หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. เอกสารประกอบผลิตภัณฑ์ Heat Pipe บริษัท Heat Pipe Technical, Inc.
2. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, "การขนส่งถ่ายพลังงานความร้อนโดยการเปลี่ยนวัฏภาค", วารสาร Technology ฉบับที่ 74, มกราคม-กุมภาพันธ์ 2530, หน้า 50-55.
3. วันชัย โกมลภมร, "สมรรถนะของฮีทไปป์แบบไหลครบวงจร" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.
4. G.P. Peterson, *AN INTRODUCTION TO HEAT PIPES. Modeling. Testing, and Application.* Department of Mechanical Engineering, Texas A & M University, Collage Station. Texas.
5. อัครเดช สินธุภัค, *การทำความเย็น*. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2532.
6. ไพบูลย์ หังสพฤกษ์ และ เฮอิโซ ไซโต, *การปรับอากาศ*, พิมพ์ครั้งที่ 7, กรุงเทพฯ, 2540.
7. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, ***พื้นฐานการทำความเย็นและการปรับอากาศ***, พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ, 2538.
8. Wilbert F Stoecker and Jerold W. Jones, *Refrigeration and Air Condition*, 2nd ed. McGraw-Hill, 1982.
9. W.F. Stoecker, *Design of Thermal systems*, 3rd ed. McGraw-Hill, 1989.
10. Engineering Sciences Data Item Number 81083, "Heat pipes-performance of two-phases closed thermosyphons", Engineering Sciences Data Unit, London, 1981.
11. สาโรช ไหวเคลื่อน, "กรณีศึกษาการใช้เทอร์โมไซฟอนในระบบควบคุมสภาวะอากาศห้อง" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2539.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการทดลอง

ตารางที่ ก-1 ผลการทดลองกรณีที่ 1 ครั้งที่ 1

จำนวนแถว	เวลา	Tdb (C)	Twb (C)	RH (%)	T1(C) (C)	RH1 (%)	T2 (C)	RH2 (%)	T3 (C)	RH3 (%)	T4 (C)	RH4 (%)	T5 (C)	RH5(%) (%)	T1-T2 (C)	T4-T3 (C)	Velocity m/s	Qprecool kW	Qcooling kW	Qreheat kW	Qp,new kW	Qa,new kW	Qr,new kW	SH kJ/kg	LH kJ/kg	Winput kW	COP	COP,new	Vinlet m/s	Qtheory kW	Q(HP) kW
1	11:34	27.5	18.5	42.05	27.1	42.5	23.4	52.6	5.9	99.9	9	79.7	15.3	64.2	3.7	3.1	5.19	3.22	22.2	-2.4	2.13	14.65	-1.58	17.75	9.44	6.15	3.609756	2.382114	1.35	5.358	3.71
	11:44	27	17.5	38.67	26.6	40.5	21.8	52.7	5.4	99.9	9.1	80	14.4	65.3	4.8	3.7		4.44	19.86	-3.43	3.1	13.88	-2.39	16.62	7.72	6.05	3.282645	2.284215	1.42	5.418	5.49
	11:54	26.5	17	38.02	26.2	40.3	22	50.8	5.2	99.9	9.9	72.7	14.1	63.8	4.2	4.7		3.85	19.86	-3.91	2.82	14.57	-2.87	17.02	7.38	6	3.31	2.428333	1.49	5.599	5.69
	12:02	26.5	17	38.02	26	39.9	22	49.8	5.1	99.9	10.1	72.5	13.8	63.2	4	5		3.64	19.66	-4.36	2.8	15.14	-3.35	17.12	7.05	6.04	3.254967	2.506623	1.56	5.856	6.15
	12:10	26.5	17	38.02	26	39.7	21.6	51.4	4.5	99.9	8.3	80.4	13.9	63.2	4.4	3.8		3.78	20.54	-3.65	2.63	14.33	-2.55	17.32	7.78	6.04	3.400662	2.372517	1.42	5.56	5.18
	12:20	26.5	17	38.02	26	40.4	22.1	52.5	5.1	99.9	8.4	80.4	13.7	63.5	3.9	3.3		2.74	20.92	-2.85	1.98	15.08	-2.05	17.23	8.34	6.03	3.46932	2.500829	1.47	5.757	4.03
	12:40	26	17	40.13	25.9	38.6	22	49.4	4.6	99.9	8.6	76.9	13.8	63	3.9	4		3.03	20.43	-3.46	2.12	14.24	-2.41	17.62	7.36	6.04	3.38245	2.357616	1.42	5.544	4.53
	12:50	26	16.5	37.36	25.8	38.9	22.2	50.4	4.9	99.9	8.8	76	13.6	63.4	3.6	3.9		2.25	20.67	-3.17	1.61	14.78	-2.27	17.52	7.77	6.04	3.422185	2.448675	1.46	5.662	3.88
	13:00	26	16.5	37.36	25.8	38.4	22.6	48.4	5	99.9	8.7	77.8	13.8	62.8	3.2	3.7		1.99	20.56	-3.11	1.4	14.5	-2.19	17.83	7.32	5.99	3.432387	2.420701	1.44	5.636	3.59
	13:10	26	16.5	37.36	25.8	39.7	22	49.7	4.6	99.9	8.7	76.9	13.7	62.9	3.8	4.1		3.23	20.53	-3.62	2.31	14.71	-2.59	17.62	7.49	6.09	3.3711	2.415439	1.46	5.695	4.9
	13:20	26	16.5	37.36	25.8	38	22.1	48.1	4.6	99.9	8.7	77.7	13.6	62.2	3.7	4.1		2.85	20.16	-3.74	2.07	14.63	-2.71	17.72	6.93	6.1	3.304918	2.398364	1.48	5.803	4.78
	13:30	26	16.5	37.36	26.1	38	22	49.7	4.7	99.9	8.6	76.7	13.6	63.2	4.1	3.9		3.03	20.38	-3.27	2.16	14.51	-2.33	17.52	7.39	6.03	3.379768	2.406302	1.45	5.698	4.49
	14:20	26	16.5	37.36	25.9	37.6	22.5	47.6	4.5	99.9	8.1	78	13.8	62.4	3.4	3.6		2.29	20.94	-3	1.55	14.13	-2.02	18.22	7.32	6.1	3.432787	2.316393	1.38	5.529	3.57
	14:30	26	16.5	37.36	25.7	37.7	22.4	47.9	4.6	99.9	8.3	77.8	13.7	62	3.3	3.7		2.05	20.68	-3.12	1.42	14.31	-2.16	18.02	7.23	6.08	3.401316	2.353618	1.41	5.576	3.58
	14:40	26	16.5	37.36	25.6	37.8	22.4	48.5	4.6	99.9	8.8	75.5	13.6	62.6	3.2	4.2		1.7	20.86	-3.57	1.2	14.78	-2.53	18.02	7.49	6.11	3.414075	2.418985	1.45	5.665	3.71
	15:00	26	16.5	37.36	25.7	39	21.8	48.8	5	99.9	8.8	75	13.6	63	3.9	3.8		3.42	19.2	-2.86	2.44	13.68	-2.04	17.01	6.07	6.07	3.163097	2.253707	1.45	5.52	4.48
	15:10	26	16.5	37.36	25.7	38.5	21.5	48.8	4.8	99.9	8.7	78.7	13.5	62.6	4.2	3.9		3.76	18.96	-3.56	2.77	13.96	-2.62	16.91	6.29	6.14	3.087948	2.273616	1.5	5.744	5.39

Time	HP(Psi)	LP(Psi)
12:36	287.5	53.5
13:40	290	53
14:48	295	53.5

R134 n-2 ผลการทดลองครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2

ช่วงการทดลอง	เวลา	Tdb	Twb	RH	T1(C)	RH1	T2	RH2	T3	RH3	T4	RH4	T5	RH5(%)	T1-T2	T4-T3	Velocity	Qpracool	Qcooling	Qreheat	Qp,new	Qe,new	Qr,new	SH	LH	Winput	COP	COP,new	Vinlet	Qtheory	Q(HP)
		(C)	(C)	(%)	(C)	(%)	(C)	(%)	(C)	(%)	(C)	(%)	(C)	(%)	(C)	(C)	m/s	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kJ/kg	kJ/kg	kW			m/s	kW	kW
2	11:00	29.3		53	27.3	54.9	23.7	66.8	7.3	99.9	12	72	16	69	3.6	4.7	5.02	3.33	24.84	-3.67	2.49	18.56	-2.67	16.69	15.17	6.02	4.126246	3.083056	1.47	11.319	5.16
	11:10	26.5	19	49.3	26.2	50	22.4	64.8	6.5	99.9	11.9	71.5	15.8	67.5	3.8	5.4		2.34	22.54	-4.64	1.67	16.11	-3.31	16.15	12.73	5.96	3.781879	2.70302	1.4	10.189	4.98
	11:20	26.5	18.6	46.4	26.4	50.1	21.3	64.9	5.9	99.9	11.2	68.7	15.3	66.2	5.1	5.3		5.12	21.28	-4.03	3.69	16.36	-2.91	15.63	11.54	5.9	3.60678	2.60339	1.41	10.409	6.6
	11:30	26	18	45.83	25.5	47.4	21.4	62.6	5.5	99.9	11.1	68	14.9	66.1	4.1	5.6		2.66	21.38	-4.4	1.88	15.09	-3.1	16.13	11.16	5.86	3.648464	2.575085	1.38	10.049	4.98
	11:40	26	18	45.83	25.8	47.2	21.2	60.4	4.8	99.9	10.5	67.4	14.7	65.4	4.4	5.7		3.9	21.41	-4.49	2.72	14.91	-3.12	16.63	10.63	5.87	3.647359	2.540034	1.36	10.264	5.84
	11:50	25.5	17.5	45.25	25.4	44.8	21	59.2	4.9	99.9	10.6	67.6	14.4	65	4.4	5.7		3.29	20.47	-4.51	2.34	14.56	-3.21	16.32	9.75	5.87	3.487223	2.480409	1.39	10.333	5.56
	12:00	25.5	17.5	45.25	25.4	44.5	21.1	56.6	4.3	99.9	9.9	71.2	14.2	64.2	4.3	5.6		3.8	20.81	-4.94	2.72	14.91	-3.54	17.02	9.41	5.88	3.539116	2.535714	1.4	10.887	6.26
	12:40	25.5	17	42.34	25.4	43.7	20.9	58	3.8	99.9	10.2	70.1	14.2	63.1	4.5	6.4		4.04	20.97	-5.98	2.98	15.4	-4.39	17.32	9.35	5.83	3.596913	2.641509	1.44	11.254	7.35
	12:50	25.5	17	42.34	25.3	42.9	20	60.2	3.9	99.9	10.1	68	14.1	62.6	5.3	6.2		3.95	20.41	-5.36	2.85	14.77	-3.87	16.31	9.63	5.85	3.488889	2.524786	1.41	10.643	6.72
	13:00	25.5	17	42.34	25.4	42.2	21.1	56.1	4.4	99.9	10	67.4	14.1	63	4.3	5.6		3.01	20.5	-4.36	2.13	14.51	-3.09	16.92	9.12	5.88	3.498294	2.476109	1.39	10.729	5.22
	13:10	25.5	16.5	39.48	25.3	42.2	19.9	58.9	4.1	99.9	10	67.6	14.2	62.1	5.4	5.9		4.23	19.55	-4.83	2.99	13.81	-3.41	16	8.82	5.86	3.336177	2.356855	1.38	10.311	6.4
	13:20	25.5	16.5	39.48	25.6	41.9	20.9	55.8	4	99.9	9.9	67.1	14.1	63.3	4.7	5.9		3.73	20.64	-4.77	2.61	14.47	-3.35	17.12	9.09	5.86	3.522184	2.469263	1.38	10.71	5.96
	13:30	25.5	16.5	39.48	25.5	41.4	19.8	57.9	4.2	99.9	9.9	69.4	14.1	62	5.7	5.7		4.75	18.82	-4.82	3.43	13.66	-3.48	16.8	8.22	5.84	3.239726	2.339041	1.41	10.609	6.91
	13:40	25.5	16.5	39.48	25.4	41.3	20	57.6	4.2	99.9	9.9	69.1	14.2	62.8	5.4	5.7		4.24	19.2	-4.78	2.97	13.43	-3.34	16	8.38	5.93	3.237774	2.264755	1.36	10.199	6.31
	13:50	25.5	16.5	39.48	25.6	41.3	20.8	56.7	4.3	99.9	10	66	14	62.2	4.7	5.7		3.2	20.28	-4.3	2.28	14.47	-3.07	16.71	9.03	6.02	3.429876	2.444267	1.4	10.787	5.35
	14:00	25.5	16.5	39.48	25.5	41	20.9	55.4	4.4	99.9	10.1	66	14.1	61.8	4.6	5.7		3.29	19.9	-4.29	2.35	14.19	-3.06	16.71	8.68	5.9	3.372881	2.405085	1.4	10.754	5.41
	15:20	26	16.5	37.36	25.6	38.6	20	54.6	3.6	99.9	9	78.2	14.2	59.8	5.6	5.4		4.39	19.26	-5.66	3.15	13.86	-4.07	16.6	7.79	5.97	3.226131	2.321608	1.41	11.213	7.22
	15:30	26	16.5	37.36	25.6	38.5	21.1	57	4	99.9	9.1	78.2	13.9	60.8	4.6	6.1		3.55	21.45	-5.21	1.14	15.88	-3.82	17.32	9.85	5.92	3.623311	2.682432	1.45	11.796	4.96

Time	HP(Psi)	LP(Psi)
12:03	270	52.5
13:20	280	52.5
14:33	285	52
15:43	285	51.5

ตาราง ก-3 ผลการทดลองรอบที่ 1 ครั้งที่ 3

จำนวนแผ่น	เวลา	Tdb	Twb	RH	T1(C)	RH1	T2	RH2	T3	RH3	T4	RH4	T5	RH5(%)	T1-T2	T4-T3	Velocity	Qprecool	Qcooling	Qreheat	Qp,new	Qe,new	Qr,new	SH	LH	Winput	COP	COP,new	Vinlet	Qtheory	Q(HP)
		(C)	(C)	(%)	(C)	(%)	(C)	(%)	(C)	(%)	(C)	(%)	(C)	(%)	(C)	(C)	m/s	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kJ/kg	kJ/kg	kW			m/s	kW	kW
3	9:50	28.5	20	45.8	28.3	49	22.8	66	7.3	99.9	14	61.2	17.7	64.4	5.5	6.7	5.04	5.07	22.46	-4.75	3.51	15.56	-3.29	15.76	13.11	5.61	4.003585	2.773619	1.36	15.683	6.8
	10:00	28	19.5	45.26	27.4	46	22.1	67.6	7.9	99.9	14	60	16.7	64	5.3	6.1		2.71	20.47	-3.51	1.97	14.91	-2.56	14.44	11.87	5.61	3.648841	2.657754	1.42	15.3	4.53
	10:15	27.5	19	44.71	27.3	44.9	21.5	62.6	6.7	99.9	12.2	60.7	16.3	62.2	5.8	5.5		4.96	19.68	-2.9	3.39	13.44	-1.98	15.02	10.08	5.6	3.514286	2.4	1.34	15.462	5.37
	10:30	27.5	18.5	42.05	26.7	43.3	21	65.2	5.9	99.9	12	59.2	15.6	61.7	5.7	6.1		3.24	20.79	-3.63	2.26	14.52	-2.54	15.33	11.17	5.46	3.807692	2.659341	1.37	15.819	4.8
	10:45	27	18	41.38	26.7	42.7	21	61.3	5	99.9	11.5	59.7	15.6	61	5.7	6.5		4.21	21.01	-4.41	2.86	14.29	3	16.22	10.5	5.71	3.67951	2.502627	1.33	15.983	5.86
	11:00	27	18	41.38	26.7	42.6	20.9	62.9	4.7	99.9	11.5	58.1	15.3	60.9	5.8	6.8		3.86	21.79	-4.6	2.69	15.15	-3.2	16.43	11.27	5.6	3.891071	2.705357	1.36	16.514	5.89
	11:15	27	17.5	38.67	26.7	41.6	20.6	60.8	3.8	99.9	12.2	58.8	15.4	60.4	6.1	8.4		4.65	21.83	-7.09	3.38	16.92	-5.65	17.02	10.82	5.63	3.877442	2.827709	1.42	17.322	9.03
	11:30	27	17.5	38.67	26.9	41.6	21.2	62.8	4.2	99.9	12.2	57.6	15.6	61.7	5.7	8		3.21	23.06	-6.28	2.22	15.98	-4.35	17.24	12.17	5.63	4.095915	2.838366	1.36	16.67	6.57
	11:45	27	17.75	40.02	26.9	42	20.9	61.9	4.3	99.9	12.3	57.7	15.7	60.6	6	8		4.29	22.01	-6.29	3.02	15.52	-4.44	16.83	11.25	5.58	3.944444	2.781362	1.38	16.696	7.46
	12:00	27	17.75	40.02	26.8	41.7	20.7	65.5	4.5	99.9	12.4	56.6	15.6	61.2	6.1	7.9		3.23	22.42	-5.94	2.26	15.7	-4.16	16.43	12.18	5.71	3.926445	2.749562	1.37	16.239	6.42
	12:15	27.25	17.5	38.98	27.1	40.7	20.8	59.6	4.5	99.9	11.9	57.6	15.4	59.8	6.3	7.4		4.99	20.82	-5.39	3.57	14.88	-3.85	16.52	10	5.6	3.717857	2.657143	1.4	17.142	7.42
	12:30	27.25	17.5	38.98	27	40.2	21	61.2	4.4	99.9	11.9	56.5	15.7	60	6	7.5		3.68	21.88	-5.36	2.48	14.77	-3.62	16.83	11.03	5.62	3.893238	2.628114	1.32	16.092	6.1
	12:45	27.25	17.5	38.98	27.1	39.8	20.9	59.1	4.5	99.9	12.4	57.1	15.8	59.5	6.2	7.9		4.53	20.82	-6.03	3.18	14.8	-4.23	16.62	9.94	5.63	3.698046	2.50325	1.37	16.6	7.41
	13:00	27.5	17.5	38.6	27.3	39.3	21	59.6	4.6	99.9	12	58	15.7	59.2	6.3	7.4		4.33	21.05	-6.45	3.03	14.74	-3.82	16.62	10.2	5.73	3.673647	2.572426	1.37	16.815	6.85
	13:15	27.5	17.5	38.6	27.4	38.2	21.4	55.7	3.8	99.9	11.7	55.1	15.7	57.1	6	7.9		4.49	21.82	-5.74	3.08	14.98	-3.94	17.83	9.92	5.54	3.938628	2.703971	1.34	17.197	7.02
	13:30	27.5	17.5	38.6	27.5	38.7	21.5	57.5	3.7	99.9	11.9	55.9	15.8	57.9	6	8.2		4.13	22.73	-6.31	2.85	15.69	-4.35	18.04	10.9	5.67	4.008818	2.767196	1.35	17.4	7.2
	13:45	27.5	17.5	36.6	27.4	38.3	21.5	54.4	4.2	99.9	11.6	58.3	16	56.9	5.9	7.4		4.77	20.99	-5.54	3.24	14.25	-3.76	17.52	9.16	5.8	3.618966	2.456897	1.33	16.944	7
	14:00	27.75	17.5	35.69	27.4	38.2	21.5	58.5	4.4	99.9	11.6	56.5	15.9	57.4	5.9	7.2		3.39	22.03	-4.93	2.27	14.77	-3.31	17.33	10.68	5.64	3.906028	2.618764	1.32	16.694	5.58
	14:30	27.75	17.75	36.98	27.8	36.9	21.6	54	4.4	99.9	11.7	55.8	16	57	6.2	7.3		4.65	20.87	-4.95	3.12	13.98	-3.32	17.42	8.95	5.75	3.629565	2.431304	1.31	16.743	6.44
	14:45	28	17.5	34.74	27.7	38.3	21.6	56.8	4.6	99.9	11.7	55.3	15.9	56.9	6.1	7.1		4.35	21.35	-4.56	2.97	14.59	-3.12	17.23	9.93	5.66	3.772085	2.577739	1.34	17.044	6.09

Time	HP(Psi)	LP(Psi)
10:56	260	51
11:57	265	51.5
12:58	265	51.5
13:57	277.5	52.5
14:57	270	51

ตารางที่ ผลการทดลองเรื่องที่ 1 ครั้งที่ 4

จำนวนเที่ยว	เวลา	Tdb (C)	Twb (C)	RH (%)	T1(C) (C)	RH1 (%)	T2 (C)	RH2 (%)	T3 (C)	RH3 (%)	T4 (C)	RH4 (%)	T5 (C)	RH5(%) (%)	T1-T2 (C)	T4-T3 (C)	Velocity m/s	Qprecool kW	Qcooling kW	Qreheat kW	Qp,new kW	Qa,new kW	Qr,new kW	SH kJ/kg	LH kJ/kg	Winput kW	COP	COP,new	Vinlet m/s	Qtheory kW	Q(HP) kW
4	10:17	28.5	21	51.31	28.5	50.3	19.4	82.8	6.3	99.9	15.3	49.6	18.5	63.1	9.1	9	5.02	8.38	21.63	-5.92	5.44	14.03	-3.84	13.32	14.71	5.55	3.897287	2.527928	1.25	17.563	9.28
	10:30	28	19.5	45.26	27.5	45.1	18.5	80.4	4.7	99.9	15.2	48	17.3	57.6	9	10.5		6.41	21.49	-7.92	4.66	15.82	-5.76	14.01	13.81	5.62	3.823843	2.779359	1.39	19.777	10.42
	10:45	27.5	18.5	41.98	27.4	44.6	18.4	76.2	3.9	99.9	14.3	48.4	17	56	9	10.4		7.33	21.43	-7.44	5.29	15.47	-5.73	14.71	12.93	5.72	3.746503	2.704545	1.38	20.72	11.02
	11:00	27.5	18.5	41.98	27	43.2	17.9	78	3.9	99.9	14.4	47.4	16.7	55.9	9.1	10.5		6.46	20.87	-7.88	4.89	15.15	-5.72	14.2	12.72	5.62	3.713523	2.69573	1.39	20.151	10.41
	11:15	27.5	18.5	41.98	27.2	42	18.1	73.8	3.5	99.9	13.7	47.3	16.7	54.7	9.1	10.2		7.01	20.83	-7.49	4.92	14.63	-5.26	14.8	11.99	5.69	3.660808	2.571178	1.35	20.549	10.19
	11:30	27.5	18.5	41.98	27.3	41.4	17.9	76.3	3.8	99.9	13.6	45.7	16.4	55.1	9.4	9.8		6.69	20.65	-6.61	4.71	14.55	-4.66	14.3	12.25	5.64	3.661348	2.579787	1.35	20.333	9.37
	11:45	27.5	18	39.29	27.2	41.2	18	72.9	3.3	99.9	14.3	46.9	16.7	54.2	9.2	11		7.06	20.64	-8.52	5.15	15.07	-6.22	14.9	11.71	5.68	3.646643	2.662544	1.4	21.075	11.37
	12:00	27.5	18	39.29	27.3	42.2	18.4	73.7	3.8	99.9	14.3	44.9	16.7	55	8.9	10.5		6.7	20.93	-7.39	4.79	14.96	-5.28	14.8	12.17	5.72	3.659091	2.615385	1.37	20.543	10.07
	12:15	27.5	18	39.29	27.5	41.5	18.2	73.3	3.8	99.9	14.3	46.2	16.7	54.2	9.3	10.5		7.27	20.41	-7.65	5.34	15	-5.62	14.6	11.72	5.68	3.586995	2.636204	1.41	21.253	10.96
	12:30	27.5	18	39.29	27.5	40.7	18.5	73.1	3.7	99.9	14.4	45.5	16.8	54.9	9	10.7		6.35	21.11	-7.79	4.52	15.05	-5.55	15	12.21	5.69	3.710018	2.644991	1.37	20.783	10.07
	12:45	27.5	18	39.29	27.6	40.2	18.5	71.4	3.5	99.9	14.6	46.3	16.7	53.6	9.1	11.1		6.75	20.93	-8.52	5.08	15.76	-6.41	15.2	11.8	5.75	3.64	2.74087	1.44	22.093	11.49
	13:00	27.5	18	39.29	27.7	40	18.6	71	3.4	99.9	14.5	46	16.7	54.2	9.1	11.1		6.76	21.17	-8.47	4.99	15.65	-6.26	15.4	11.9	5.65	3.746903	2.769912	1.42	22.043	11.25
	13:15	28	18	37.3	27.8	40	18.6	70.6	3.7	99.9	14.1	48.2	16.8	53	9.2	10.4		7.06	20.65	-7.92	5.25	15.36	-5.89	15.1	11.5	5.67	3.641975	2.708995	1.43	22.38	11.14
	13:30	28	18	37.3	27.7	39.4	18.2	71.2	3.7	99.9	13.9	48	16.8	53.5	9.5	10.2		7.23	20.04	-7.61	5.2	14.41	-5.47	14.69	11.1	5.68	3.528169	2.536972	1.38	21.233	10.67
	13:45	28	18	37.3	27.6	39	18.4	69.4	3.5	99.9	14.1	47.7	16.7	52.7	9.2	10.6		6.93	20.23	-8.12	5.13	14.98	-6.01	15.1	10.96	5.72	3.536713	2.618881	1.42	22.043	11.14
	14:45	28	18	37.3	27.5	36.7	18.1	66.4	3.3	99.9	14.1	44.8	16.5	51.8	9.4	10.8		7.05	19.17	-7.84	5.13	13.96	-5.7	14.99	9.69	5.75	3.333913	2.427826	1.39	21.345	10.83

Time	HP(Psi)	LP(Psi)
10:58	267.5	51.5
11:58	272.5	51.5
12:58	27.25	51.5
13:56	275	51.5
14:58	272.5	50.5

ตารางที่ ก-5 ผลการทดลองครั้งที่ 1 ครั้งที่ 5

จำนวนครั้ง	เวลา	Tdb (C)	Twb (C)	RH (%)	T1(C) (C)	RH1 (%)	T2 (C)	RH2 (%)	T3 (C)	RH3 (%)	T4 (C)	RH4 (%)	T5 (C)	RH5(%) (%)	T1-T2 (C)	T4-T3 (C)	Velocity m/s	Qprecool kW	Qcooling kW	Qreheat kW	Qp,new kW	Qa,new kW	Qr,new kW	SH kJ/kg	LH kJ/kg	Winput kW	COP	COP,new	Vinlet m/s	Qtheory kW	Q(HP) kW
3	11:00	29.5	25	69.71	27.9	51.5					11.4	99.9	16.4	76.4			5.04		20.69			15.71		16.82	9.62	5.68	3.642606	2.765845	1.52		
	11:15	28	20	48.02	27.3	49.2					9.4	99.9	15.6	77.9					22.17			14.63		18.21	9.87	5.68	3.903169	2.575704	1.33		
	11:30	27.5	19.5	47.49	27.1	49					7.2	99.9	15.4	75.9					25.7			15.08		20.22	12.03	5.66	4.540636	2.664311	1.19		
	11:45	27	19.5	49.82	26.9	49.2					7.1	99.9	15	79					25.54			14.82		20.12	11.93	5.62	4.544484	2.637011	1.19		
	12:00	27	19.5	49.82	26.9	47.3					7.5	99.9	14.8	76.3					23.95			14.88		19.71	10.38	5.71	4.194396	2.605954	1.26		
	12:15	27.5	19	44.71	27	48.3					8	99.9	15	76					23.71			15.21		19.31	10.55	5.77	4.109185	2.636049	1.3		
	12:30	27.5	19	44.71	27.1	47.4					8	99.9	15.2	75.4					23.51			14.77		19.41	10.19	5.76	4.081597	2.564236	1.27		
	12:45	27.5	19	44.71	26.9	48.7					8	99.9	15	77.5					23.68			14.86		19.21	10.61	5.68	4.169014	2.616197	1.27		
	13:00	27.5	19	44.71	27.1	46.9					7.8	99.9	15.2	75.8					23.64			14.46		19.51	9.97	5.86	4.03413	2.467577	1.23		
	13:15	27.5	19	44.71	27.2	48.4					7.8	99.9	15.3	77					24.55			14.92		19.72	11.17	5.73	4.284468	2.603839	1.23		
	13:30	27.5	19	44.71	27.1	46.9					7.6	99.9	15	75.4					24			14.93		19.81	10.36	5.69	4.217926	2.623902	1.26		
	13:45	27.5	19	44.71	27	48.3					7.5	99.9	15.1	77.3					24.62			14.78		19.82	11.12	5.79	4.252159	2.552677	1.22		
	14:00	27.5	19	44.71	27.2	46.9					7.8	99.9	15.2	75.7					23.85			15.35		19.71	10.29	5.82	4.097938	2.637457	1.25		
	14:15	27.5	19	44.71	27.2	47.5					8	99.9	15.3	76.9					23.76			14.5		19.51	10.41	5.8	4.096552	2.5	1.23		
	14:30	27.5	19	44.71	27.2	46.3					8	99.9	15.3	75.5					23.2			14.25		19.51	9.71	5.77	4.020797	2.469671	1.24		
	14:45	27.5	19	44.71	27.2	47.8					7.6	99.9	15.2	77.7					24.63			14.68		19.92	11.05	5.89	4.181664	2.49236	1.21		

Time	HP(Psi)	LP(Psi)
11:54	267.5	53
12:53	270	54
13:53	275	54.5
14:54	280	56

ตารางที่ ก-6 P132ผลการทดลองรอบที่ 1 ครั้งที่ 6

จำนวนแผ่น	เวลา	Tdb (C)	Twb (C)	RH (%)	T1(C) (C)	RH1 (%)	T2 (C)	RH2 (%)	T3 (C)	RH3 (%)	T4 (C)	RH4 (%)	T5 (C)	RH5(%) (%)	T1-T2 (C)	T4-T3 (C)	Velocity m/s	Qprecool kW	Qcooling kW	Qreheat kW	Qp,new kW	Qe,new kW	Qr,new kW	SH kJ/kg	LH kJ/kg	Winput kW	COP	COP,new	Vinlet m/s	Qtheory kW	Q(HP) kW
4	11:15	29	20.5	46.33	28.8	53.2					9.5	99.9	17	76.3			5.01		27.2			17.53		19.67	15.02	5.74	4.738676	3.054007	1.3		
	11:30	28.5	20	45.8	29	50.8					9.1	99.9	16	77					24.9			16.3		20.07	13.96	5.78	4.307958	2.820069	1.37		
	11:45	28	19	45.26	27.6	48					7.1	99.9	15.2	75					26.33			16.17		20.83	12.4	5.73	4.595113	2.82199	1.24		
	12:00	27.5	18	39.29	27.2	47.1					6.8	99.9	14.9	74.9					25.59			15.49		20.72	11.53	5.78	4.427336	2.679931	1.22		
	12:15	27.5	18	39.29	27.2	46.7					7	99.9	14.5	73					25.05			16.42		20.52	11.07	5.76	4.348958	2.850694	1.32		
	12:30	27.5	18.5	41.98	26.9	46					6.9	99.9	14.5	74.2					24.28			15.23		20.31	10.3	5.52	4.398551	2.759058	1.27		
	12:45	27	18.5	44.14	26.9	45.4					7.3	99.9	14.2	72.9					23.29			15.74		19.9	9.51	5.75	4.050435	2.737391	1.36		
	13:00	27	18.5	44.14	26.9	45.7					7.2	99.9	14.2	74.7					23.61			15.51		20	9.8	5.78	4.084775	2.683391	1.32		
	13:15	27	18.5	44.14	26.8	45.9					6.7	99.9	14.2	73.7					24.38			15.64		20.41	10.3	5.71	4.266702	2.739054	1.29		
	13:30	27	18	41.98	26.8	45.2					7.5	99.9	14	74.7					22.14			15.42		19.6	9.02	5.73	3.863874	2.691099	1.37		
	13:45	27	18	41.98	26.9	44.3					7.2	99.9	14.2	72.7					22.97			15.28		20	8.99	5.93	3.873524	2.576728	1.34		
	14:00	27	18	41.98	26.8	44.2					7.3	99.9	13.9	73.4					22.54			15.42		19.79	8.67	5.82	3.872852	2.649485	1.38		
	14:15	27	18	41.98	26.8	42.8					6.6	99.9	14	71.4					23.14			15.06		20.49	8.64	5.82	3.975945	2.587629	1.31		
	14:30	27	18	41.98	26.7	43.1					6.5	99.9	13.8	72.7					23.26			15.09		20.49	8.77	5.85	3.976068	2.579487	1.31		
	14:45	27	18	41.98	26.8	42					6.2	99.9	13.5	72.9					23.47			15.49		20.89	8.74	5.79	4.053541	2.677302	1.33		

Time	HP(Psi)	LP(Psi)
11:52	267.5	56.5
12:53	275	56
13:53	275	55

ภาคผนวก ข

โปรแกรมคอมพิวเตอร์

โปรแกรมการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของฮีทไปป์ทางทฤษฎี

```
Option Explicit
Dim T1, T2, T3, T4, Tsi, Tso, delT, V As Single
Dim Nc, Nr, Nt, Li, Lf, Wf, St, Dout, Din, e, n As Single
Dim tf, Lfs, kf, kb, Nf, Af, Pi As Single
Dim Ab, At, Aff, Afr, tw, Leff As Single
Dim heo, hco, Rho, Cp, u, k, Pr, hf1, hf2 As Single
Dim mLeff, Phi2 As Double
Dim Nepf, G, Re, Cz, hb1, hb2, Seo, Sco, Le, Lc, Gmax As Single
Dim z1, z2, z3, z7, z8, z9, ztotal, ztotalrevise, Q, Qrevise As Single
Dim Tv, Pv, Rhol, Rhov, hl, hg, hfg As Single
Dim Cpl, ul, ml, Phi3, Pa As Single
Dim H, F, Pp1, Ts, diffTs, Tp2, Tp, Tp1 As Single
Dim delTh, z3f, z3p, Qtotal, X As Single

Private Sub Command1_Click()

Nc = 24
Li = 0.635
Lf = 0.5334
Wf = 0.01905
St = 0.0254
Dout = 0.01
Din = 0.009525
tf = 0.15 * 10 ^ -3
Lfs = 1.814 * 10 ^ -3
kf = 204
```

```
kb = 398
Pi = 22 / 7
e = 2.71828182845904
Pa = 101325

   Tso = (T1 + T2) / 2
   Tsi = (T3 + T4) / 2
   delT = Tso - Tsi
   Wf = Wf * Nr
   Nt = Nc * Nr
   Nf = (Li / Lfs) + 1
   Af = (2 * Nf * ((Wf * Lf) - (Pi * Dout * Dout * Nt * 0.25))) + (2 * Nf * Lf * tf)
   Ab = Nt * ((Pi * Dout * Li) - (Nf * tf * Pi * Dout))
   At = Af + Ab
   Aff = (Li * Lf) - (Nc * Dout * (Li - (Nt * tf))) - (Nf * tf * Lf)
   Afr = Li * Lf
   tw = (Dout - Din) / 2
   Leff = (St - Dout) / 2

   Tso = Tso + 273.15
   Rho = (((Tso - 250) / 50) * (1.1774 - 1.14128)) + 1.14128
   Cp = (((Tso - 250) / 50) * (1005.7 - 1005.3)) + 1005.3
   u = (((Tso - 250) / 50) * (1.8462 - 1.599) * 10 ^ -5) + 1.599 * 10 ^ -5
   k = (((Tso - 250) / 50) * (0.02624 - 0.02227)) + 0.02227
   Pr = (((Tso - 250) / 50) * (0.708 - 0.722)) + 0.722
   hf1 = 0.036 * (Leff * V * Rho / u) ^ (-0.2) * (Pr) ^ (-2 / 3) * Cp * V * Rho
   mLeff = Leff * (((2 * hf1) / (kf * tf)) ^ 0.5)
   Nepf = (Exp(mLeff) - Exp(-mLeff)) / (mLeff * (Exp(mLeff) + Exp(-mLeff)))
   Gmax = Rho * V * (Afr / Aff)
   Re = Dout * Gmax / u
```

```
If (Nr = 1) Then
   Cz = 0.68
ElseIf (Nr = 2) Then
   Cz = 0.75
ElseIf (Nr = 3) Then
   Cz = 0.83
ElseIf (Nr = 4) Then
   Cz = 0.89
Else
   Cz = 1
End If
hb1 = 0.025 * Cz * (Re ^ 1.35) * (Pr ^ (1 / 3)) * k / Dout
heo = ((Nepf * Af * hf1) + (Ab * hb1)) / At
      Form1.Print "heo=" & heo

Tsi = Tsi + 273.15
Rho = (((Tsi - 250) / 50) * (1.1774 - 1.14128)) + 1.4128
Cp = (((Tsi - 250) / 50) * (1005.7 - 1005.3)) + 1005.3
u = (((Tsi - 250) / 50) * (1.8462 - 1.599) * 10 ^ -5) + 1.599 * 10 ^ -5
k = (((Tsi - 250) / 50) * (0.02624 - 0.02227)) + 0.02227
Pr = (((Tsi - 250) / 50) * (0.708 - 0.722)) + 0.722
hf2 = 0.036 * (Leff * V * Rho / u) ^ (-0.2) * (Pr) ^ (-2 / 3) * Cp * V * Rho
mLeff = Leff * (((2 * hf2) / (kf * tf)) ^ 0.5)
Nepf = (Exp(mLeff) - Exp(-mLeff)) / (mLeff * (Exp(mLeff) + Exp(-mLeff)))
Gmax = Rho * V * (Afr / Aff)
Re = Dout * Gmax / u

If (Nr = 1) Then
   Cz = 0.68
ElseIf (Nr = 2) Then
```

```
    Cz = 0.75
ElseIf (Nr = 3) Then
    Cz = 0.83
ElseIf (Nr = 4) Then
    Cz = 0.89
Else
    Cz = 1
End If
hb2 = 0.025 * Cz * (Re ^ 1.35) * (Pr ^ (1 / 3)) * k / Dout
hco = ((Nepf * Af * hf2) + (Ab * hb2)) / At
        Form1.Print "hco=" & hco

If (Nr = 1) Then
    n = 12
ElseIf (Nr = 2) Then
    n = 24
ElseIf (Nr = 3) Then
    n = 36
ElseIf (Nr = 4) Then
    n = 48
End If

Seo = At / n
Sco = Seo
Le = Li * 2
Lc = Le

z1 = 1 / (heo * Seo)
z9 = 1 / (hco * Sco)
z2 = (Log(Dout / Din) / Log(e)) / (2 * Pi * kb * Le)
z8 = (Log(Dout / Din) / Log(e)) / (2 * Pi * kb * Lc)
```

```
ztotal = z1 + z2 + z8 + z9
    Form1.Print "z1=" & z1
    Form1.Print "z9=" & z9
    Form1.Print "z2=" & z2
    Form1.Print "z8=" & z8
    Form1.Print "ztotal=" & ztotal

z3 = 0
z7 = 0
Tv = (Tsi - 273.15) + (((z7 + z8 + z9) / ztotal) * delT)
    Form1.Print "Tv=" & Tv

    Pv = (-2 * 10 ^ (-13) * Tv ^ 6 + 2 * 10 ^ (-11) * Tv ^ 5 + 7 * 10 ^ (-10) * Tv ^ 4 + 1 *
10 ^ (-6) * Tv ^ 3 + 0.0002 * Tv ^ 2 + 0.0162 * Tv + 0.4981) * 10 ^ 6
    Rhol = 2 * 10 ^ (-9) * Tv ^ 6 + 1 * 10 ^ (-7) * Tv ^ 5 + 2 * 10 ^ (-6) * Tv ^ 4 - 3 * 10
^ (-5) * Tv ^ 3 - 0.009 * Tv ^ 2 - 3.401 * Tv + 1281.8
    Rhov = 3 * 10 ^ (-13) * Tv ^ 6 - 6 * 10 ^ (-11) * Tv ^ 5 + 6 * 10 ^ (-9) * Tv ^ 4 - 4 *
10 ^ (-7) * Tv ^ 3 + 3 * 10 ^ (-5) * Tv ^ 2 + 0.0015 * Tv + 0.047
    Rhov = 1 / Rhov
    hl = -6 * 10 ^ (-11) * Tv ^ 6 + 7 * 10 ^ (-9) * Tv ^ 5 - 2 * 10 ^ (-7) * Tv ^ 4 + 9 * 10 ^
(-6) * Tv ^ 3 + 0.0014 * Tv ^ 2 + 1.1745 * Tv + 200
    hg = -3 * 10 ^ (-11) * Tv ^ 6 + 1 * 10 ^ (-9) * Tv ^ 5 - 1 * 10 ^ (-7) * Tv ^ 4 - 9 * 10 ^
(-6) * Tv ^ 3 - 0.0017 * Tv ^ 2 + 0.3639 * Tv + 404.87
    Cpl = (2 * 10 ^ (-12) * Tv ^ 6 + 1 * 10 ^ (-10) * Tv ^ 5 - 1 * 10 ^ (-8) * Tv ^ 4 + 4 *
10 ^ (-7) * Tv ^ 3 + 2 * 10 ^ (-5) * Tv ^ 2 + 0.0027 * Tv + 1.1715) * 10 ^ 3
    ul = (1 * 10 ^ (-9) * Tv ^ 6 - 9 * 10 ^ (-8) * Tv ^ 5 + 2 * 10 ^ (-6) * Tv ^ 4 - 4 * 10 ^ (-
5) * Tv ^ 3 + 0.0117 * Tv ^ 2 - 2.2756 * Tv + 210.11) * 10 ^ (-6)
    ml = (-9 * 10 ^ (-10) * Tv ^ 6 + 9 * 10 ^ (-8) * Tv ^ 5 - 3 * 10 ^ (-6) * Tv ^ 4 + 3 * 10
^ (-5) * Tv ^ 3 + 0.0004 * Tv ^ 2 - 0.4257 * Tv + 96.171) * 10 ^ (-3)
    hfg = (hg - hl) * 1000
```

```
Phi2 = (hfg * ml ^ 3 * Rhol ^ 3 / ul) ^ (0.25)
H = (St * 1.732 / 2) + Din
F = 0.5
G = 9.81
Pp1 = (Pv + (Rhol * G * F * H)) / (10 ^ 6)
Tp1 = -9.2943 * Pp1 ^ 6 + 62.004 * Pp1 ^ 5 - 174.04 * Pp1 ^ 4 + 269.63 * Pp1 ^ 3
- 259.04 * Pp1 ^ 2 + 187.73 * Pp1 - 53.613

Ts = (Tp1 + Tv) / 2
Ts = Ts + 273.15
diffTs = (Ts * G / hfg) * ((Rhol / Rhov) - 1)
Tp2 = (Tv + 273.15) + (diffTs * F * H)
Tp = ((Tp1 + Tp2) + 273.15) / 2
delTh = (Tp - (Tv + 273.15)) * F / 2
delT = Tso - Tsi - delTh
Q = delT / ztotal
Form1.Print "Q=" & Q


Do
z3f = (0.335 * Q ^ (1 / 3)) / (Din * G ^ (1 / 3) * Le ^ (4 / 3) * Phi2 ^ (4 / 3))
Phi3 = ((0.32 * Rhol ^ 0.65 * ml ^ 0.3 * Cpl ^ 0.7) / (Rhov ^ 0.25 * hfg ^ 0.4 * ul ^
0.1)) * ((Pv / Pa) ^ 0.23)
z3p = 1 / (Phi3 * G ^ 0.2 * Q ^ 0.4 * (Pi * Din * Le) ^ 0.6)
z3 = (z3f * z3p) / (z3f + z3p)
z7 = (0.335 * Q ^ (1 / 3)) / (Din * G ^ (1 / 3) * Lc ^ (4 / 3) * Phi2 ^ (4 / 3))
ztotalrevise = ztotal + z3 + z7
Qrevise = delT / ztotalrevise
```

```
    Form1.Print "z3=" & z3
    Form1.Print "z7=" & z7
    Form1.Print "ztotalrevise=" & ztotalrevise
    Form1.Print "Qrevise=" & Qrevise
    X = Abs(Q - Qrevise)
    Q = Qrevise
    Loop While (X > 0.01)
    Qtotal = Q * n
    Form1.Print "Q 1 Loop =" & Q
    Form1.Print "Qtotal =" & Qtotal


  End Sub

Private Sub Text1_Change()
  T1 = Text1.Text
End Sub

Private Sub Text2_Change()
  T2 = Val(Text2.Text)
End Sub

Private Sub Text3_Change()
  T3 = Val(Text3.Text)
End Sub

Private Sub Text4_Change()
  T4 = Val(Text4.Text)
End Sub
```

```
Private Sub Text5_Change()
   V = Val(Text5.Text)
End Sub

Private Sub Text6_Change()
   Nr = Text6.Text
End Sub
```

โปรแกรมการคำนวณขนาดการทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ และฮีทไปป์

```
Option Explicit
Dim V, L, W As Single
Dim Rho As Single
Dim t(8), RH(8) As Single
Dim n As Single
Dim Qa, Qp, Qr, nQp, nQa, nQr As Single
Dim C1, C2, C3, C4, C5, C6, e, m, x  As Single
Dim P, Ps(8), Pv(8), A(5), h(5), sv(5) As Single


Private Sub Command1_Click()
Rho = 1.2
C1 = -5800.2206
C2 = 1.3914993
C3 = -0.04860239
C4 = 4.1764768 * 10 ^ -5
C5 = -1.445209 * 10 ^ -8
C6 = 6.5459673
e = 2.71828182845904
n = 1
      t(0) = t(1) + 273.15
   Do While n = 1 Or n < 6
      t(n) = t(n) + 273.15
      P = (C1 / t(n)) + C2 + (C3 * t(n)) + (C4 * t(n) * t(n)) + (C5 * t(n) ^ 3) + (C6 * (Log(t
(n)) / Log(e)))
      Ps(n) = e ^ P
      Pv(n) = RH(n) * Ps(n) / 100
      A(n) = (0.62197 * Pv(n)) / (101325 - Pv(n))
      sv(n) = (287 * t(n)) / (101325 - Pv(n))
```

```
    t(n) = t(n) - 273.15
    h(n) = (1.0048 * t(n)) + (A(n) * (2501 + 1.86 * t(n)))
    Form1.Print "sv = " & n & sv(n)
    Form1.Print "A = " & n & A(n)
    Form1.Print "Enthalpy" & n & " = " & h(n)
    n = n + 1
  Loop
    L = 0.1778
    W = 0.7112
    m = L * W * V
    Qp = (m / sv(4)) * (h(1) - h(2))
    Qa = (m / sv(4)) * (h(2) - h(3))
    Qr = (m / sv(4)) * (h(3) - h(4))
    Form1.Print "Qprecool = " & Qp
    Form1.Print "Qair = " & Qa
    Form1.Print "Qreheat = " & Qr
    x = (h(5) - h(1)) / (h(4) - h(1))
    nQp = x * Qp
    nQa = x * Qa
    nQr = x * Qr
    Form1.Print "Qprecool(new) = " & nQp
    Form1.Print "Qair(new) = " & nQa
    Form1.Print "Qreheat(new) = " & nQr
End Sub

Private Sub Text1_Change()
  t(1) = Text1.Text
End Sub

Private Sub Text11_Change()
  V = Text11.Text
```

```
End Sub

Private Sub Text12_Change()
   t(5) = Text12.Text
End Sub

Private Sub Text13_Change()
   RH(5) = Text13.Text
End Sub

Private Sub Text2_Change()
   RH(1) = Text2.Text
End Sub

Private Sub Text3_Change()
   t(2) = Text3.Text
End Sub

Private Sub Text4_Change()
   RH(2) = Text4.Text
End Sub

Private Sub Text5_Change()
   t(3) = Text5.Text
End Sub

Private Sub Text6_Change()
   RH(3) = Text6.Text
End Sub

Private Sub Text7_Change()
```

```
    t(4) = Text7.Text
End Sub

Private Sub Text8_Change()
    RH(4) = Text8.Text
End Sub
```

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณหาค่าสมรรถนะต่าง ๆ ของระบบควบคุมสภาวะอากาศห้อง

ค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการวัด

อุณหภูมิห้อง	26 °C	ความชื้นสัมพัทธ์ห้อง	37.36 %
อุณหภูมิตำแหน่งที่ 1	25.7 °C	ความชื้นสัมพัทธ์ตำแหน่งที่ 1	39 %
อุณหภูมิตำแหน่งที่ 2	21.8 °C	ความชื้นสัมพัทธ์ตำแหน่งที่ 2	48.8 %
อุณหภูมิตำแหน่งที่ 3	5 °C	ความชื้นสัมพัทธ์ตำแหน่งที่ 3	99.99 %
อุณหภูมิตำแหน่งที่ 4	8.8 °C	ความชื้นสัมพัทธ์ตำแหน่งที่ 4	75 %
อุณหภูมิตำแหน่งที่ 5	13.6 °C	ความชื้นสัมพัทธ์ตำแหน่งที่ 5	63 %
ความเร็วลมที่ช่องลมจ่าย	5.19 m/s		
ความกว้างของช่องลมจ่าย	0.1778 m	ความยาวของช่องลมจ่าย	0.7112 m

การหาค่าเอนทาลปีของอากาศ ที่สภาวะอากาศตำแหน่งที่ 1

T_1 = 25.7 °C = 273.15 K + 25.7 = 298.85 K RH_1 =39%

$$\ln P_{vs} = \frac{-5800.2206}{T} + 1.3914993 + (-0.04860239T) + (4.1764768 \times 10^{-5} T^2) + (-1.445209 \times 10^{-8} T^3) + (6.5459673 \ln T)$$

$$\ln P_{vs} = \frac{-5800.2206}{298.85} + 1.3914993 + (-0.04860239 \times 298.85) + (4.1764768 \times 10^{-5} \times 298.85^2) + (-1.445209 \times 10^{-8} \times 298.85^3) + (6.5459673 \ln 298.85) = 8.11417$$

P_{vs} = 13341.48 = 13.34 kPa

$$s_v = \left(\frac{285 \times T}{101.325 - P_v}\right) = \left(\frac{285 \times 298.85}{101.325 - 13.34}\right) = 1.8575$$

$$P_v = \frac{RH \times P_{vs}}{100} = \frac{39 \times 13.34}{100} = 11.3kPa$$

$$w = \frac{0.62197 P_v}{P_a - P_v} = \frac{0.62197(11.3)}{101.325 - 11.3} = 18.1 \times 10^{-3} kg_w / kg_{da}$$

$$h = 1.0048T + w(2500.8 + 1.863T)$$

$$\therefore h = 1.0048(298.85) + 18.1 \times 10^{-3}(2500.8 + 1.863(298.85))$$

$$h_1 = 37.8186kJ / kg_{da}$$

ในทำนองเดียวกัน สามารถหาค่าเอนทาลปีที่ตำแหน่งที่ 2, 3, 4 และ 5 ได้ดังตัวอย่าง

$h_2 = 42.28 kJ / kg_{da}$

$h_3 = 18.72 kJ / kg_{da}$

$h_4 = 22.22 kJ / kg_{da}$

$h_5 = 29.2 kJ / kg_{da}$

<u>การหาขนาดทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ precool coil และ reheat coil</u>

ขนาดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

$$Q_a = \frac{L \times W \times V}{sv_4}(h_2 - h_3)$$

$$Q_a = \frac{0.1778 \times 0.7112 \times 5.19}{5.82}(42.28 - 18.72) = 19.2 kJ / s$$

ขนาดการทำความเย็นของ precool coil

$$Q_a = \frac{L \times W \times V}{sv_4}(h_1 - h_2)$$

$$Q_a = \frac{0.1778 \times 0.7112 \times 5.19}{5.82}(46.48 - 42.28) = 3.42 kJ / s$$

ขนาดการทำความเย็นของ reheat coil

$$Q_a = \frac{L \times W \times V}{sv_4}(h_3 - h_4)$$

$$Q_a = \frac{0.1778 \times 0.7112 \times 5.19}{5.82}(18.72 - 22.22) = -2.86 kJ / s$$

เนื่องจากมีลมรั่วเข้ามาในระบบ ทำให้ค่าขนาดของการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศและฮีทไปป์ผิดไปจากความเป็นจริง

ดังนั้นจึงได้ทำการคำนวณปริมาณลมที่รั่ว และหาประสิทธิภาพที่แท้จริงโดย

$$x = \frac{h_5 - h_1}{h_4 - h_1} = \frac{29.2 - 46.48}{22.2 - 46.48} = 0.71$$

เมื่อ x เป็นอัตราส่วนปริมาณลมที่ผ่านคอยล์เครื่องปรับอากาศ ดังนั้น

$Q_{a,new} = xQ_a = 0.71 \times 19.2 = 13.68 kJ / s$

$Q_{p,new} = xQ_p = 0.71 \times 3.42 = 2.44 kJ / s$

$Q_{r,new} = xQ_r = 0.71 \times -2.86 = -2.04 kJ / s$

เนื่องจากในการหาคำนวณคุณลักษณะทางความร้อนของฮีทไปป์นั้น ต้องทราบความเร็วลมบริเวณผิวคอยล์ในช่องลมดูด ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$V_{return} = \left(\frac{x \cdot L \cdot W \cdot V}{sv_4}\right) / \left(\frac{0.635 \times 0.5334}{sv_2}\right)$$

$$= \left(\frac{0.71 \times 01778 \times 0.7112 \times 5.19}{5.82}\right) / \left(\frac{0.635 \times 0.5334}{3.794}\right) = 1.45 m/s$$

เมื่อ ความกว้างของช่องลมดูด = 0.5334 m

ความยาวของช่องลมดูด = 0.635 m

การคำนวณหาคุณลักษณะทางความร้อนของฮีทไปป์ (ติดกับเครื่องปรับอากาศขนาด 4 ตัน)

พิจารณาหลังติดตั้งฮีทไปป์แบบ 1 แถว อุณหภูมิของอากาศ ณ จุดต่าง ๆ คือ

T_1 =25.7°C T_2 = 21.8 °C T_3 = 5°C T_4 = 8.8 °C V = 1.45 m/s

จาก $T_{so} = \frac{T_1 + T_2}{2}$ และ $T_{si} = \frac{T_3 + T_4}{2}$

$$T_{so} = \frac{25.7 + 21.8}{2} = 23.75$$

$$T_{si} = \frac{5 + 8.8}{2} = 6.9$$

$$\Delta T = 23.75 - 6.9 = 16.85$$

Geometry ของ Coil ที่ใช้สร้างฮีทไปป์ (กรณี 1 แถว 12 ลูป)

$N_r = 1 row$

$N_c = 24 column$

$L_t = 0.635 m$

$L_f = 0.5334 m$

$W_f = 0.01905 \times 1 m$

$S_T = 0.0254 m$

$D_o = 0.01 m$

$D_i = 0.009525 m$

$t_f = 0.00015 m$

$L_{fs} = 14 fins / inch = 0.001814$

แทนค่าในสมการ

$$N_t = N_r \times N_c = 1 \times 24 tubes$$

$$N_f = \frac{L_i}{L_{fs}} + 1 = \frac{0.635}{0.00184} + 1 = 351 fins$$

$$A_f = 2N_f(W_f L_f - \frac{\pi D_o^2 N_t}{4}) + 2N_f L_f t_f$$

$$= 2 \times 351(0.01905 \times 0.5334 - \frac{\pi(0.01^2)(24)}{4}) + (2 \times 351 \times 0.5334 \times 0.0015)$$

$$= 5.866 m^2$$

$$A_b = N_t(\pi D_o L_i - N_f t_f \pi D_o) = 24((\pi \times 0.01 \times 0.635) - (351 \times 0.00015\pi \times 0.01))$$

$$= 0.439 m^2$$

$$A_t = A_f + A_b = 5.866 + 0.439 = 6.305 m^2$$

$$A_{ff} = (L_i L_f) - N_c D_o(L_i - N_t t_f) - (N_f L_f t_f)$$

$$= (0.635 \times 0.5334) - (24 \times 0.01)(0.635 - 24 \times 0.00015) - (351 \times 0.5334 \times 0.00015)$$

$$= 0.1591 m^2$$

$$A_{fr} = L_i L_f = 0.635 \times 0.5334 = 0.339 m^2$$

$$t_w = \frac{(0.01 - 0.009525)}{2} = 0.0002375 m$$

$$L_{eff} = \frac{S_T - D_o}{2} = \frac{0.0254 - 0.01}{2} = 0.0077$$

$$k_f = 204 W / m \cdot K$$

$$k_b = 398 W / m \cdot K$$

การหาค่า h_{eo}

เปิดตารางคุณสมบัติอากาศที่ T_{so} = 23.75 °C = 296.75 K

$$\rho_a = 1.175161 kg / m^3$$

$$C_{pa} = 1005.6752 J / kg \cdot K$$

$$\mu_a = 1.8309 \times 10^{-5} kg / m \cdot s$$

$$k_a = 0.026 W / m \cdot K$$

Pr = 0.7088

จาก $$h_{eo} = \frac{(\eta_f A_f h_f + A_b h_b)}{A_t}$$

$$h_f = 0.036(\frac{L_{eff} v_a \rho_a}{\mu_a})^{-0.2} \text{Pr}^{-2/3} C_{pa} v_a \rho_a$$

$$= 0.036(\frac{0.0077 \times 1.45 \times 1.17516}{1.8309 \times 10^{-5}})^{-0.2} \times 0.7088^{-2/3} \times 1005.6752 \times 1.45 \times 1.175161$$

$$= 20.835 W / m^2 \cdot K$$

$$mL_{eff} = L_{eff} \sqrt{\frac{2h_f}{k_f t_f}} = 0.0077 \sqrt{\frac{2 \times 20.835}{204 \times 0.00015}} = 0.284$$

$$\eta_f = \frac{\tanh(mL_{eff})}{mL_{eff}} = \frac{\tanh(0.284)}{0.284} = 0.92$$

$$G_{\max} = \rho_a v_a \frac{A_{fr}}{A_{ff}} = 1.17516 \times 1.45 \times \frac{0.339}{0.1591} = 3.628 kg / s \cdot m^2$$

$$\text{Re} = \frac{D_o G_{\max}}{\mu_a} = \frac{0.01 \times 3.628}{1.8309 \times 10^{-5}} = 1981.546$$

เมื่อ $C_z = 0.68$ และ $B = 0.025$

$$h_b = BC_z \text{Re}^m \text{Pr}^{1/3} k_a / D_o$$

$$= 0.025 \times 0.68 \times 1981.546^{1.35} \times 0.7088^{1/3} \times \frac{0.026}{0.01} = 1112.92 W / m^2 \cdot K$$

$$h_{eo} = \frac{(0.92 \times 5.866 \times 20.83479) + (0.4319 \times 1112.92)}{6.305} = 96.403 W / m^2 \cdot K$$

ในทำนองเดียวกัน การหาค่า h_{co} ทำได้ในทำนองเดียวกัน โดยใช้คุณสมบัติของอากาศที่ $T_{si} = 6.5\ ^\circ C = 279.65\ K$ ได้ค่า $h_{co} = 124.47\ W/m^2 \cdot K$ โดยจะให้มีค่าเท่ากันตลอดทั้งผืนคอยล์

<u>การหาค่า S_{eo}</u> (พิจารณา 1 ลูป)

เมื่อ n = จำนวนลูปของฮีทไปป์ = 12 ลูป

$$N_c' = \frac{N_c}{n} = \frac{24}{12} = 2$$

$$N_t' = \frac{N_t}{n} = \frac{24}{12} = 2$$

$$L_f' = \frac{L_f}{n} = \frac{0.5334}{12} = 0.04445 m$$

$$W_f' = \frac{W_f}{N_r} = \frac{0.01905}{1} = 0.01905 m$$

สรุปได้ว่า

$$S_{eo} = \frac{A_t}{n} = \frac{6.305}{12} = 0.525 m^2$$

<u>การหาค่า S_{co}</u>

ค่า S_{co} จะมีค่าเท่ากับ ค่า S_{eo} คือเท่ากับ $0.525\ m^2$

การหาค่า L_e

$$L_e = L_t \frac{N_t}{n} = 0.635 \times \frac{24}{12} = 1.27m$$

การหาค่า L_c

ค่า L_c จะมีค่าเท่ากับค่า L_e คือเท่ากับ 1.27 m

การหาค่า z_1, z_2, z_8 และ z_9

จากสมการ

$$z_1 = \frac{1}{h_{eo} S_{eo}} = \frac{1}{96.403 \times 0.525} = 0.01974K/W$$

$$z_9 = \frac{1}{h_{co} S_{co}} = \frac{1}{124.47 \times 0.525} = 0.015288K/W$$

$$z_2 = \frac{\ln(D_o / D_i)}{2\pi k L_e} = \frac{\ln(0.01/0.009525)}{2\pi(398)(1.27)} = 1.532 \times 10^{-5} K/W$$

$$z_8 = \frac{\ln(D_o / D_i)}{2\pi k L_c} = \frac{\ln(0.01/0.009525)}{2\pi(398)(1.27)} = 1.532 \times 10^{-5} K/W$$

$$z_{total} = z_1 + z_2 + z_8 + z_9 = 0.03506K/W$$

จากสมการ

$$T_v = T_{si} + \frac{(z_7 + z_8 + z_9)}{z_{total}} \Delta T$$

$$T_v = 6.5 + \frac{(0 + 1.532 \times 10^{-5} + 0.015288)}{0.03506}(16.85) = 14.2552°C$$

จากตาราง คุณสมบัติของ R-22 ที่อุณหภูมิ 15 °C จะได้

$$P_v = 0.772612MPa$$

$$\rho_l = 1231.561kg/m^3$$

$$\rho_v = 13.6kg/m^3$$

$$h_f = 217.05kJ/kg$$

$$h_g = 409.68kJ/kg$$

$$h_{fg} = 192.633kJ/kg$$

$$C_{pl} = 1214.875kJ/kg \cdot K$$

$$\mu_l = 1.8 \times 10^{-4} N \cdot s/m^2$$

$$\lambda_l = 90.19 \times 10^{-3} W/m \cdot K$$

$$\Phi_2 = [\frac{h_{fg} \lambda_l^3 \rho_l^2}{\mu_l}]^{1/4} = [\frac{192633 \times 0.09019^3 \times 1231.561^3}{180 \times 10^{-6}}] = 6188.73$$

จากสมการ

$$H = S_T \sin\beta + D_i = 0.00254 \sin 60° + 0.009525 = 0.0315m$$

เมื่อ F=0.5

$$P_{p,1} = P_v + \rho_l gFH = 772612 + (1231.561 \times 9.81 \times 0.5 \times 0.0315) = 0.772803MPa$$

เปิดตารางคุณสมบัติ R-22 และทำการ interpolation ได้ $T_{p,1}$ = 14.239 °C

สมมติ

$$T_s \approx \frac{T_{p,1} + T_v}{2} \approx \frac{14.239 + 14.2552}{2} \approx 14.25°C \approx 287.4K$$

$$\frac{dT_s}{dH} = \frac{T_s g}{h_{fg}}(\frac{\rho_l}{\rho_v} - 1) = \frac{287.4 \times 9.81}{192.633 \times 10^3}(\frac{1231.561}{13.6} - 1) = 1.31084K/W$$

$$T_{p,2} = T_v + \frac{dT_s}{dH} F \cdot H = 287.4 + (1.31084 \times 0.5 \times 0.0315) = 287.426K$$

$$T_p = \frac{T_{p,1} + T_{p,2}}{2} = \frac{287.389 + 287.426}{2} = 287.408K$$

$$\Delta T_h = \frac{T_p - T_v}{2}(F) = \frac{287.408 - 287.4052}{2}(0.5) = 6.05 \times 10^{-4} K$$

$$\Delta T = T_{so} - T_{si} - \Delta T_h = 16.85 - 0.000605 = 16.8494°C$$

$$Q = \frac{\Delta T}{z_{total}} = \frac{16.8494}{0.03506} = 480.595W$$

หาค่า z_3 และ z_9

$$z_{3f} = \frac{0.335Q^{1/3}}{D_i g^{1/3} L_e^{4/3} \Phi_2^{4/3}} = \frac{0.335(480.595)^{1/3}}{0.009525(9.81)^{1/3}(1.27)^{4/3}(6188.73)^{4/3}} = 8.235 \times 10^{-4}$$

$$\Phi_3 = \frac{0.32\rho_l^{0.65}\lambda_l^{0.3}C_{pl}^{0.7}}{\rho_v^{0.25}h_{fg}^{0.4}\mu_l^{0.1}}\left[\frac{P_v}{P_a}\right]^{0.23}$$

$$= \frac{0.32(1231.561)^{0.65}(0.09019)^{0.3}(1214.875)_l^{0.7}}{(13.6)^{0.25}(192633)^{0.4}(1.8 \times 10^{-4})^{0.1}}\left[\frac{772612}{101325}\right]^{0.23} = 34.657$$

$$z_{3p} = \frac{1}{\Phi_3 g^{0.2} Q^{0.4}(\pi D_i L_e)^{0.6}} = \frac{1}{34.657 \times 9.81^{0.2} \times 480.595^{0.4} \times (\pi \times 0.009525 \times 1.16)^{0.6}}$$

$$= 1.099 \times 10^{-2} K/W$$

$$z_3 = \frac{z_{3f} z_{3p}}{z_{3f} + z_{3p}} = \frac{0.0008235 \times 0.01099}{0.0008235 + 0.01099} = 7.661 \times 10^{-4} K/W$$

$$z_7 = \frac{0.335Q^{1/3}}{D_i g^{1/3} L_c^{4/3} \Phi_2^{4/3}} = \frac{0.335 \times 480.595^{1/3}}{0.009525(9.81)^{1/3}(1.27)^{4/3}(6188.73)^{4/3}} = 8.235 \times 10^{-4} K/W$$

$$z_{total} = 0.03506 + (7.661 + 8.235) \times 10^{-4} = 3.665 \times 10^{-2} K/W$$

$$Q_{revise} = \frac{\Delta T}{ztotal} = \frac{16.8494}{3.665 \times 10^{-2}} = 459.75W$$

คำนวณซ้ำโดยนำค่า $Q_{revised}$ แทนลงใน Q แล้วเริ่มขั้นตอนการคำนวณ z_3, z_7 อีก จนกว่า $Q_{revised}$ ที่ได้มาไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจะได้ว่า

$Q_{revised}$ = 460.0174 W

Q_{total} = 5520.209 W

ภาคผนวก ง

การพิจารณาความคุ้มค่าในแง่เศรษฐกิจ

ในการพิจารณาความคุ้มค่าในแง่เศรษฐกิจของระบบปรับอากาศที่มี Heat Pipe ทำงานร่วมกับระบบ กับระบบปรับอากาศที่ใช้เครื่องทำความร้อนทำงานร่วมกับระบบในการควบคุมสภาวะอากาศ จะมีวิธีการคำนวณดังนี้

เครื่องปรับอากาศขนาด 4 ตันความเย็น สามารถควบคุมสภาวะอากาศในห้องปรับอากาศให้มีอุณหภูมิ 27.1 °C และมีความชื้นสัมพัทธ์ 46.1 % เมื่อใส่ฮีทไปป์แบบ 4 แถว สามารถควบคุมสภาวะอากาศในห้องปรับอากาศให้มีอุณหภูมิ 27.4 และมีความชื้นสัมพัทธ์ 41.1%

ถ้าเครื่องปรับอากาศต้องการควบคุมให้สภาวะอากาศภายในห้องมีอุณหภูมิ 27.4 และมีความชื้นสัมพัทธ์ 41.1% จะต้องเพิ่มฮีทไปป์เข้าไปในระบบ ซึ่งทำให้เพิ่มค่าใช้จ่ายในการติดตั้งดังนี้

1. ฮีทไปป์แบบ 4 แถว	11000 บาท
2. น้ำยา R-22 (ของไหลทำงานในฮีทไปป์)	264 บาท

ดังนั้น ราคาของเครื่องปรับอากาศหลังปรับปรุงเท่ากับ 11,264 บาท

ในระบบปรับอากาศก่อนปรับปรุงสามารถควบคุมสภาวะอากาศภายในห้องมีอุณหภูมิ 27.4 และมีความชื้นสัมพัทธ์ 41.1% ได้นั้น สามารถทำได้โดยเพิ่มความเร็วรอบของมอเตอร์ และเพิ่ม heater เข้าไปในระบบโดย

1. เพิ่มความเร็วรอบของมอเตอร์ เพื่อเพิ่ม mass flow rate ของเครื่องปรับอากาศ จาก 0.52 kg/s เป็น 0.67 kg/s โดยจะต้องเพิ่มกำลังมอเตอร์อีก 0.3 kW

2. ใส่ฮีทเตอร์ให้กับระบบ เพื่อลดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยจะต้องให้ความร้อนแก่ระบบ 3.15 kW

ดังนั้น ถ้าไม่ใส่ฮีทไปป์เข้าไปในระบบ แต่ทำการปรับปรุงมอเตอร์ และใส่ฮีทเตอร์เข้าไป จะต้องเพิ่มกำลังไฟฟ้าแก่ระบบ 3.45 kW จึงจะเท่ากับการใช้ฮีทไปป์ ซึ่งการทำงานของฮีทไปป์นั้นไม่ต้องการใช้พลังงานจากภายนอกแต่อย่างใด

ถ้าต้องการใช้ฮีทไปป์นั้น จะต้องลงทุน 11,264 บาท โดยจะประหยัดไฟฟ้าได้ 3.45 kW ต่อชั่วโมง ถ้าใน 1 เดือนใช้เครื่องปรับอากาศ 24 วัน วันละ 16 ชั่วโมงจะประหยัดพลังงานได้ 1324.8 kW-hr (1 kW-hr ราคา 2.40 บาท) คิดเป็นเงิน 3,179 บาท

จากสมการ Present worth (p/a) of a uniform series of amount ดังนี้

$$p/a = \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}\right]$$

เมื่อ p = ค่าปัจจุบัน = 11,264 บาท

a = จำนวนเงินที่ได้ทุกงวด = 3,179 [km

i = อัตราดอกเบี้ยที่คิดต่องวด (เดือน) = 0.1/12 = 0.0083

n = จำนวนของช่วงเวลาที่คิดดอกเบี้ย (เดือน)

แทนในสมการข้างต้นจะได้

$$\frac{11264}{3179} = \left[\frac{(1+0.0083)^n - 1}{0.0083(1+0.0083)^n}\right]$$

$$0.0294 = 1 - \frac{1}{1.0083^n}$$

$$n = \frac{\ln(0.9706)}{\ln(1.0083)} = 3.56$$

ดังนั้นจำนวนเงิน 11,264 บาท สำหรับการติดตั้งฮีทไปป์แบบ 4 แถว แทนการติดตั้งฮีทเตอร์ และปรับรอบมอเตอร์ ที่เพิ่มขึ้นจะคืนทุนภายใน 4 เดือน

เครื่องปรับอากาศขนาด 4 ตันความเย็น สามารถควบคุมสภาวะอากาศในห้องปรับอากาศให้มีอุณหภูมิ 27.1 °C และมีความชื้นสัมพัทธ์ 48.1 % เมื่อใส่ฮีทไปป์แบบ 3 แถว สามารถควบคุมสภาวะอากาศในห้องปรับอากาศให้มีอุณหภูมิ 27.6 และมีความชื้นสัมพัทธ์ 41.7%

ถ้าเครื่องปรับอากาศต้องการควบคุมให้สภาวะอากาศภายในห้องมีอุณหภูมิ 27.6 และมีความชื้นสัมพัทธ์ 41.7% จะต้องเพิ่มฮีทไปป์เข้าไปในระบบ ซึ่งทำให้เพิ่มค่าใช้จ่ายในการติดตั้งดังนี้

1. ฮีทไปป์แบบ 3 แถว	8,250	บาท
2. น้ำยา R-22 (ของไหลทำงานในฮีทไปป์)	198	บาท

ดังนั้น ราคาของเครื่องปรับอากาศหลังปรับปรุงเท่ากับ 8,448 บาท

ในระบบปรับอากาศก่อนปรับปรุงสามารถควบคุมสภาวะอากาศภายในห้องมีอุณหภูมิ 27.4 และมีความชื้นสัมพัทธ์ 41.1% ได้นั้น สามารถทำได้โดยเพิ่มความเร็วรอบของมอเตอร์ และเพิ่ม heater เข้าไปในระบบโดย

1. เพิ่มความเร็วรอบของมอเตอร์ เพื่อเพิ่ม mass flow rate ของเครื่องปรับอากาศ จาก 0.52 kg/s เป็น 0.67 kg/s โดยจะต้องเพิ่มกำลังมอเตอร์อีก 0.348 kW

2. ใส่ฮีทเตอร์ให้กับระบบ เพื่อลดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยจะต้องให้ความร้อนแก่ระบบ 4.344 kW

ดังนั้น ถ้าไม่ใส่ฮีทไปป์เข้าไปในระบบ แต่ทำการปรับปรุงมอเตอร์ และใส่ฮีทเตอร์เข้าไป จะต้องเพิ่มกำลังไฟฟ้าแก่ระบบ 4.69 kW จึงจะเท่ากับการใช้ฮีทไปป์ ซึ่งการทำงานของฮีทไปป์นั้นไม่ต้องการใช้พลังงานจากภายนอกแต่อย่างใด

ถ้าต้องการใช้ฮีทไปป์นั้น จะต้องลงทุน 8,448 บาท โดยจะประหยัดไฟฟ้าได้ 4.69 kW ต่อชั่วโมง ถ้าใน 1 เดือนใช้เครื่องปรับอากาศ 24 วัน วันละ 16 ชั่วโมงจะประหยัดพลังงานได้ 1800.96 kW-hr (1 kW-hr ราคา 2.40 บาท) คิดเป็นเงิน 4322 บาท

จากสมการ Present worth (p/a) of a uniform series of amount ดังนี้

$$p/a = \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}\right]$$

เมื่อ p = ค่าปัจจุบัน = 8,448 บาท

a = จำนวนเงินที่ได้ทุกงวด = 1,322 บาท

i = อัตราดอกเบี้ยที่คิดต่องวด (เดือน) = 0.1/12 = 0.0083

n = จำนวนของช่วงเวลาที่คิดดอกเบี้ย (เดือน)

แทนในสมการข้างต้นจะได้

$$\frac{8448}{4322} = \left[\frac{(1+0.0083)^n - 1}{0.0083(1+0.0083)^n}\right]$$

$$0.0162 = 1 - \frac{1}{1.0083^n}$$

$$n = \frac{\ln(0.9838)}{\ln(1.0083)} = 1.98$$

ดังนั้นจำนวนเงิน 8,448 บาท สำหรับการติดตั้งฮีทไปป์แบบ 3 แถว แทนการติดตั้งฮีทเตอร์ และปรับรอบมอเตอร์ ที่เพิ่มขึ้นจะคืนทุนภายใน 2 เดือน

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นาย กอบชัย แสงสว่าง

เกิดวันที่ 11 เมษายน พ.ศ. 2520

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาจากโรงเรียนนครสวรรค์
- สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีการศึกษา 2541