

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การสอบไล่ ประจำปีภาคการศึกษาที่ 1

วันที่ 5 ตุลาคม 2548

วิชา 216-433 : Refrigeration and Air - Conditioning

ประจำปีการศึกษา 2548

เวลา 13.30-16.30 น.

ห้อง R 201

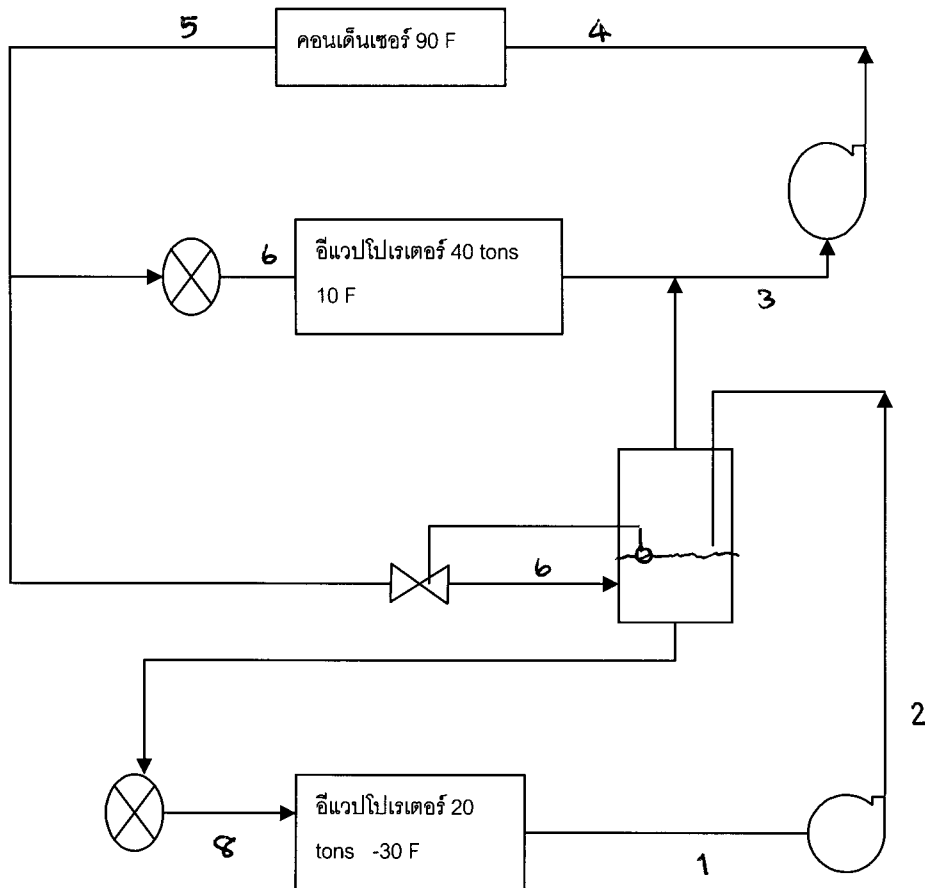
คำสั่ง

1. ข้อสอบมีทั้งหมด 5 ข้อ ใหญ่ ให้ทำทุกข้อ
2. ห้ามนำเอกสารต่าง ๆ เข้าห้องสอบ
3. นำเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบได้

รศ.กำพล ประทีปชัยกูร

ผู้ออกข้อสอบ

1) ระบบทำความเย็นในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารซึ่งใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น เป็นระบบที่มีอีแวปโปเรเตอร์ 2 ชุด ชุดที่ 1 ~~สามารถ~~ให้ความเย็น 20 ตัน ที่อุณหภูมิ -30°F ชุดที่ 2 ให้ความเย็น 40 ตัน ที่อุณหภูมิ 10°F โดยที่ระบบทำความเย็นนี้ใช้คอมเพรสเซอร์ 2 ตัว และมี flash intercooler ดังแสดงในรูป คอนเดนเซอร์ของระบบทำความเย็นนี้มีค่าอุณหภูมิควบแน่น 90°F ให้หาค่ากำลังที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์เป็นกำลังม้า



(25 คะแนน)

2) หอระบายความร้อน (cooling tower) แบบไหลสวนทางตัวหนึ่งมีอัตราไหลเชิงมวลของน้ำ $12,500 \text{ lb/hr}$ มีค่าอัตราส่วน $m_w/m_{da} = 1.2$ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศตรงทางเข้าหอ 80°F ค่า range = 8°F ค่า approach = 6°F ให้หาค่าความร้อนที่ถ่ายเท โดยกำหนดให้แบ่งหอระบายความร้อนเป็นชั้น ๆ มีค่าอุณหภูมิของน้ำที่ลดลงแต่ละชั้นเท่ากับ 2°F ให้แสดงวิธีการคำนวณเพียง 1 ชั้น ที่เหลือให้กำหนดค่าลงในตาราง โดยกำหนด $c_{pw} = 1$

(25 คะแนน)

3) 3.1) ห้องปรับอากาศแห่งหนึ่งถูกควบคุมสภาวะไว้ที่ 80 °FDB 50 %RH อากาศไหลออกจาก cooling coil ที่ 49.5 °FDB 90 %RH ถ้า 2650 cfm ของอากาศไหลกลับ (return air) จากห้องนี้ผสมกับ 7350 cfm ของอากาศเย็น (chilled air) ให้หาอุณหภูมิกระเปาะแห้ง กระเปาะเปียกของอากาศผสม

(15 คะแนน)

3.2) อากาศภายนอกที่ 95 °FDB 76 °FWB ปริมาณ 3000 cfm ผสมกับอากาศไหลกลับจากห้องที่ 80 °FDB 67 °FWB ปริมาณ 6000 cfm 75 % ของอากาศผสมนี้ไหลผ่าน cooling coil และที่ เหลือไหลเลี้ยงผ่านคอยล์ อากาศเย็นออกจากคอยล์เย็นที่ 60 °FDB 58 °FWB ให้หาสภาวะ สุดท้ายของอากาศผสมระหว่างลมเย็นและลมไหลเลี้ยง

(25 คะแนน)

4) 4.1) ให้หาภาวะความเย็นผ่านหลังคาที่บของตึกหลังหนึ่งโดยโครงสร้างหลังคาสามารถจัดอยู่ในประเภท หลังคาหมายเลข 8 หลังคามีพื้นที่ 150 ตารางฟุต ไม่มีฝ้าเพดาน ให้หาภาวะความเย็นผ่านหลังคานี้ที่เวลา 15.00 น เดือนเมษายน โดยที่ตึกดังกล่าวอยู่ที่เส้นรุ้ง 24 °N หลังคามีสีดำ อุณหภูมิออกแบบภายใน 78 °F และอุณหภูมิภายนอก 95 °F อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอก 85 °F

กำหนด

$$CLTD_{corr} = [(CLTD+LM)k + (78-T_i) + (T_{oa} - 85)]f$$

15 คะแนน)

4.2) ให้หาภาวะความเย็นจากคนในธนาคารแห่งหนึ่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

ลูกค้า 20 คน ยืนเข้าแถวหรือเดินไปมา โดยลูกค้าทั้งหมดสมมุติว่าเข้าธนาคารพร้อมกันตั้งแต่ เวลา 9.00 น และออกจากธนาคารเวลา 11.00 น

พนักงานธนาคาร 10 คน นั่งทำงานเบาๆ เข้างานตั้งแต่ 8.00 น ออกจากที่ทำงานเวลา 18.00 น

ให้หาภาวะความเย็นจากคนเหล่านี้ในเวลา 12.00 น

(15 คะแนน)

5) ให้คำนวณขนาดท่อลมเย็นโดยวิธีอัตราเสียดทานเท่ากันที่ 0.1 นิ้วน้ำต่อ 100 ฟุตท่อ ความสูงท่อคงที่ที่ 12 นิ้ว ให้หา velocity pressure ของท่อทุกท่อ

(25 คะแนน)

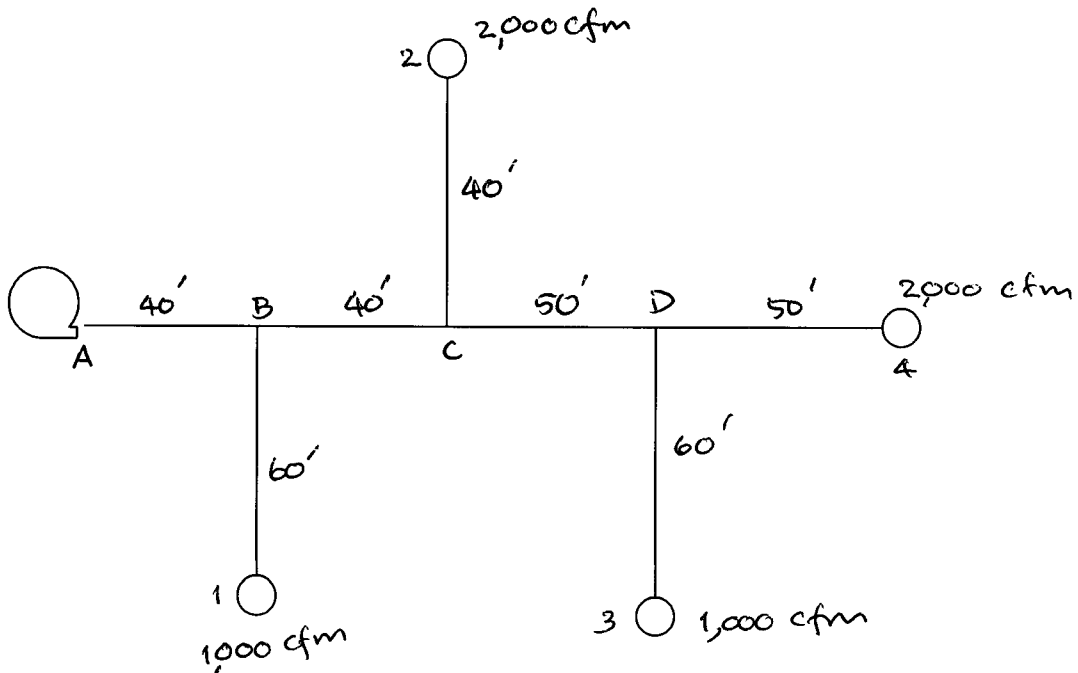


TABLE B-1

Ammonia

Temp. F	Pressure		Volume Vapor ft ³ /lb	Density Liquid lb/ft ³	Enthalpy from -40 F			Entropy from -40 F	
	Abs. lb/in. ²	Gage lb/in. ²			Liquid Btu/lb	Vapor Btu/lb	Latent Btu/lb	Liquid Btu/lb F	Vapor Btu/lb F
<i>t</i>	<i>p</i>	<i>p_g</i>	<i>v_g</i>	<i>1/v_l</i>	<i>h_l</i>	<i>h_g</i>	<i>h_{fg}</i>	<i>s_l</i>	<i>s_g</i>
-100	1.24	*27.4	182.90	45.51	-61.5	571.4	632.9	-0.1579	1.6025
-90	1.86	*26.1	124.28	45.12	-51.4	575.9	627.3	-0.1309	1.5667
-80	2.74	*24.3	86.54	44.73	-41.3	580.1	621.4	-0.1036	1.5336
-70	3.94	*21.9	61.65	44.32	-31.1	584.4	615.5	-0.0771	1.5026
-65	4.69	*20.4	52.34	44.11	-26.0	586.6	612.6	-0.0642	1.4833
-60	5.55	*18.6	44.73	43.91	-20.9	588.8	609.7	-0.0514	1.4747
-55	6.54	*16.6	38.38	43.70	-15.7	591.0	606.7	-0.0382	1.4614
-50	7.67	*14.3	33.08	43.49	-10.5	593.2	603.7	-0.0254	1.4487
-45	8.95	*11.7	28.62	43.28	-5.3	595.7	600.7	-0.0128	1.4363
-40	10.41	*8.7	24.86	43.08	0.0	597.6	597.6	0.0000	1.4242
-38	11.04	*7.4	23.53	42.99	2.1	598.3	596.2	.0051	.4193
-36	11.71	*6.1	22.27	42.90	4.3	599.1	594.8	.0101	.4144
-34	12.41	*4.7	21.10	42.82	6.4	599.9	593.5	.0151	.4096
-32	13.14	*3.2	20.00	42.73	8.5	600.6	592.1	.0201	.4048
-30	13.90	*1.6	18.97	42.65	10.7	601.4	590.7	0.0250	1.4001
-28	14.71	0.0	18.00	42.57	12.8	602.1	589.3	.0300	.3955
-26	15.55	0.8	17.09	42.48	14.9	602.8	587.9	.0350	.3909
-24	16.42	1.7	16.24	42.40	17.1	603.6	586.5	.0399	.3863
-22	17.34	2.6	15.43	42.31	19.2	604.3	585.1	.0448	.3818
-20	18.30	3.6	14.68	42.22	21.4	605.0	583.6	0.0497	1.3774
-18	19.30	4.6	13.97	42.13	23.5	605.7	582.2	.0545	.3729
-16	20.34	5.6	13.29	42.04	25.6	606.4	580.8	.0594	.3686
-14	21.43	6.7	12.66	41.96	27.8	607.1	579.3	.0642	.3643
-12	22.56	7.9	12.06	41.87	30.0	607.8	577.8	.0690	.3600
-10	23.74	9.0	11.50	41.78	32.1	608.5	576.4	0.0738	1.3558
-8	24.97	10.3	10.97	41.69	34.3	609.2	574.9	.0786	.3516
-6	26.26	11.6	10.47	41.60	36.4	609.8	573.4	.0833	.3474
-4	27.59	12.9	9.991	41.52	38.6	610.5	571.9	.0880	.3433
-2	28.98	14.3	9.541	41.43	40.7	611.1	570.4	.0928	.3393
0	30.42	15.7	9.116	41.34	42.9	611.8	568.9	0.0975	1.3352
2	31.92	17.2	8.714	41.25	45.1	612.4	567.3	.1022	.3312
4	33.47	18.8	8.333	41.16	47.2	613.0	565.8	.1069	.3273
6	35.09	20.4	7.971	41.07	49.4	613.6	564.2	.1115	.3234
8	36.77	22.1	7.629	40.98	51.6	614.3	562.7	.1162	.3195
10	38.51	23.8	7.304	40.89	53.8	614.9	561.1	0.1208	1.3157
12	40.31	25.6	6.996	40.80	56.0	615.5	559.5	.1254	.3118
14	42.18	27.5	6.703	40.71	58.2	616.1	557.9	.1300	.3081
16	44.12	29.4	6.425	40.61	60.3	616.6	556.3	.1346	.3043
18	46.13	31.4	6.161	40.52	62.5	617.2	554.7	.1392	.3006
20	48.21	33.5	5.910	40.43	64.7	617.8	553.1	0.1437	1.2969
22	50.36	35.7	5.671	40.34	66.9	618.3	551.4	.1483	.2933
24	52.59	37.9	5.443	40.25	69.1	618.9	549.8	.1528	.2897
26	54.90	40.2	5.227	40.15	71.3	619.4	548.1	.1573	.2861
28	57.28	42.6	5.021	40.06	73.5	619.9	546.4	.1618	.2825
30	59.74	45.0	4.825	39.96	75.7	620.5	544.8	0.1663	1.2790
32	62.29	47.6	4.637	39.86	77.9	621.0	543.1	.1708	.2755
34	64.91	50.2	4.459	39.77	80.1	621.5	541.4	.1753	.2721
36	67.63	52.9	4.289	39.67	82.3	622.0	539.7	.1797	.2686
38	70.43	55.7	4.126	39.50	84.6	622.5	537.9	.1841	.2652

*From Refrigeration and Air Conditioning by R. C. Jordan and G. B. Priestler, 2nd ed., Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J., 1956.

TABLE B-1 (Continued)

Temp. F	Pressure		Volume ft ³ /lb	Density lb/ft ³	Enthalpy from -40 F			Entropy from -40 F	
	Abs. lb/in ²	Gage lb/in ²			Liquid Btu/lb	Vapor Btu/lb	Latent Btu/lb	Liquid Btu/lb F	Vapor Btu/lb F
<i>t</i>	<i>p</i>	<i>p_g</i>	<i>v_g</i>	<i>1/v_l</i>	<i>h_l</i>	<i>h_g</i>	<i>h_{fg}</i>	<i>s_l</i>	<i>s_g</i>
40	73.32	58.6	3.971	39.49	86.8	623.0	536.2	0.1885	1.2618
42	76.31	61.6	3.823	39.39	89.0	623.4	534.4	.1930	.2585
44	79.38	64.7	3.682	39.29	91.2	623.9	532.7	.1974	.2552
46	82.55	67.9	3.547	39.19	93.5	624.4	530.9	.2018	.2519
48	85.82	71.1	3.418	39.10	95.7	624.8	529.1	.2062	.2486
50	89.19	74.5	3.294	39.00	97.9	625.2	527.3	0.2105	1.2453
52	92.66	78.0	3.176	38.90	100.2	625.7	525.5	.2149	.2421
54	96.23	81.5	3.063	38.80	102.4	626.1	523.7	.2192	.2389
56	99.91	85.2	2.954	38.70	104.7	626.5	521.8	.2236	.2357
58	103.7	89.0	2.851	38.60	106.9	626.9	520.0	.2279	.2325
60	107.6	92.9	2.751	38.50	109.2	627.3	518.1	0.2322	1.2294
62	111.6	96.9	2.656	38.40	111.5	627.7	516.2	.2365	.2262
64	115.7	101.0	2.565	38.30	113.7	628.0	514.3	.2408	.2231
66	120.0	105.3	2.477	38.20	116.0	628.4	512.4	.2451	.2201
68	124.3	109.6	2.393	38.10	118.3	628.8	510.5	.2494	.2170
70	128.8	114.1	2.312	38.00	120.5	629.1	508.6	0.2537	1.2140
72	133.4	118.7	2.235	37.90	122.8	629.4	506.6	.2579	.2110
74	138.1	123.4	2.161	37.79	125.1	629.8	504.7	.2622	.2080
76	143.0	128.3	2.089	37.69	127.4	630.1	502.7	.2664	.2050
78	147.9	133.2	2.021	37.58	129.7	630.4	500.7	.2706	.2020
80	153.0	138.3	1.955	37.48	132.0	630.7	498.7	0.2749	1.1991
82	158.3	143.6	1.892	37.37	134.3	631.0	496.7	.2791	.1962
84	163.7	149.0	1.831	37.26	136.6	631.3	494.7	.2833	.1933
86	169.2	154.5	1.772	37.16	138.9	631.5	492.6	.2875	.1904
88	174.8	160.1	1.716	37.05	141.2	631.8	490.6	.2917	.1875
90	180.6	165.9	1.661	36.95	143.5	632.0	488.5	0.2958	1.1846
92	186.6	171.9	1.609	36.84	145.8	632.2	486.4	.3000	.1818
94	192.7	178.0	1.559	36.73	148.2	632.5	484.3	.3041	.1789
96	198.9	184.2	1.510	36.62	150.5	632.6	482.1	.3083	.1761
98	205.3	190.6	1.464	36.51	152.9	632.9	480.0	.3125	.1733
100	211.9	197.2	1.419	36.40	155.2	633.0	477.8	0.3166	1.1705
102	218.6	203.9	1.375	36.29	157.6	633.2	475.6	.3207	.1677
104	225.4	210.7	1.334	36.18	159.9	633.4	473.5	.3248	.1649
106	232.5	217.8	1.293	36.06	162.3	633.5	471.2	.3289	.1621
108	239.7	225.0	1.254	35.95	164.6	633.6	469.0	.3330	.1593
110	247.0	232.3	1.217	35.84	167.0	633.7	466.7	0.3372	1.1566
112	254.5	239.8	1.180	35.72	169.4	633.8	464.4	.3413	.1538
114	262.2	247.5	1.145	35.61	171.8	633.9	462.1	.3453	.1510
116	270.1	255.4	1.112	35.49	174.2	634.0	459.8	.3495	.1483
118	278.2	263.5	1.079	35.38	176.6	634.0	457.4	.3535	.1455
120	286.4	271.7	1.047	35.26	179.0	634.0	455.0	0.3576	1.1427
122	294.8	280.1	1.017	35.14	181.4	634.0	452.6	.3618	.1400
124	303.4	288.7	0.987	35.02	183.9	634.0	450.1	.3659	.1372

Source: R. C. Jordan and G. B. Priestler, *Refrigeration and Air Conditioning*, 2nd ed. (Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1956).

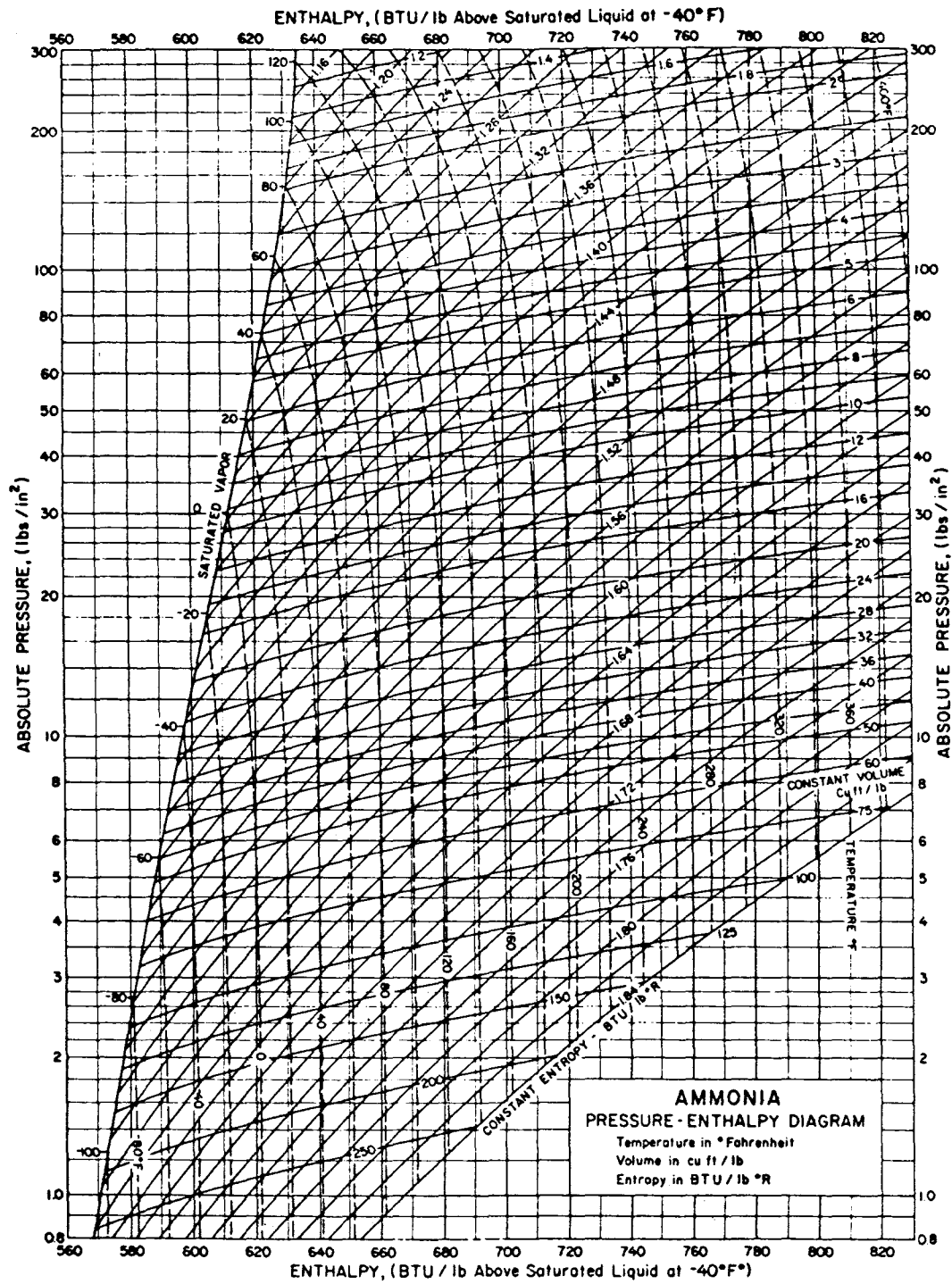


FIGURE B-1

TABLE 9-3

Cooling-load temperature differences (CLTD) for calculating cooling load for flat roofs (°F)^{a,b}

Roof No	Description of Construction	Weight lb/ft ²	U-value Btu/h · ft ² · F	Solar Time, hr																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Without Suspended Ceiling																											
1	Steel sheet with 1-in. (or 2-in.) insulation	7 (8)	0.213 (0.124)	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3
2	1-in. wood with 1-in. insulation	8	0.170	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9
3	4-in. l.w. concrete	18	0.213	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13
4	2-in. h.w. concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	29	0.206 (0.122)	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17
5	1-in. wood with 2-in. insulation	9	0.109	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7
6	6-in. l.w. concrete	24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28
7	2.5-in. wood with 1-insulation	13	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34
8	8-in. l.w. concrete	31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40
9	4-in. h.w. concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	52 (52)	0.200 (0.120)	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30
10	2.5-in. wood with 2-in. insulation	13	0.093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35
11	Roof terrace system	75	0.106	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37
12	6-in. h.w. concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	(75) 75	0.192 (0.117)	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34
13	4-in. wood with 1-in. (or 2-in.) insulation	17 (18)	0.106 (0.078)	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40

Continued

TABLE 9-19

Rate of heat gain from occupants of conditioned spaces^a

Degree of Activity	Typical Application	Total Heat Adult, Male		Total Heat Adjusted ^b		Sensible Heat		Latent Heat	
		Watts	Btu/hr	Watts	Btu/hr	Watts	Btu/hr	Watts	Btu/hr
Seated at rest	theater, movie	115	400	100	350	60	210	40	140
Seated, very light work, writing	offices, hotels, apts.	140	480	120	420	65	230	55	190
Seated, eating	restaurant ^c	150	520	170	580 ^c	75	255	95	325
Seated, light work typing	offices, hotels, apts.	185	640	150	510	75	255	75	255
Standing, light work, or walking slowly	retail store, bank	235	800	185	640	90	315	95	325
Light bench work	factory	255	880	230	780	100	345	130	435
Walking, 3 mph, light machine work	factory	305	1040	305	1040	100	345	205	695
Bowling ^d	bowling alley	350	1200	280	960	100	345	180	615
Moderate dancing	dance hall	400	1360	375	1280	120	405	255	875
Heavy work, heavy machine work, lifting	factory	470	1600	470	1600	165	565	300	1035
Heavy work, athletics	gymnasium	585	2000	525	1800	185	635	340	1165

Source: Reprinted from *ASHRAE Handbook and Product Directory—1977 Fundamentals*, with permission of the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Ga.

^aNote: Tabulated values are based on 78°F room dry-bulb temperature. For 80°F room dry bulb, the total heat remains the same, but the sensible heat value should be decreased by approximately 8 percent and the latent heat values increased accordingly.

^bAdjusted total heat gain is based on normal percentage of men, women, and children for the application listed, with the postulate that the gain from an adult female is 85 percent of that of an adult male, and that the gain from a child is 75 percent of that of an adult male.

^cAdjusted total heat value for eating in a restaurant, includes 60 Btu/hr for food per individual (30 Btu sensible, 30 Btu latent).

^dFor bowling figure one person per alley actually bowling, and all others are sitting (400 Btu/hr) or standing and walking slowly (790 Btu/hr).

TABLE 9-20

Sensible cooling-load factors (CLFs) for people

Total Hours in Space	Hours after Each Entry Into Space																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
2	0.49	0.58	0.17	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.49	0.59	0.66	0.71	0.27	0.21	0.16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
6	0.50	0.60	0.67	0.72	0.76	0.79	0.34	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
8	0.51	0.61	0.67	0.72	0.76	0.80	0.82	0.84	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
10	0.53	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.42	0.34	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06
12	0.55	0.64	0.70	0.75	0.79	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.45	0.36	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.08
14	0.58	0.66	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.47	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.11
16	0.62	0.70	0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.49	0.39	0.33	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16	0.16
18	0.66	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.50	0.40	0.33	0.28	0.24	0.21	0.21

Source: Reprinted from *ASHRAE Handbook—1985 Fundamentals*, with permission of the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Ga.

TABLE 14-2

Circular equivalents of rectangular ducts for equal friction and capacity (dimension in inches, feet, or meters)

Side Rectangular Duct	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5
3.0	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	4.9	5.1	5.2	5.4	5.5	5.6	5.7	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5
3.5	4.1	4.3	4.6	4.8	5.0	5.2	5.3	5.5	5.7	5.8	6.0	6.1	6.3	6.4	6.5	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1
4.0	4.4	4.6	4.9	5.1	5.3	5.5	5.7	5.9	6.1	6.3	6.4	6.6	6.8	6.9	7.1	7.2	7.3	7.5	7.6	7.7
4.5	4.6	4.9	5.2	5.4	5.6	5.9	6.1	6.3	6.5	6.7	6.9	7.0	7.2	7.4	7.5	7.7	7.8	8.0	8.1	8.2
5.0	4.9	5.2	5.5	5.7	6.0	6.2	6.4	6.7	6.9	7.1	7.3	7.4	7.6	7.8	8.0	8.1	8.3	8.4	8.6	8.7
5.5	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.5	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0	8.2	8.4	8.6	8.7	8.8	9.0	9.2

Side Rectangular Duct	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30
6	6.6																			
7	7.1	7.7																		
8	7.5	8.2	8.8																	
9	8.0	8.6	9.3	9.9																
10	8.4	9.1	9.8	10.4	10.9															
11	8.8	9.5	10.2	10.8	11.4	12.0														
12	9.1	9.9	10.7	11.3	11.9	12.5	13.1													
13	9.5	10.3	11.1	11.8	12.4	13.0	13.6	14.2												
14	9.8	10.7	11.5	12.2	12.9	13.5	14.2	14.7	15.3											
15	10.1	11.0	11.8	12.6	13.3	14.0	14.6	15.3	15.8	16.4										
16	10.4	11.4	12.2	13.0	13.7	14.4	15.1	15.7	16.3	16.9	17.5									
17	10.7	11.7	12.5	13.4	14.1	14.9	15.5	16.1	16.8	17.4	18.0	18.6								
18	11.0	11.9	12.9	13.7	14.5	15.3	16.0	16.6	17.3	17.9	18.5	19.1	19.7							
19	11.2	12.2	13.2	14.1	14.9	15.6	16.4	17.1	17.8	18.4	19.0	19.6	20.2	20.8						
20	11.5	12.5	13.5	14.4	15.2	15.9	16.8	17.5	18.2	18.8	19.5	20.1	20.7	21.3	21.9					
22	12.0	13.1	14.1	15.0	15.9	16.7	17.6	18.3	19.1	19.7	20.4	21.0	21.7	22.3	22.9	24.1				
24	12.4	13.6	14.6	15.6	16.6	17.5	18.3	19.1	19.8	20.6	21.3	21.9	22.6	23.2	23.9	25.1	26.2			
26	12.8	14.1	15.2	16.2	17.2	18.1	19.0	19.8	20.6	21.4	22.1	22.8	23.5	24.1	24.8	26.1	27.2	28.4		
28	13.2	14.5	15.6	16.7	17.7	18.7	19.6	20.5	21.3	22.1	22.9	23.6	24.4	25.0	25.7	27.1	28.2	29.5	30.6	
30	13.6	14.9	16.1	17.2	18.3	19.3	20.2	21.1	22.0	22.9	23.7	24.4	25.2	25.9	26.7	28.0	29.3	30.5	31.6	32.8
32	14.0	15.3	16.5	17.7	18.8	19.8	20.8	21.8	22.7	23.6	24.4	25.2	26.0	26.7	27.5	28.9	30.1	31.4	32.6	33.8
34	14.4	15.7	17.0	18.2	19.3	20.4	21.4	22.4	23.3	24.2	25.1	25.9	26.7	27.5	28.3	29.7	31.0	32.3	33.6	34.8
36	14.7	16.1	17.4	18.6	19.8	20.9	21.9	23.0	23.9	24.8	25.8	26.6	27.4	28.3	29.0	30.5	32.0	33.0	34.6	35.8
38	15.0	16.4	17.8	19.0	20.3	21.4	22.5	23.5	24.5	25.4	26.4	27.3	28.1	29.0	29.8	31.4	32.8	34.2	35.5	36.7
40	15.3	16.8	18.2	19.4	20.7	21.9	23.0	24.0	25.1	26.0	27.0	27.9	28.8	29.7	30.5	32.1	33.6	35.1	36.4	37.6
42	15.6	17.1	18.5	19.8	21.1	22.3	23.4	24.5	25.6	26.6	27.6	28.5	29.4	30.4	31.2	32.8	34.4	35.9	37.3	38.6
44	15.9	17.5	18.9	20.2	21.5	22.7	23.9	25.0	26.1	27.2	28.2	29.1	30.0	31.0	31.9	33.5	35.2	36.7	38.1	39.5
46	16.2	17.8	19.2	20.6	21.9	23.2	24.3	25.5	26.7	27.7	28.7	29.7	30.6	31.6	32.5	34.2	35.9	37.4	38.9	40.3
48	16.5	18.1	19.6	20.9	22.3	23.6	24.8	26.0	27.2	28.2	29.2	30.2	31.2	32.2	33.1	34.9	36.6	38.2	39.7	41.2
50	16.8	18.4	19.9	21.3	22.7	24.0	25.2	26.4	27.6	28.7	29.8	30.8	31.8	32.8	33.7	35.5	37.3	38.9	40.4	42.0
52	17.0	18.7	20.2	21.6	23.1	24.4	25.6	26.8	28.1	29.2	30.3	31.4	32.4	33.4	34.3	36.2	38.0	39.6	41.2	42.8
54	17.3	19.0	20.5	22.0	23.4	24.8	26.1	27.3	28.5	29.7	30.8	31.9	32.9	33.9	34.9	36.8	38.7	40.3	42.0	43.6
56	17.6	19.3	20.9	22.4	23.8	25.2	26.5	27.7	28.9	30.1	31.2	32.4	33.4	34.5	35.5	37.4	39.3	41.0	42.7	44.3
58	17.8	19.5	21.1	22.7	24.2	25.5	26.9	28.2	29.3	30.5	31.7	32.9	33.9	35.0	36.0	38.0	39.8	41.7	43.4	45.0
60	18.1	19.8	21.4	23.0	24.5	25.8	27.3	28.7	29.8	31.0	32.2	33.4	34.5	35.5	36.5	38.6	40.4	42.3	44.0	45.8
62	18.3	20.1	21.7	23.3	24.8	26.2	27.6	29.0	30.2	31.4	32.6	33.8	35.0	36.0	37.1	39.2	41.0	42.9	44.7	46.5

14.0	14.5	15.0	15.5	16
6.6	6.7	6.8	6.9	7.0
7.2	7.3	7.4	7.5	7.6
7.8	7.9	8.1	8.2	8.3
8.4	8.5	8.6	8.7	8.9
8.9	9.0	9.1	9.3	9.4
9.4	9.5	9.6	9.8	9.8

32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	Side Rectangular Duct	
																				6	
																					7
																					8
																					9
																					10
																					11
																					12
																					13
																					14
																					15
																					16
																					17
																					18
																					19
																					20
																					22
																					24
																					26
																					28
																					30
35.0																					32
36.0	37.2																				34
37.0	38.2	39.4																			36
38.0	39.2	40.4	41.6																		38
39.0	40.2	41.4	42.6	43.8																	40
39.9	41.1	42.4	43.6	44.8	45.9																42
40.8	42.0	43.4	44.6	45.8	46.9	48.1															44
41.7	43.0	44.3	45.6	46.8	47.9	49.1	50.3														46
42.6	43.9	45.2	46.5	47.8	48.9	50.2	51.3	52.6													48
43.5	44.8	46.1	47.4	48.8	49.8	51.2	52.3	53.6	54.7												50
44.3	45.7	47.1	48.3	49.7	50.8	52.2	53.3	54.6	55.8	56.9											52
45.0	46.5	48.0	49.2	50.6	51.8	53.2	54.3	55.6	56.8	57.9											54
45.8	47.3	48.8	50.1	51.5	52.7	54.1	55.3	56.5	57.8	58.9	61.3										56
46.6	48.1	49.6	51.0	52.4	53.7	55.0	56.2	57.5	58.8	60.0	62.3										58
47.3	48.9	50.4	51.8	53.3	54.6	55.9	57.1	58.5	59.8	61.0	63.3	65.7									60
48.0	49.7	51.2	52.6	54.2	55.5	56.8	58.0	59.4	60.7	62.0	64.3	66.7									62

Table 14-2 Cont.

TABLE 14-2 (Cont.)

32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	Side Rectangular Duct
48.7	50.4	52.0	53.4	55.0	56.4	57.7	59.0	60.3	61.6	62.9	65.3	67.7	70.0							64
49.5	51.1	52.8	54.2	55.8	57.2	58.6	59.9	61.2	62.5	63.9	66.3	68.7	71.1							66
50.2	51.8	53.5	55.0	56.6	58.0	59.5	60.8	62.1	63.4	64.8	67.3	69.7	72.1	74.4						68
50.9	52.5	54.2	55.8	57.3	58.8	60.3	61.7	63.0	64.3	65.7	68.3	70.7	73.1	75.4						70
51.5	53.2	54.9	56.5	58.0	59.6	61.1	62.6	63.9	65.2	66.6	69.2	71.7	74.1	76.4	78.8					72
52.1	53.9	55.6	57.2	58.8	60.4	61.9	63.3	64.8	66.1	67.5	70.1	72.7	75.1	77.4	79.9					74
52.7	54.6	56.3	57.9	59.5	61.2	62.7	64.1	65.6	67.0	68.4	71.0	73.6	76.1	78.4	80.9	83.2				76
53.3	55.2	57.0	58.6	60.3	62.0	63.4	64.9	66.4	67.9	69.3	71.8	74.5	77.1	79.4	81.8	84.2				78
53.9	55.8	57.6	59.3	61.0	62.7	64.1	65.7	67.2	68.7	70.1	72.7	75.4	78.1	80.4	82.8	85.2	87.5			80
54.5	56.4	58.2	60.0	61.7	63.4	64.9	66.5	68.0	69.5	71.0	73.6	76.3	79.0	81.4	83.8	86.2	88.6			82
55.1	57.0	58.9	60.7	62.4	64.1	65.7	67.3	68.8	70.3	71.8	74.5	77.2	79.9	82.4	84.8	87.2	89.6	91.9		84
55.7	57.6	59.5	61.3	63.0	64.8	66.4	68.0	69.5	71.1	72.6	75.4	78.1	80.8	83.3	85.8	88.2	90.6	92.9		86
56.3	58.2	60.1	62.0	63.7	65.4	67.0	68.7	70.3	71.8	73.4	76.3	79.0	81.6	84.2	86.8	89.2	91.6	93.9	96.3	88
56.9	58.8	60.7	62.6	64.4	66.0	67.8	69.4	71.1	72.6	74.2	77.1	79.9	82.5	85.1	87.8	90.2	92.6	94.9	97.3	90
57.4	59.4	61.3	63.2	65.0	66.8	68.5	70.1	71.8	73.3	74.9	77.8	80.8	83.4	86.0	88.7	91.2	93.6	95.9	98.3	92
57.9	60.0	61.9	63.8	65.6	67.5	69.2	70.8	72.5	74.1	75.6	78.6	81.7	84.3	86.9	89.6	92.1	94.6	96.9	99.3	94
58.4	60.5	62.4	64.4	66.2	68.2	69.8	71.5	73.2	74.8	76.3	79.4	82.6	85.2	87.8	90.5	93.0	95.6	97.9	100.3	96

TABLE 14-2 (Cont.)

Side Rectangular Duct	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30
64	18.6	20.3	22.0	23.6	25.2	26.5	27.9	29.3	30.6	31.8	33.1	34.2	35.5	36.5	37.6	39.7	41.6	43.5	45.4	47.2
66	18.8	20.6	22.3	23.9	25.5	26.9	28.3	29.7	31.0	32.2	33.5	34.7	35.9	37.0	38.1	40.2	42.2	44.1	46.0	47.8
68	19.0	20.8	22.5	24.2	25.8	27.3	28.7	30.1	31.4	32.6	33.9	35.1	36.3	37.5	38.6	40.7	42.8	44.7	46.6	48.4
70	19.2	21.1	22.8	24.5	26.1	27.6	29.1	30.4	31.8	33.1	34.3	35.6	36.8	37.9	39.1	41.3	43.3	45.3	47.2	49.0
72															39.6	41.8	43.8	45.9	47.8	49.7
74															40.0	42.3	44.4	46.4	48.4	50.3
76															40.5	42.8	44.9	47.0	49.0	50.8
78															40.9	43.3	45.5	47.5	49.5	51.5
80															41.3	43.8	46.0	48.0	50.1	52.0
82															41.8	44.2	46.4	48.6	50.6	52.6
84															42.2	44.6	46.9	49.2	51.1	53.2
86															42.6	45.0	47.4	49.6	51.6	53.7
88															43.0	45.4	47.9	50.1	52.2	54.3
90															43.4	45.9	48.3	50.6	52.8	54.8
92															43.8	46.3	48.7	51.1	53.4	55.4
94															44.2	46.7	49.1	51.6	53.9	55.9
96															44.6	47.2	49.5	52.0	54.4	56.3

Source: R. G. Huebscher, *Trans. ASHVE*, Vol. 54 (1948), pp. 112-113. Reprinted from *ASHRAE Handbook and Product Directory—1977 Fundamentals*, with permission of the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Ga.

