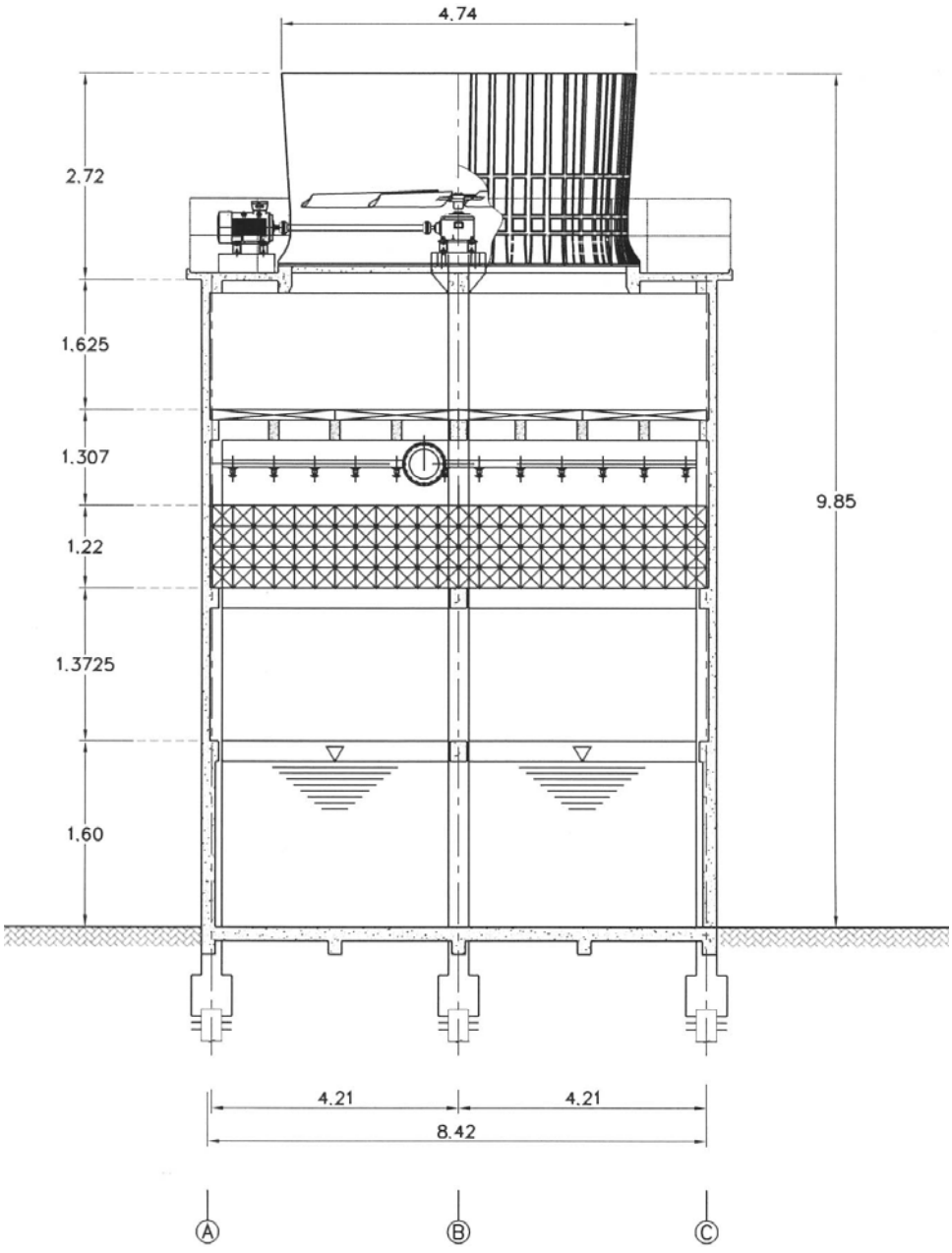
ลำดับ	รายละเอียด	หน่วย	ราคาหอทำน้ำเย็น			
			จำนวน	โดยวิธีขั้นพื้นฐาน (บาท)	จำนวน	บริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นรายหนึ่ง (บาท)
1	ราคาอุปกรณ์ประกอบด้วย					
1.1	บานเกล็ดช่องลมทางเข้า (300 บาท/หน่วย)	pcs.	84	25,200	160	56,000
1.2	แผงขยายฟิล์มน้ำ (750 บาท/หน่วย)	block	504	378,000	600	450,000
1.3	แผงกันละอองน้ำ (500 บาท/หน่วย)	block	126	63,000	150	75,000
1.4	พัดลม	set	1	75,000	1	110,000
1.5	ปล่องปล่อยลม	set	1	35,000	1	45,000
1.6	ชุดห้องเกียร์	set	1	146,000	1	189,000
1.7	มอเตอร์	set	1	66,500	1	66,500
1.8	อุปกรณ์ประกอบและอุปกรณ์ยึดต่างๆ	lot	1	90,200	1	107,200
	รวม 1			878,900		1,098,700
2	ราคาโครงสร้างหอทำน้ำเย็น					
2.1	โครงสร้างเป็นคอนกรีต หนา 20 ซม. (20,000 บาท/m^3)	m^3	134	2,680,000	150	3,000,000
	รวม 2			2,630,000		3,000,000
	รวมราคาหอทำน้ำเย็น			3,558,900		4,098,700

จากตารางภาคผนวกที่ 16 ได้พิจารณาราคาหอทำน้ำเย็นเปรียบเทียบระหว่างหอทำน้ำเย็นที่ได้จากการออกแบบโดยวิธีผู้ผลิตกับราคาที่ได้จากบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นรายหนึ่งผลที่ได้

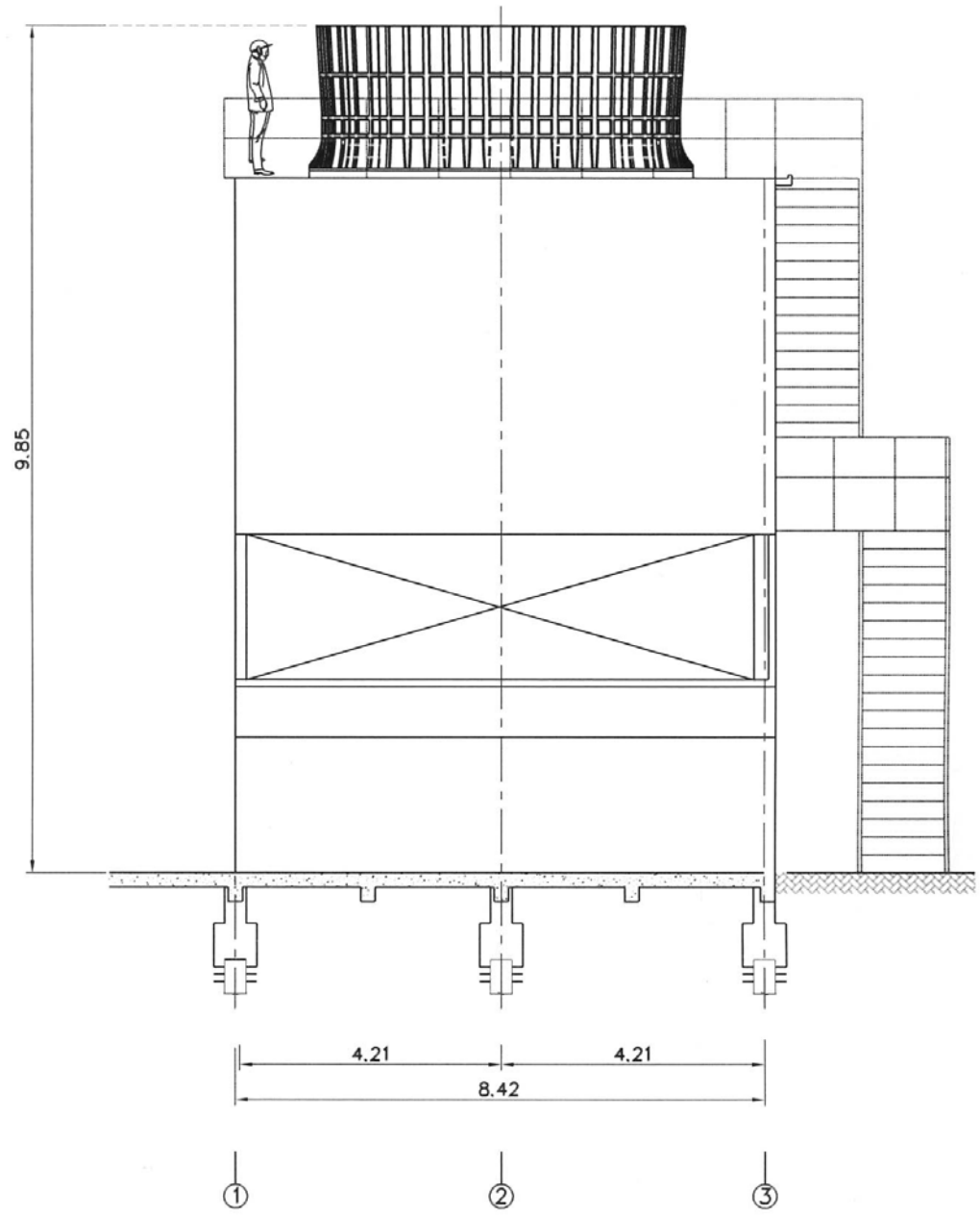
1. ราคาอุปกรณ์ต่าง ๆ หอทำน้ำเย็น
   ราคาที่ได้จากการออกแบบโดยวิธีผู้ผลิตสามารถประหยัดราคาได้ = 219,800.- บาท

2. ราคาโครงสร้างหอทำน้ำเย็น
   ราคาที่ได้จากการออกแบบโดยวิธีผู้ผลิตสามารถประหยัดราคาได้ = 320,000.- บาท

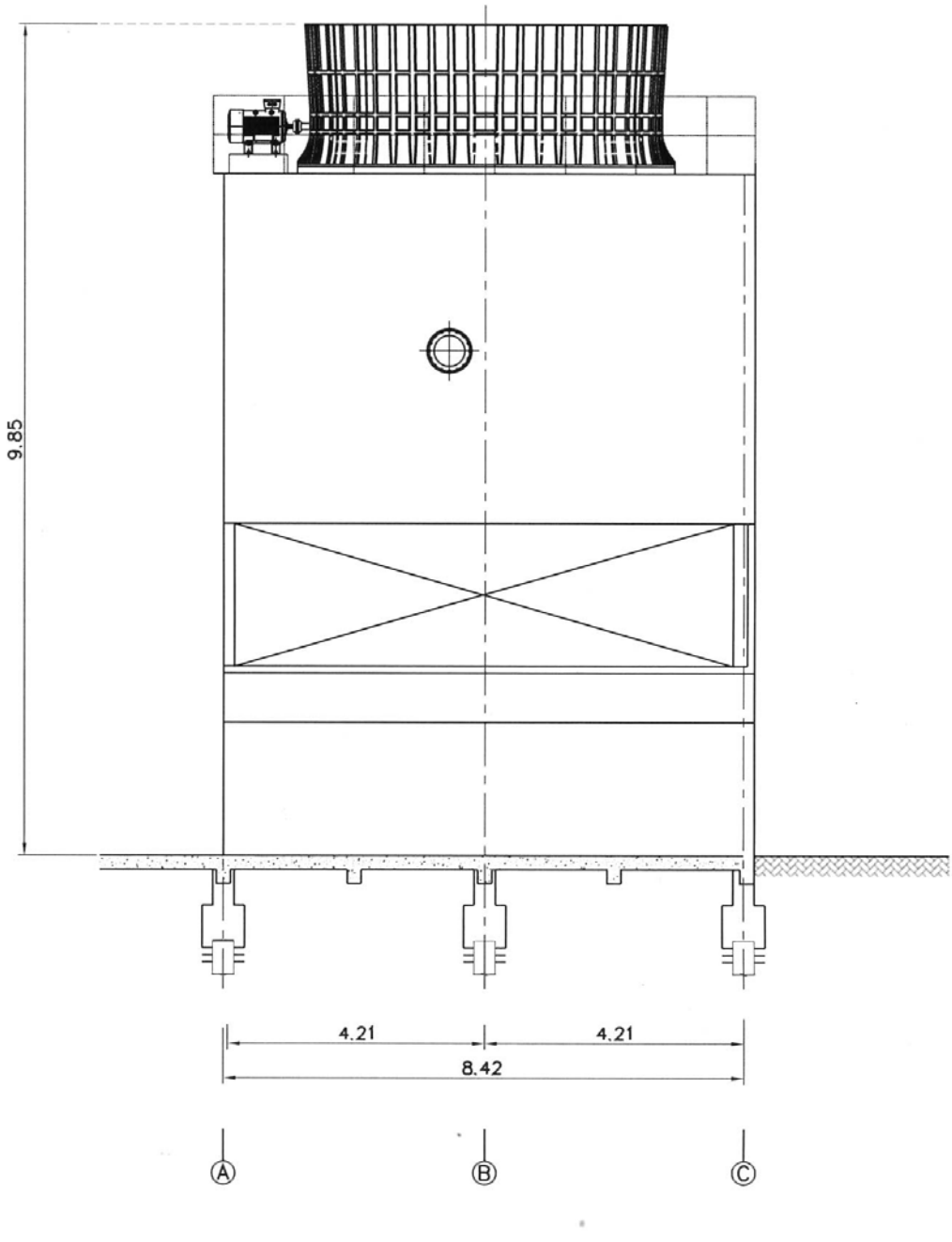
   รวมราคาหอทำน้ำเย็นที่ได้จากการออกแบบโดยวิธีผู้ผลิต
   สามารถประหยัดราคาได้ = 539,800.-บาท



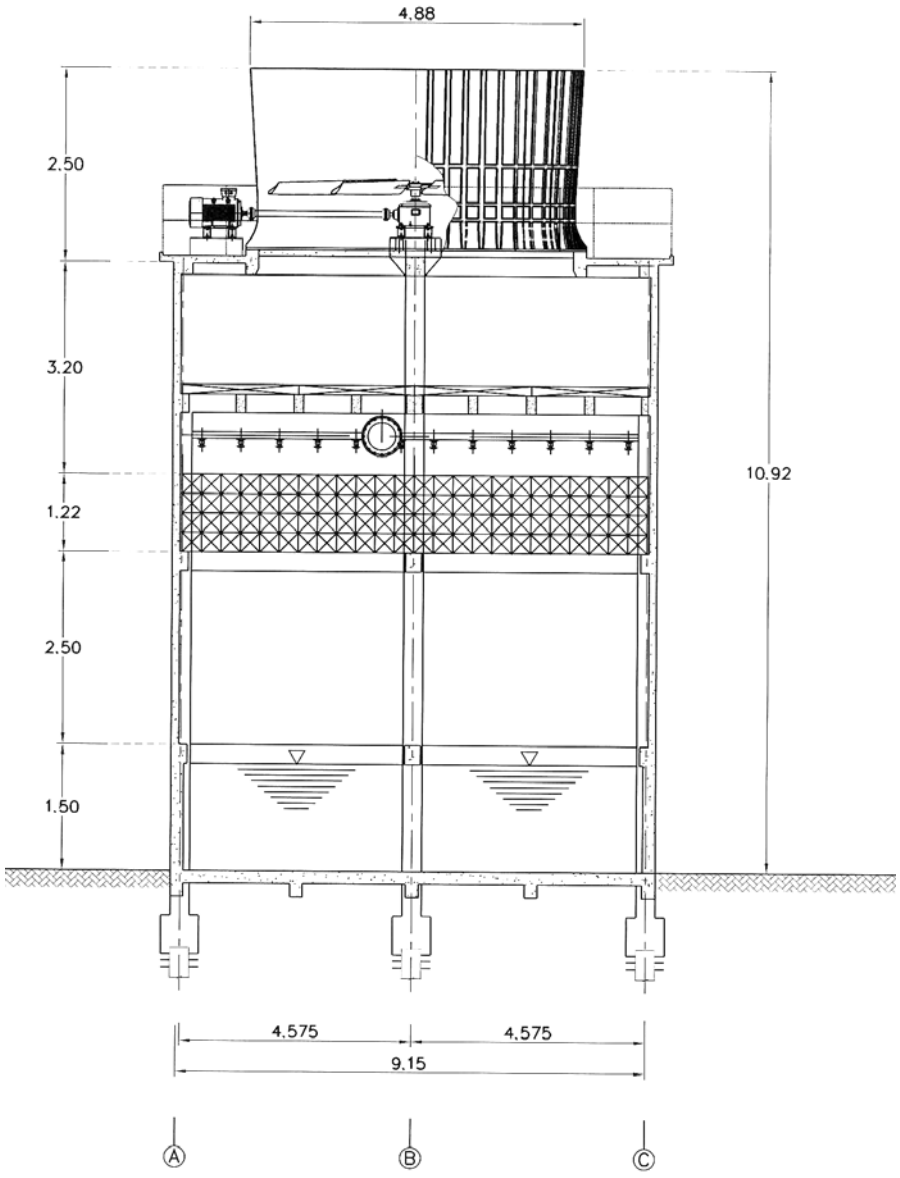
<u>ภาพผนวกที่ ฎ1</u> แสดงขนาดหอทำน้ำเย็นจากการคำนวณโดยวิธีขั้นพื้นฐาน



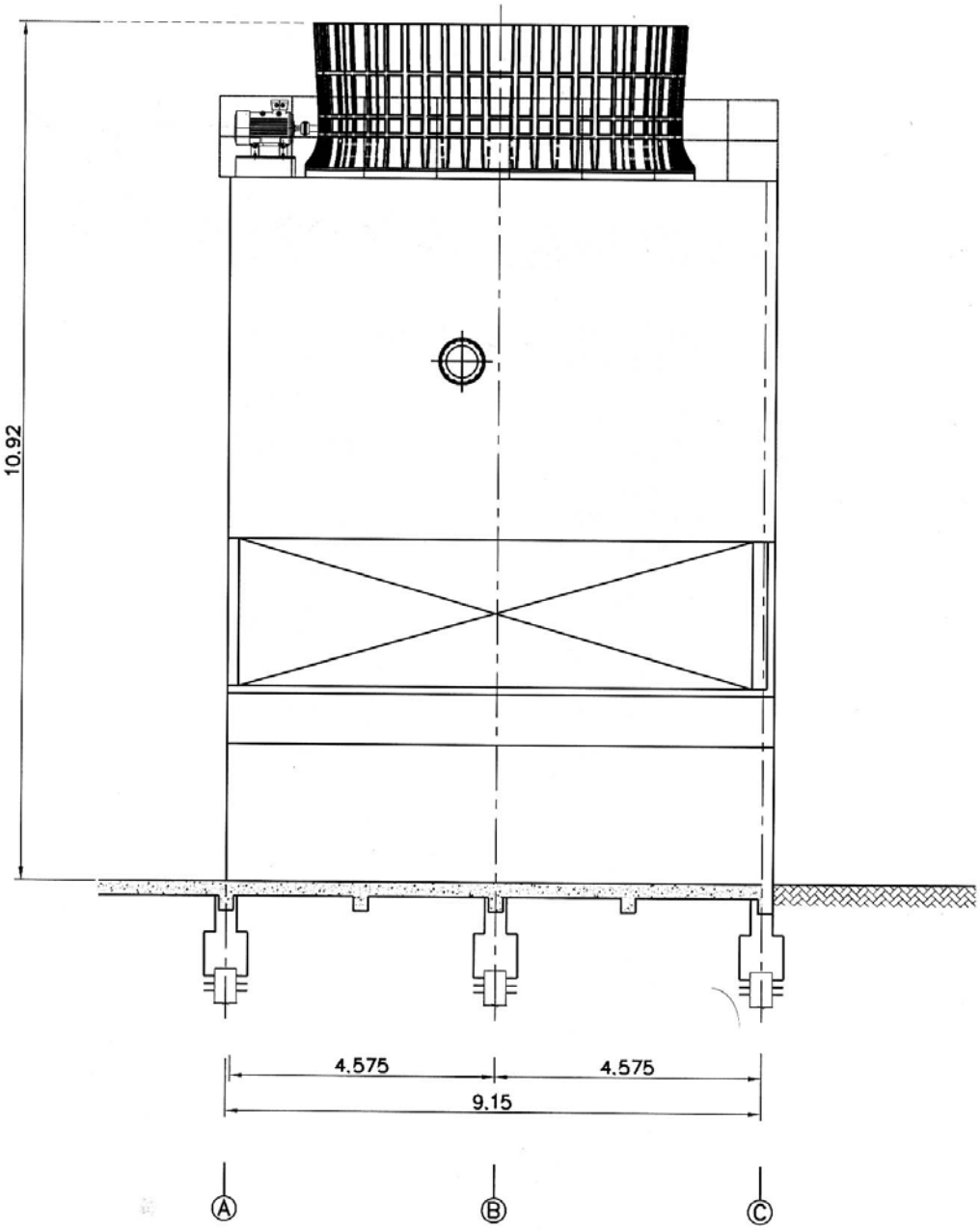
<u>ภาพผนวกที่ ฎ2</u> แสดงภาพด้านหน้าหอทำน้ำเย็นจากการคำนวณโดยวิธีขั้นพื้นฐาน



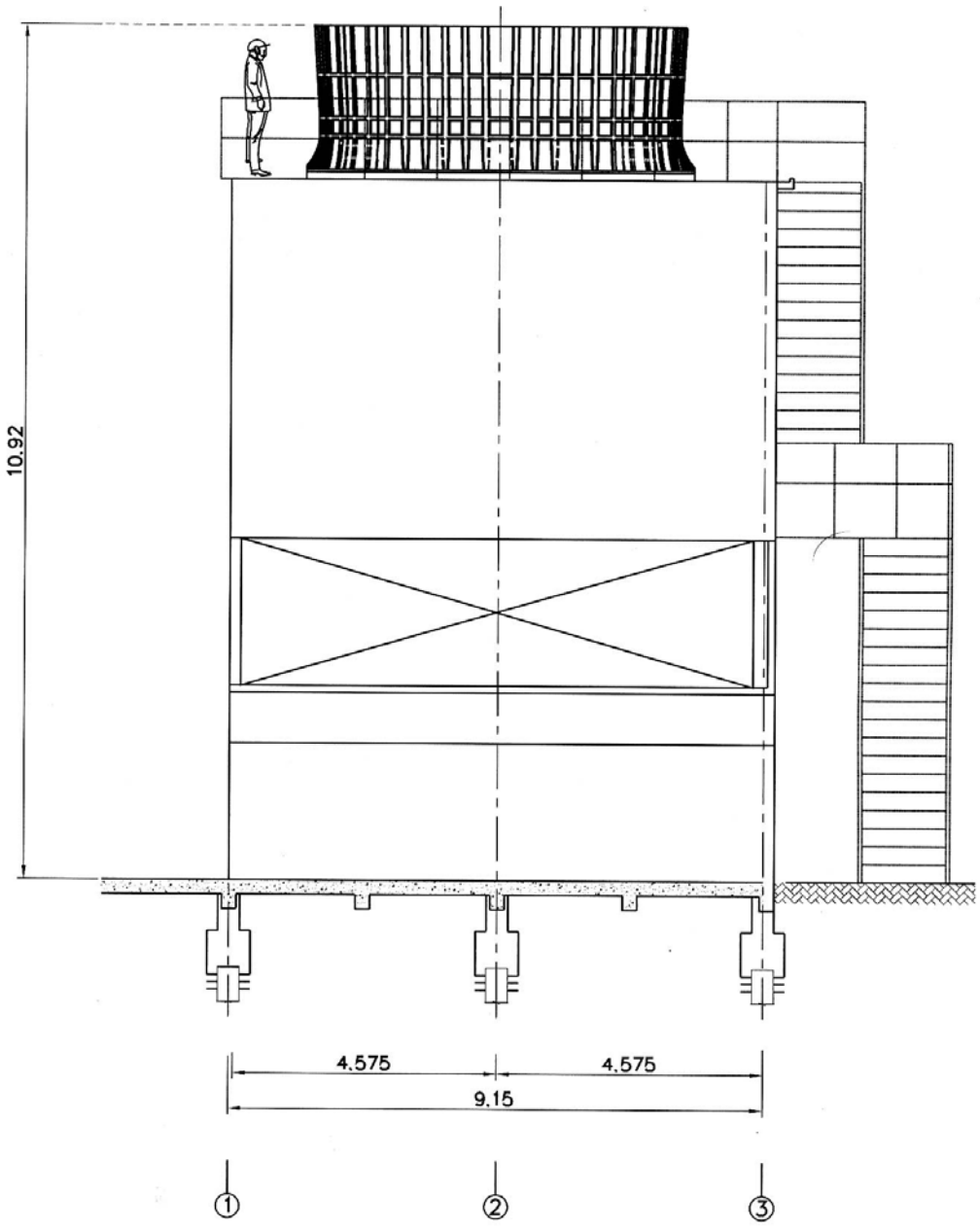
<u>ภาพผนวกที่ ฎ3</u> แสดงภาพด้านข้างหอทำน้ำเย็นจากการคำนวณโดยวิธีขั้นพื้นฐาน



<u>ภาพผนวกที่ ฎ4</u> แสดงขนาดหอทำน้ำเย็นจากการคำนวณโดยบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นรายหนึ่ง



<u>ภาพผนวกที่ ฎ5</u> แสดงภาพด้านหน้าหอทำน้ำเย็นจากการคำนวณโดยบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นรายหนึ่ง



<u>ภาพผนวกที่ ฎ6</u> แสดงภาพด้านข้างหอทำน้ำเย็นจากการคำนวณโดยบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นรายหนึ่ง