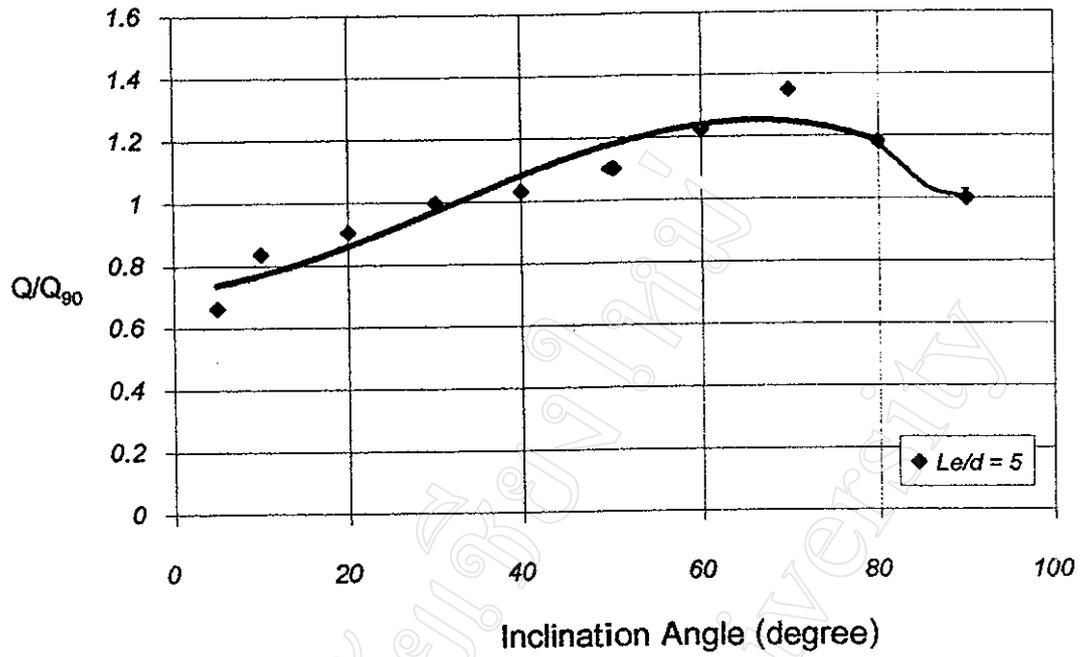


มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

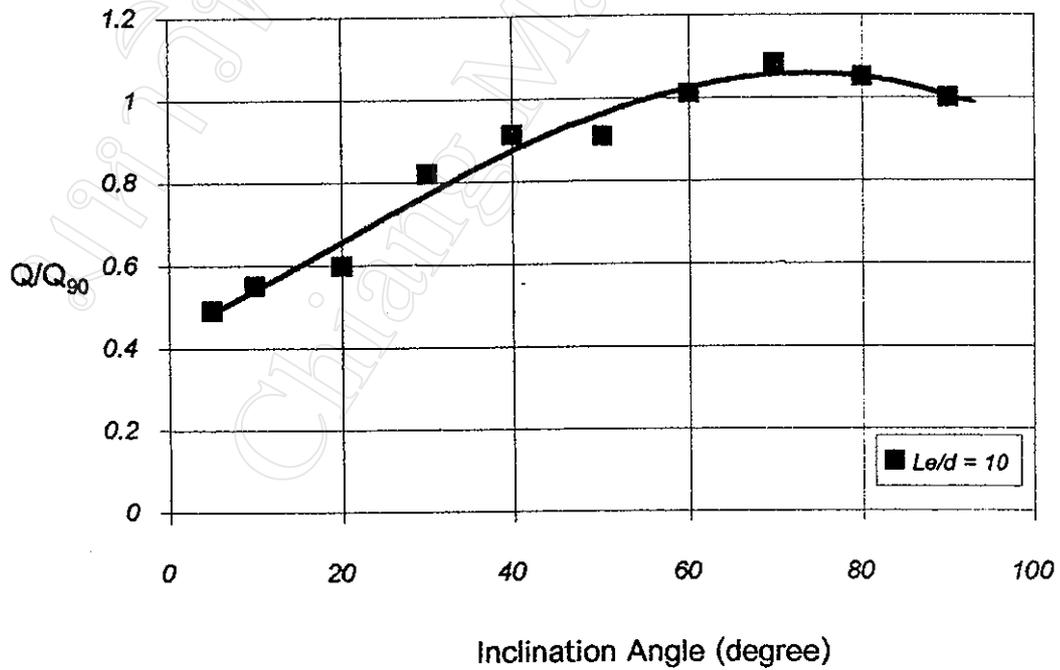
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

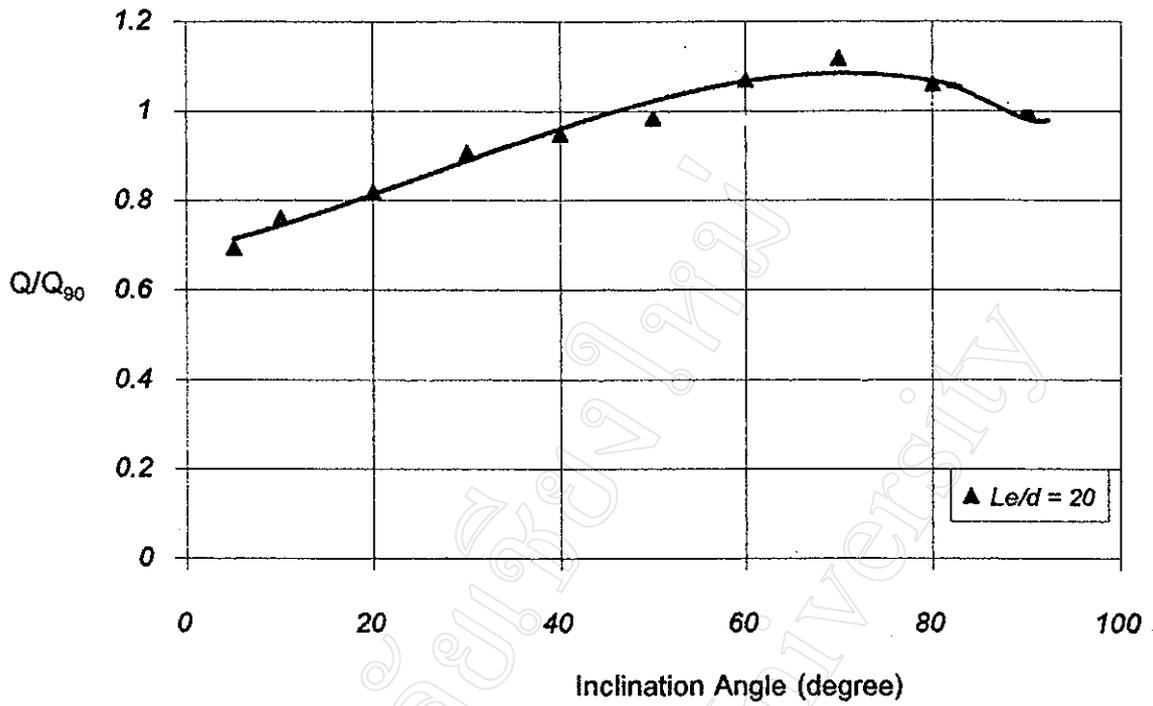
กราฟแสดงผล Q/Q_{90} จากการปรับค่ามุมเอียงการทดสอบ
การกระจายอุณหภูมิที่ผิวภายในสำหรับท่อขนาด 20 มิลลิเมตร



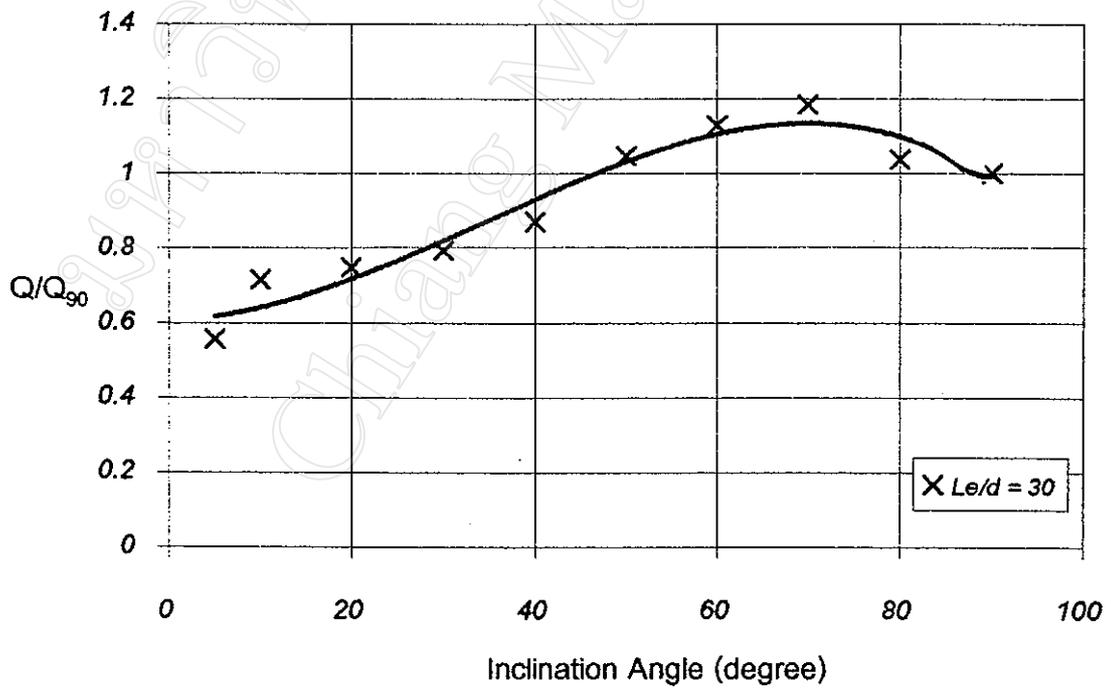
รูป ก-1 Q/Q_{90} ของท่อขนาด 15 มิลลิเมตร Le/d 5 สารทำงาน R113



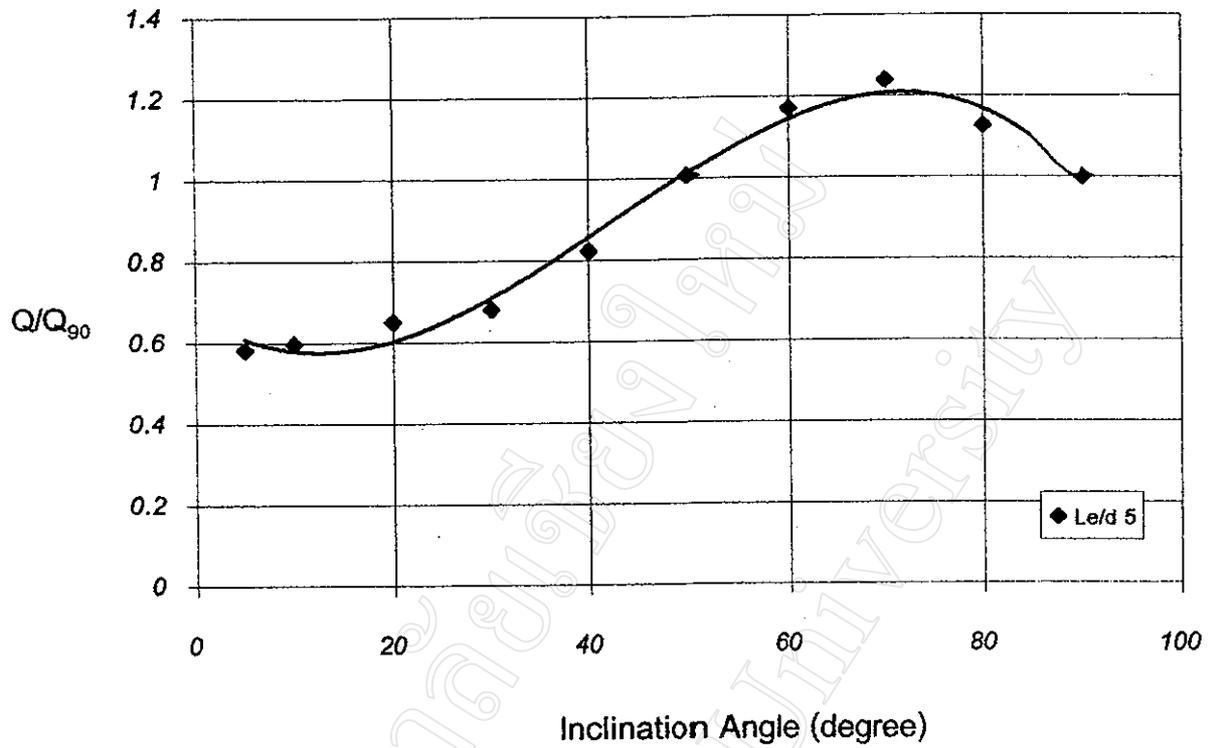
รูป ก-2 Q/Q_{90} ของท่อขนาด 15 มิลลิเมตร Le/d 10 สารทำงาน R113



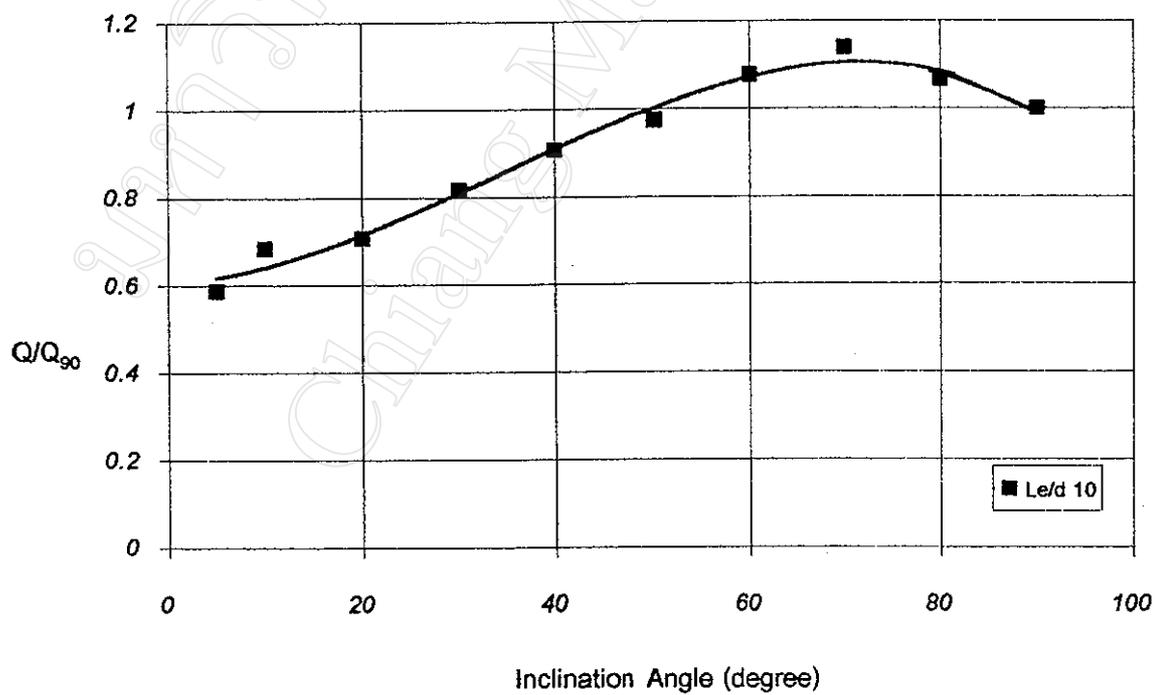
รูป ก-3 Q/Q_{90} ของท่อขนาด 15 มิลลิเมตร $Le/d = 20$ สารทำงาน R113



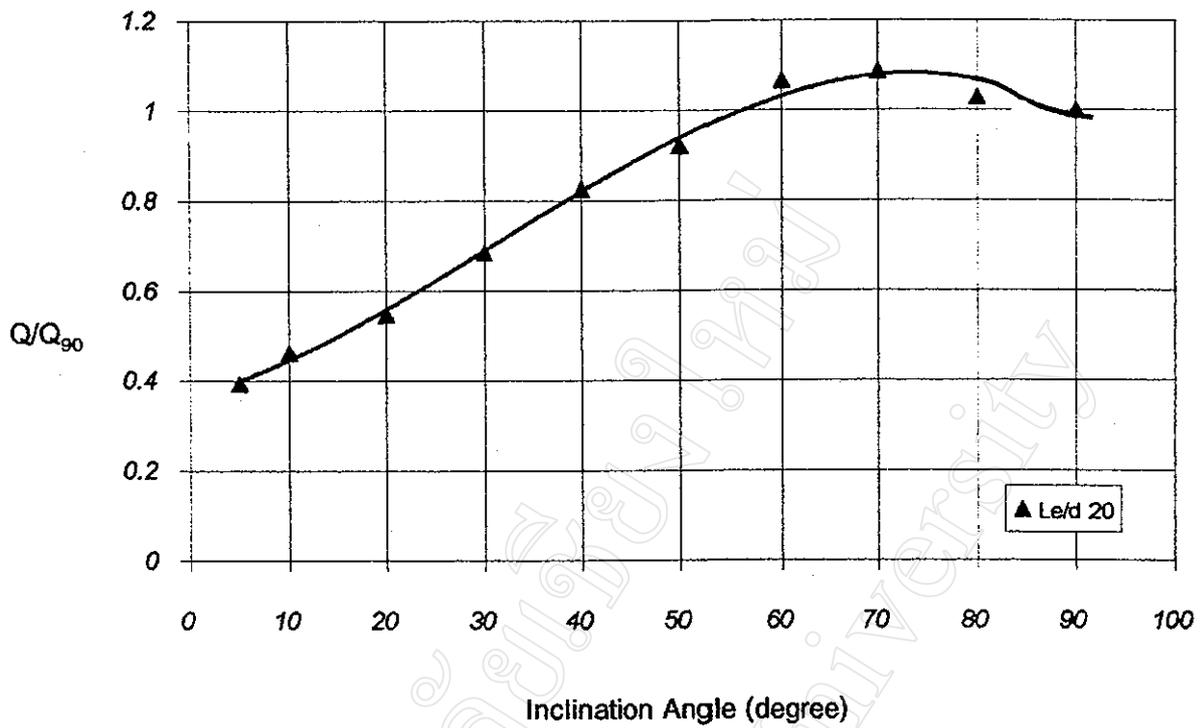
รูป ก-4 Q/Q_{90} ของท่อขนาด 15 มิลลิเมตร $Le/d = 30$ สารทำงาน R113



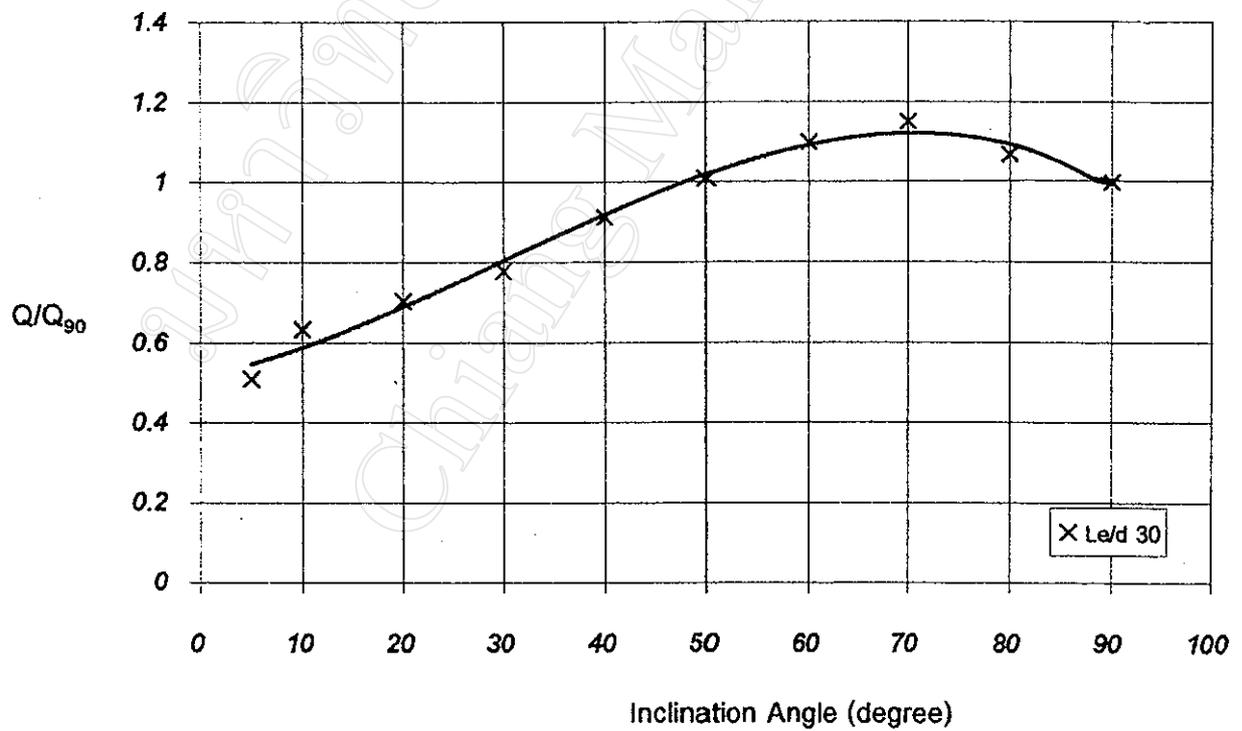
รูป ก - 5 Q/Q_{90} ของท่อขนาด 20 มิลลิเมตร $Le/d = 5$ สารทำงาน R113



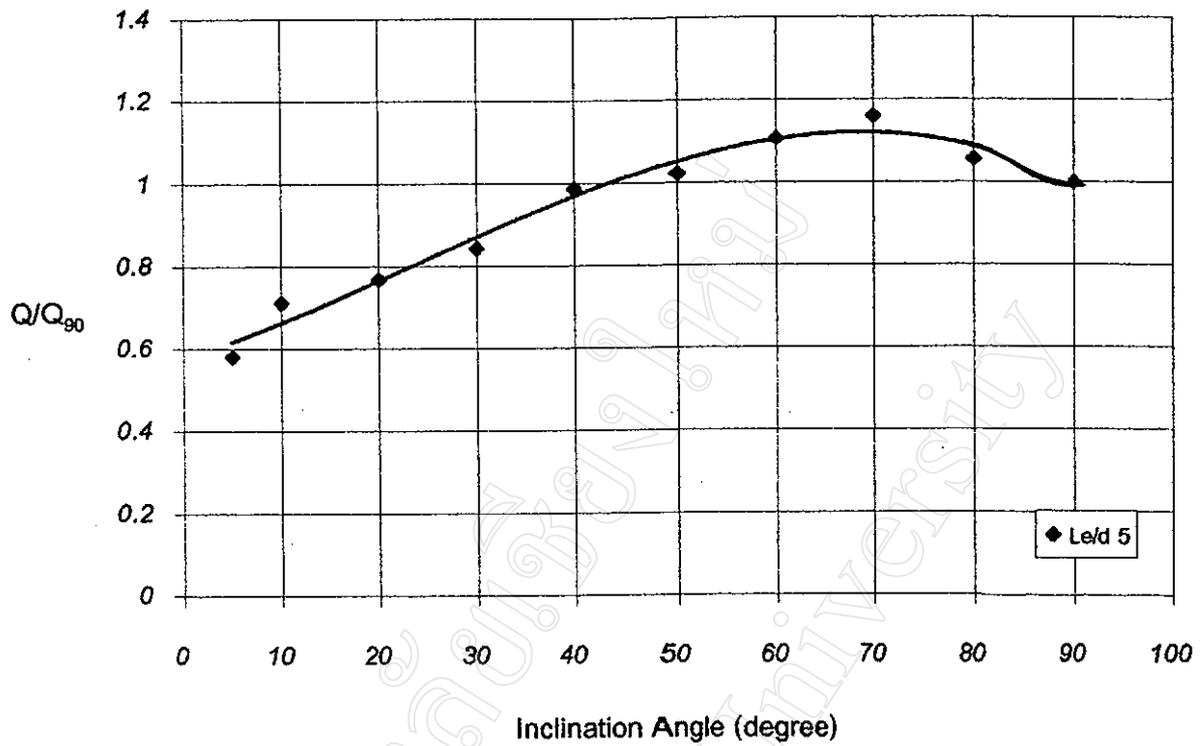
รูป ก - 6 Q/Q_{90} ของท่อขนาด 20 มิลลิเมตร $Le/d = 10$ สารทำงาน R113



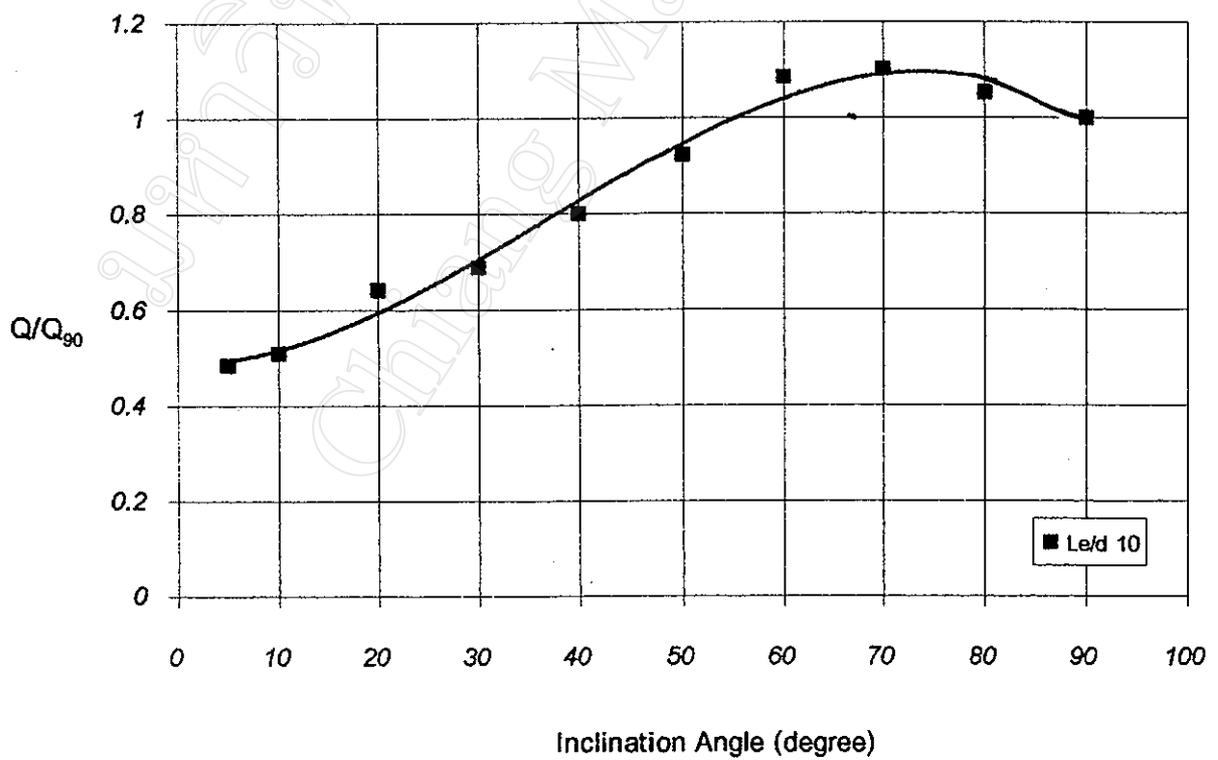
รูป ก - 7 Q/Q_{90} ของท่อขนาด 20 มิลลิเมตร $Le/d = 20$ สารทำงาน R113



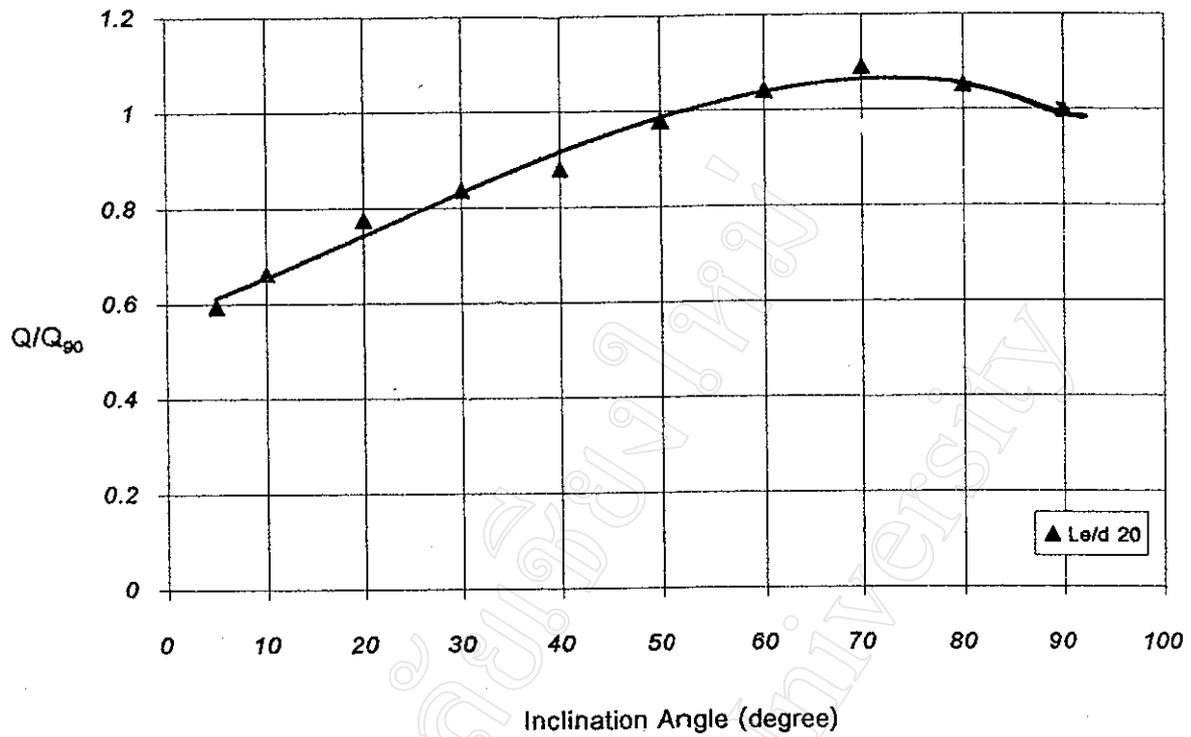
รูป ก - 8 Q/Q_{90} ของท่อขนาด 20 มิลลิเมตร $Le/d = 30$ สารทำงาน R113



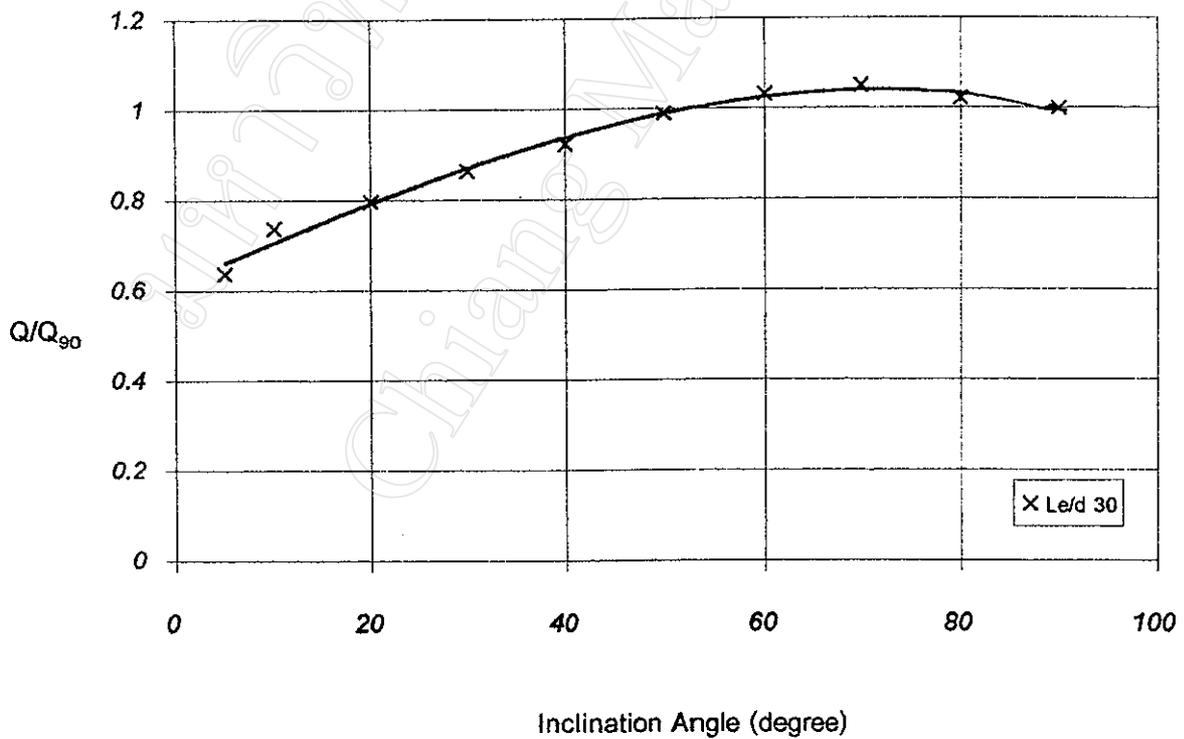
รูป ก-9 Q/Q_{90} ของท่อขนาด 25 มิลลิเมตร Le/d 5 สารทำงาน R113



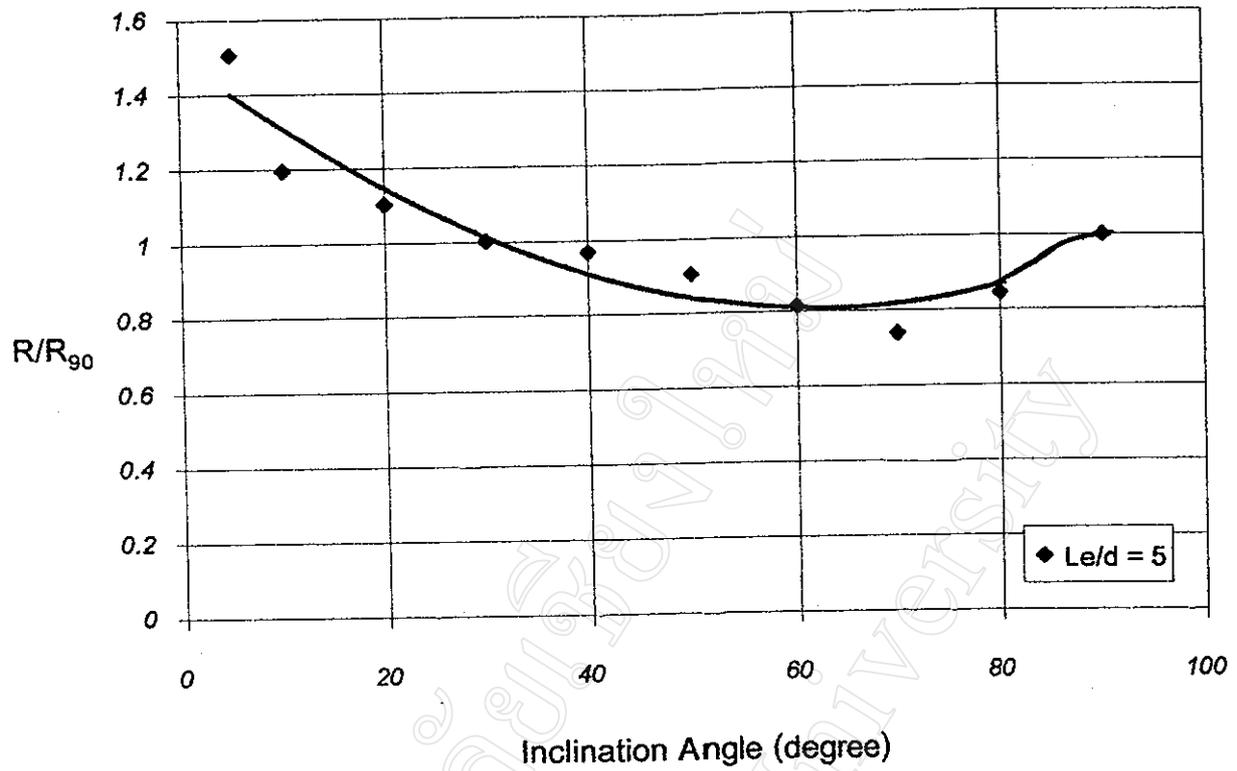
รูป ก-10 Q/Q_{90} ของท่อขนาด 25 มิลลิเมตร Le/d 10 สารทำงาน R113



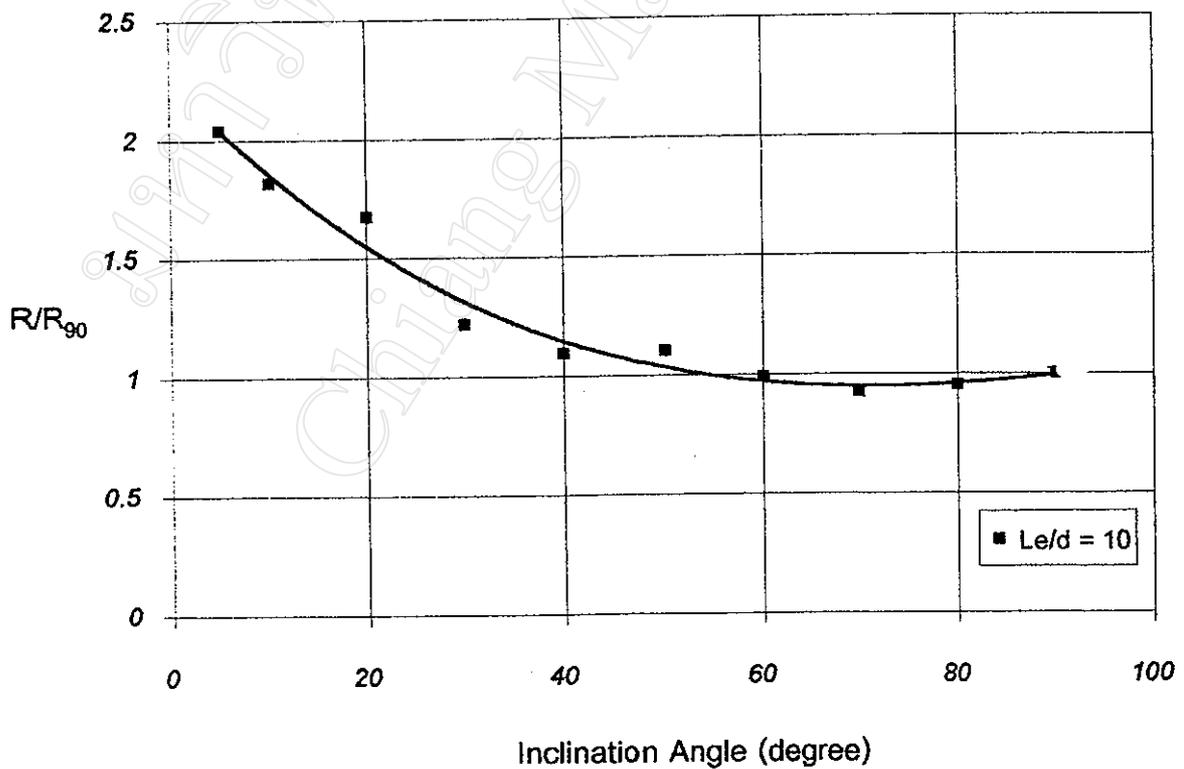
รูป ก - 11 Q/Q_{90} ของท่อขนาด 25 มิลลิเมตร $Le/d = 20$ สารทำงาน R113



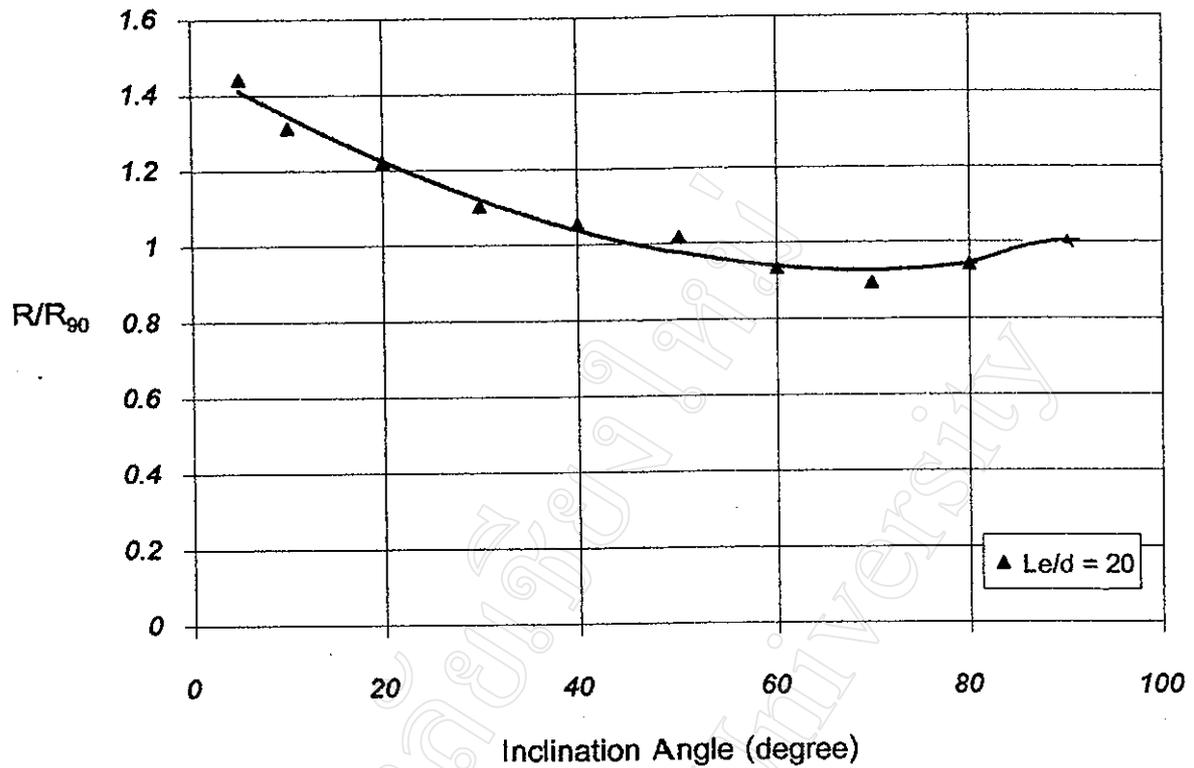
รูป ก - 12 Q/Q_{90} ของท่อขนาด 25 มิลลิเมตร $Le/d = 30$ สารทำงาน R113



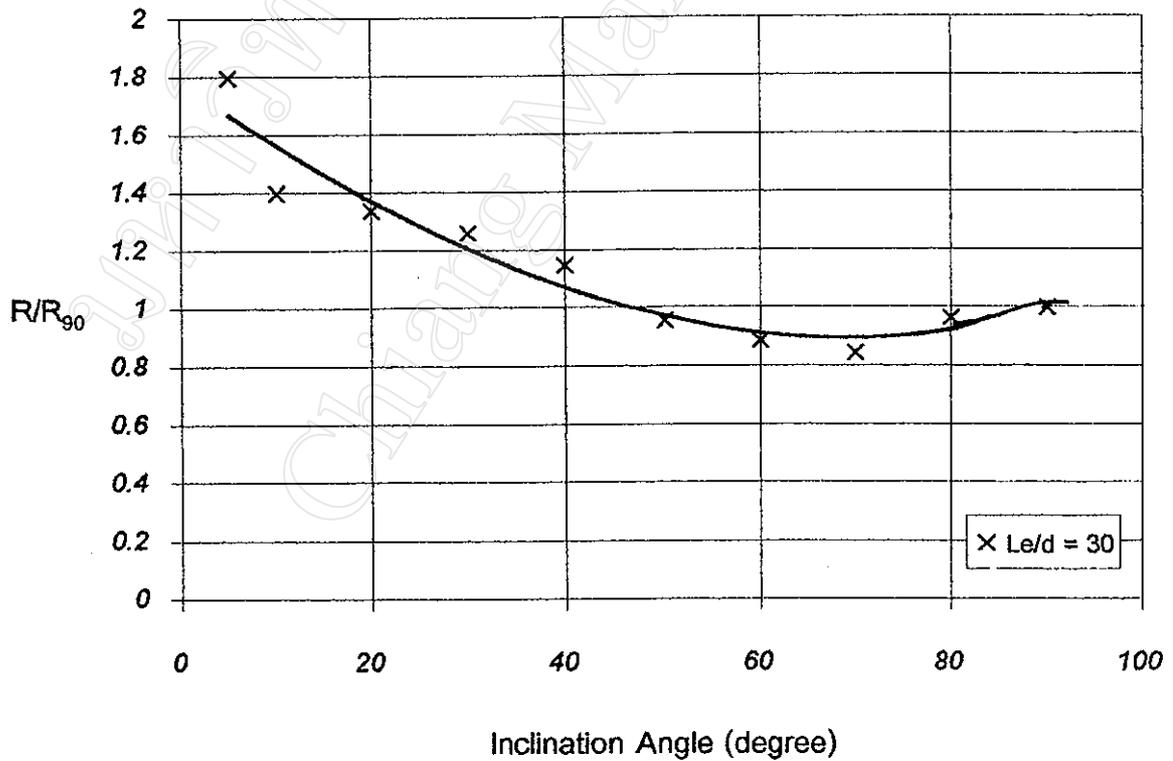
รูป ก - 13 R/R_{90} ของท่อขนาด 15 มิลลิเมตร Le/d 5 สารทำงาน R11



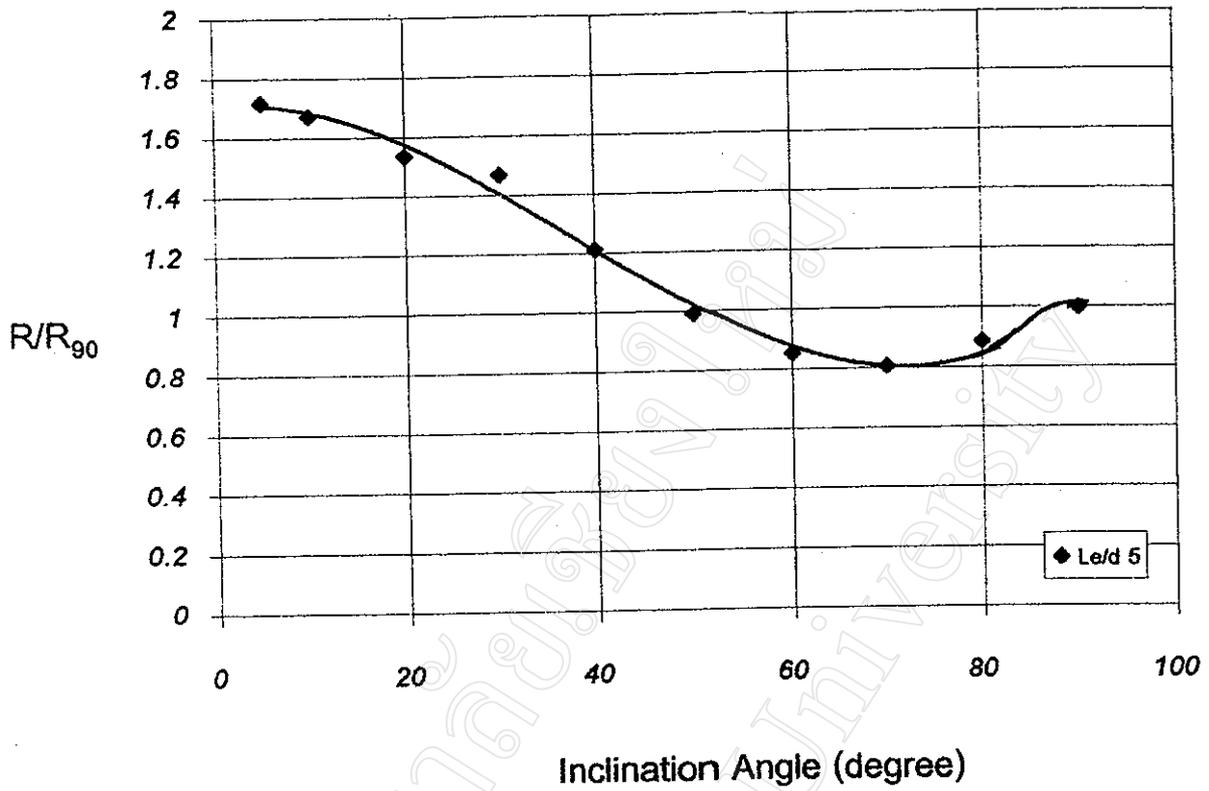
รูป ก - 14 R/R_{90} ของท่อขนาด 15 มิลลิเมตร Le/d 10 สารทำงาน R11



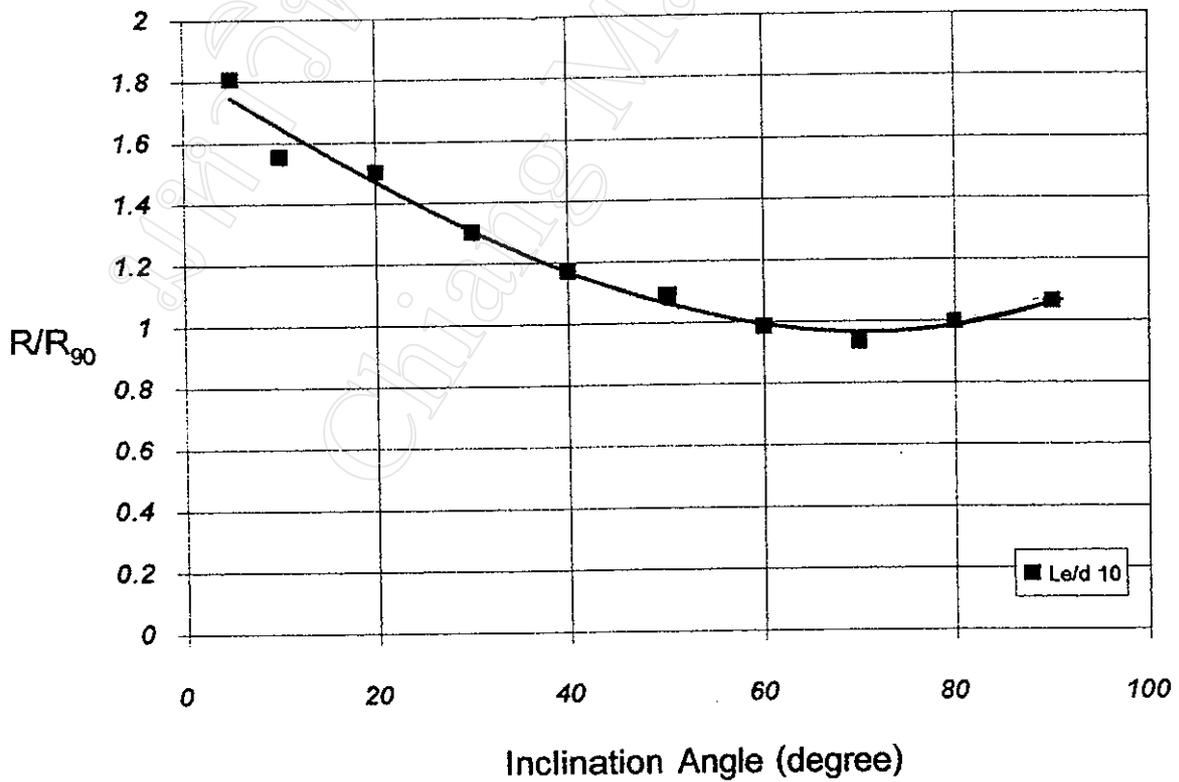
รูป ก - 15 R/R_{90} ของท่อขนาด 15 มิลลิเมตร Le/d 20 สารทำงาน R11



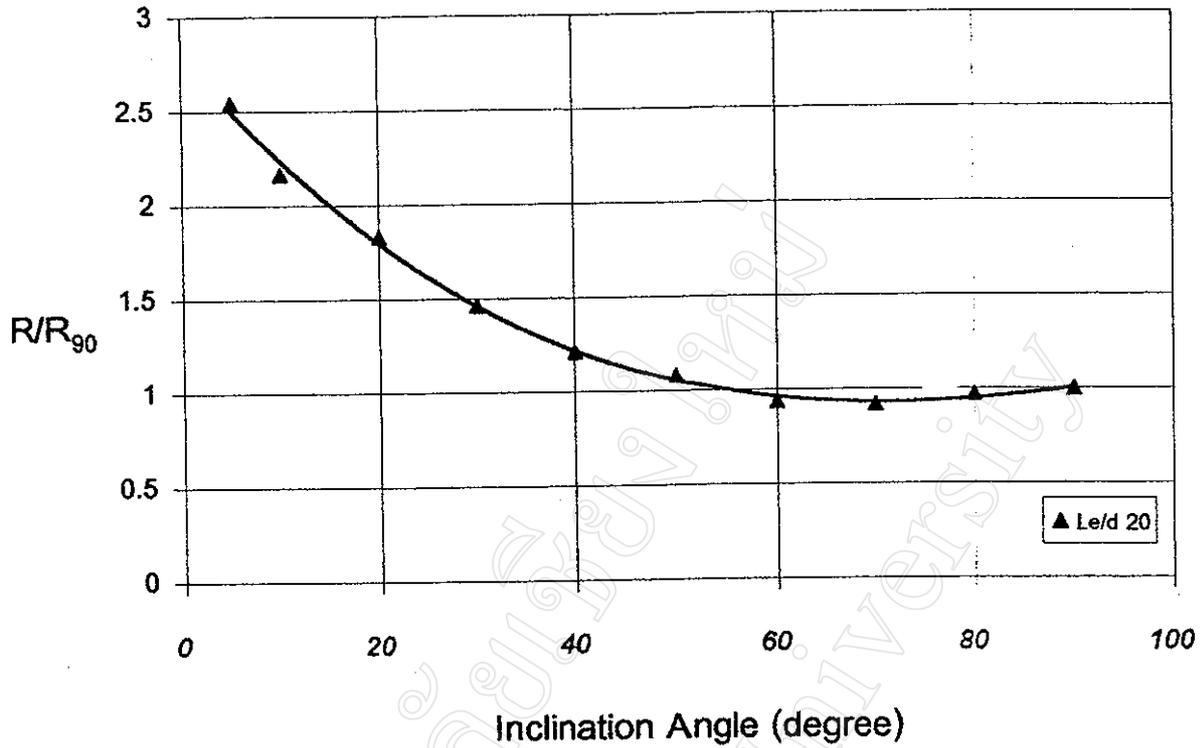
รูป ก - 16 R/R_{90} ของท่อขนาด 15 มิลลิเมตร Le/d 30 สารทำงาน R11



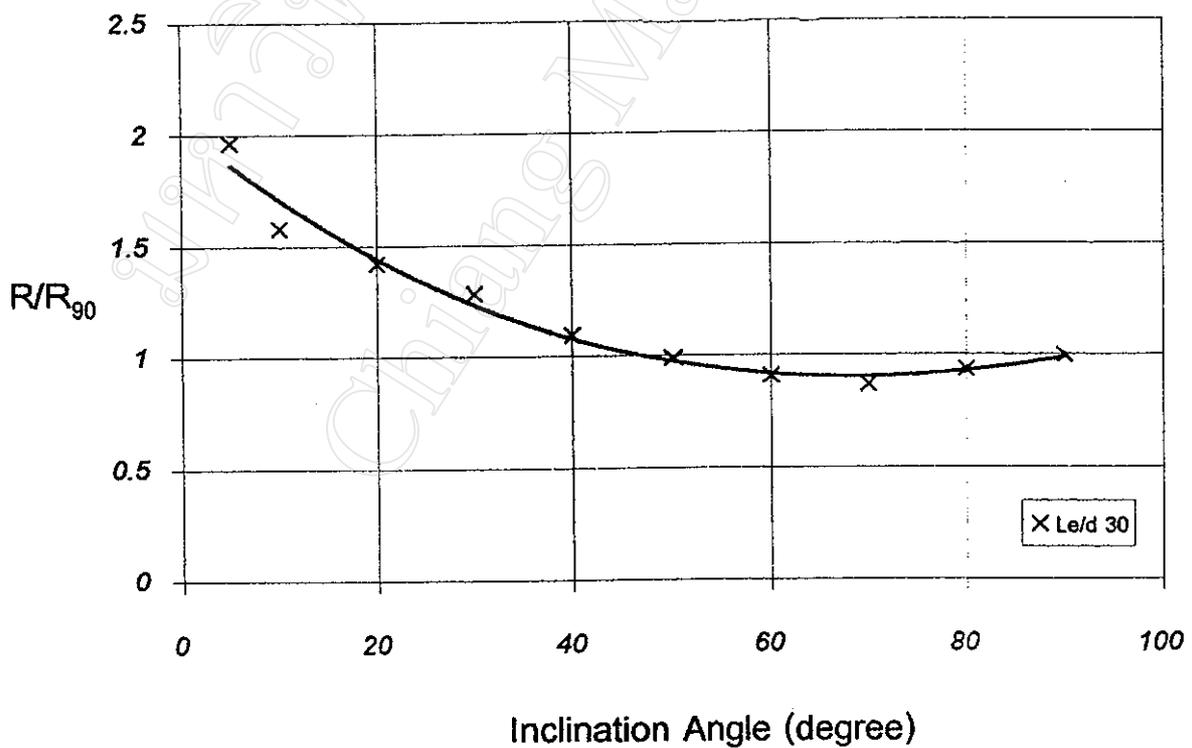
รูป ก - 17 R/R₉₀ ของท่อขนาด 20 มิลลิเมตร Le/d 5 สารทำงาน R11



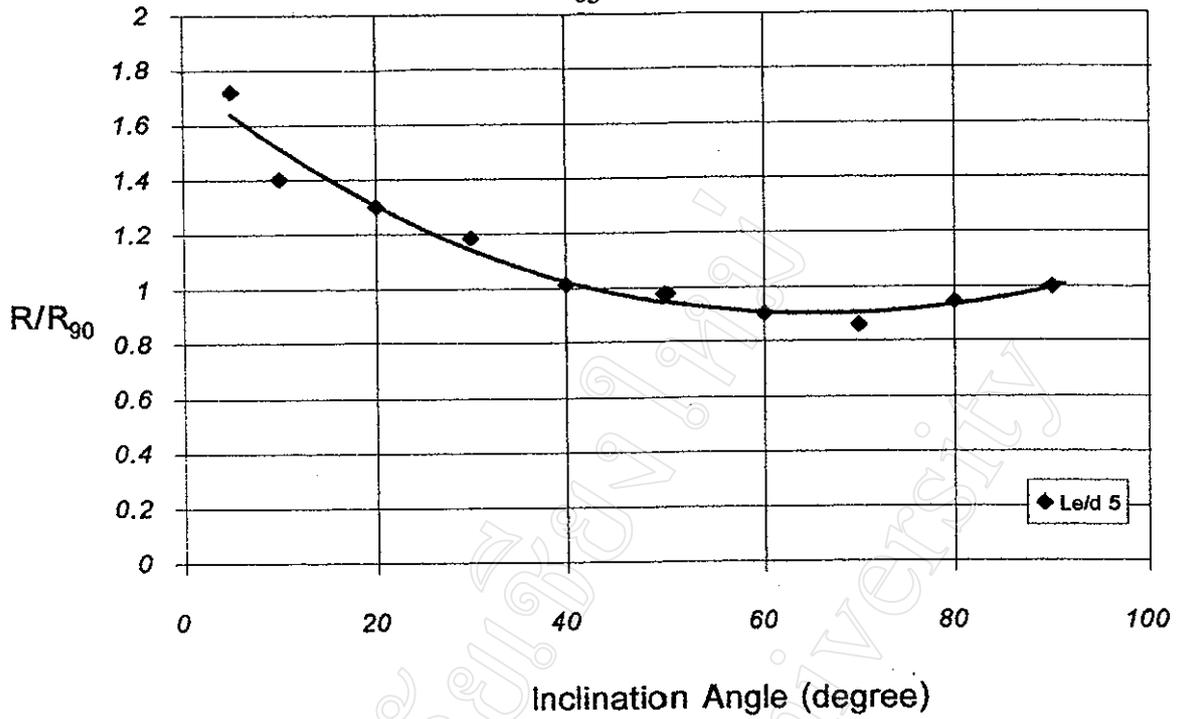
รูป ก - 18 R/R₉₀ ของท่อขนาด 20 มิลลิเมตร Le/d 10 สารทำงาน R11



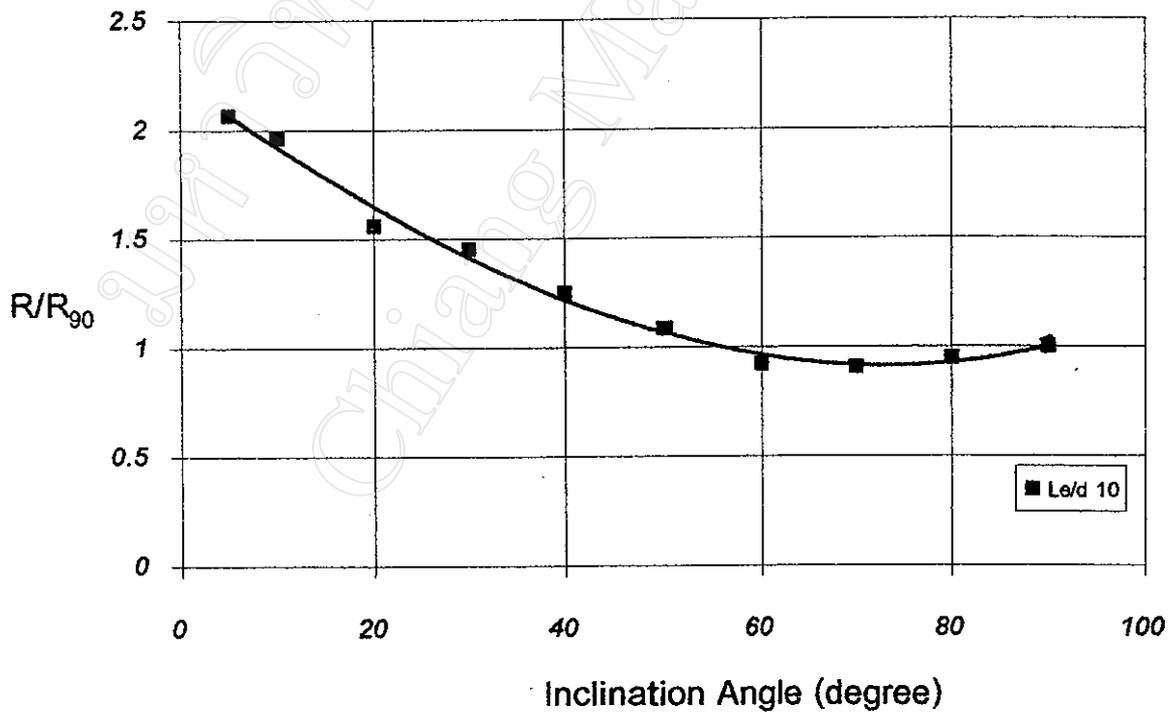
รูป ก-19 R/R_{90} ของท่อขนาด 20 มิลลิเมตร $Le/d = 20$ สารทำงาน R11



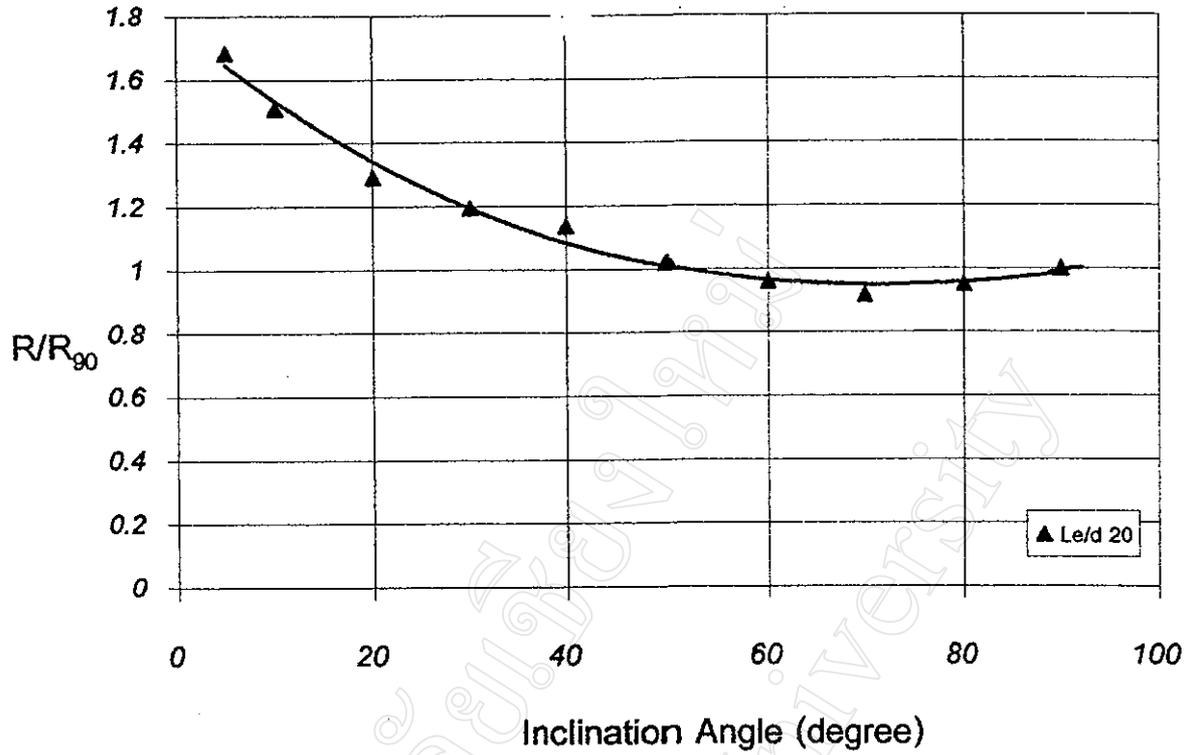
รูป ก-20 R/R_{90} ของท่อขนาด 20 มิลลิเมตร $Le/d = 30$ สารทำงาน R11



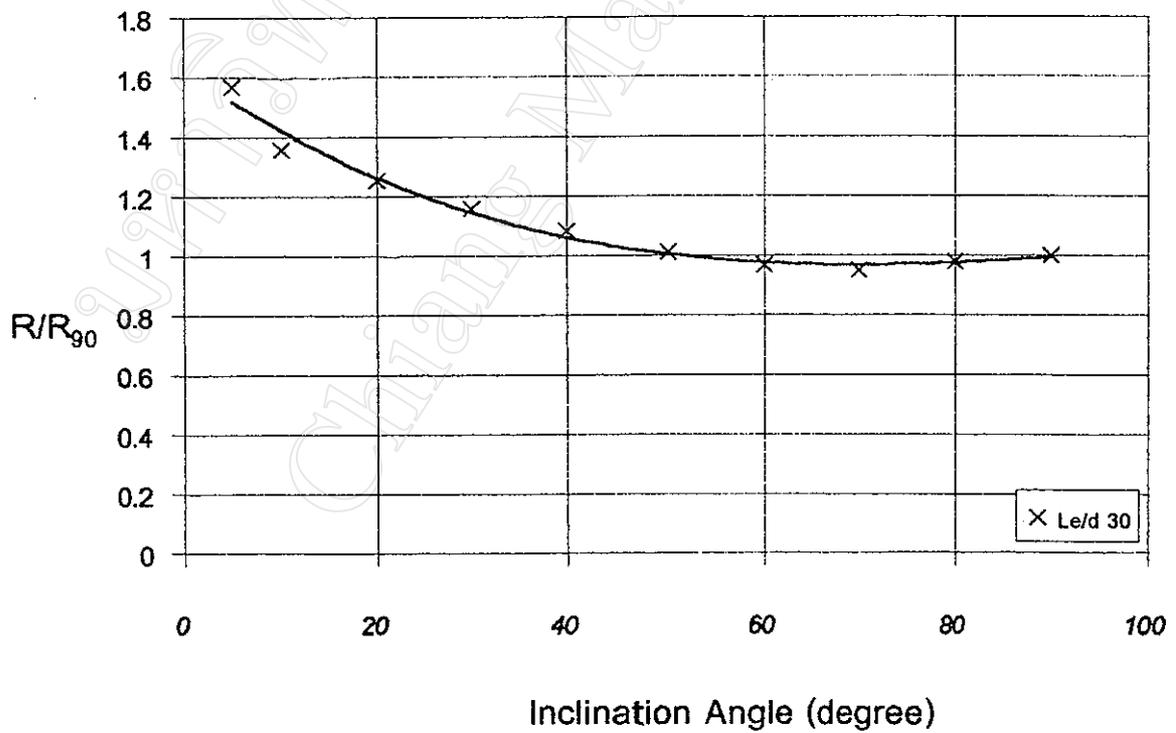
รูป ก-21 R/R_{90} ของท่อขนาด 25 มิลลิเมตร Le/d 5 สารทำงาน R11



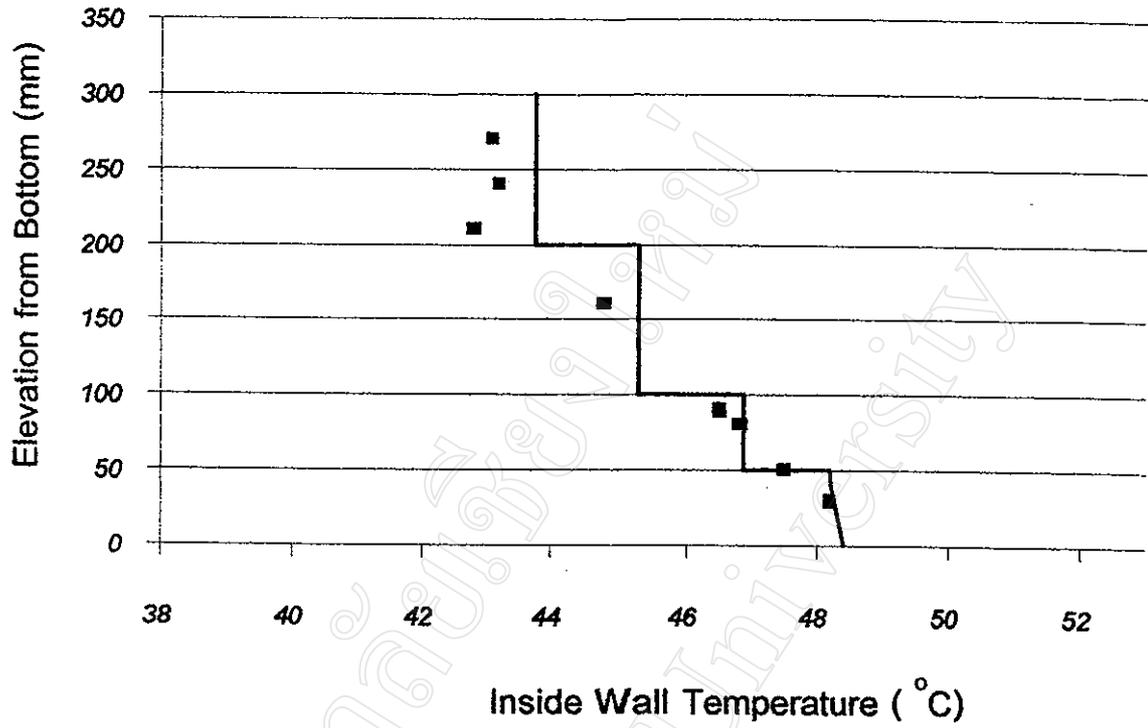
รูป ก-22 R/R_{90} ของท่อขนาด 25 มิลลิเมตร Le/d 10 สารทำงาน R11



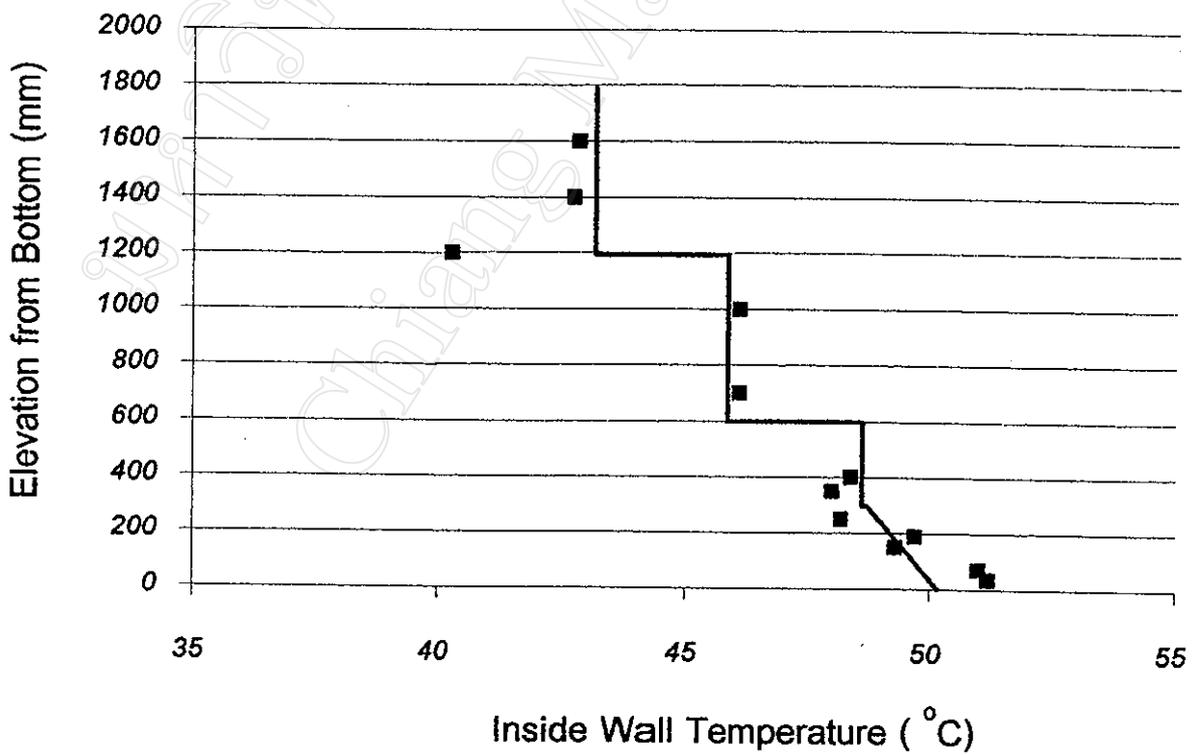
รูป ก - 23 R/R₉₀ ของท่อขนาด 25 มิลลิเมตร Le/d 20 สารทำงาน R11



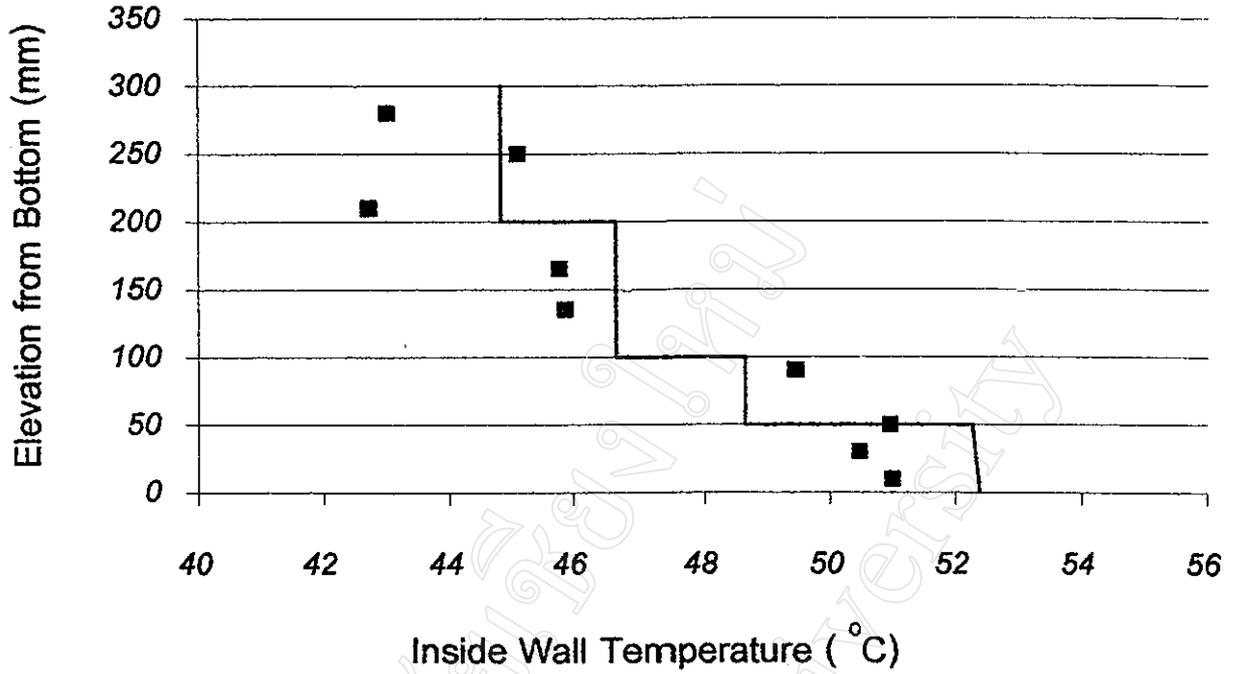
รูป ก - 24 R/R₉₀ ของท่อขนาด 25 มิลลิเมตร Le/d 30 สารทำงาน R11



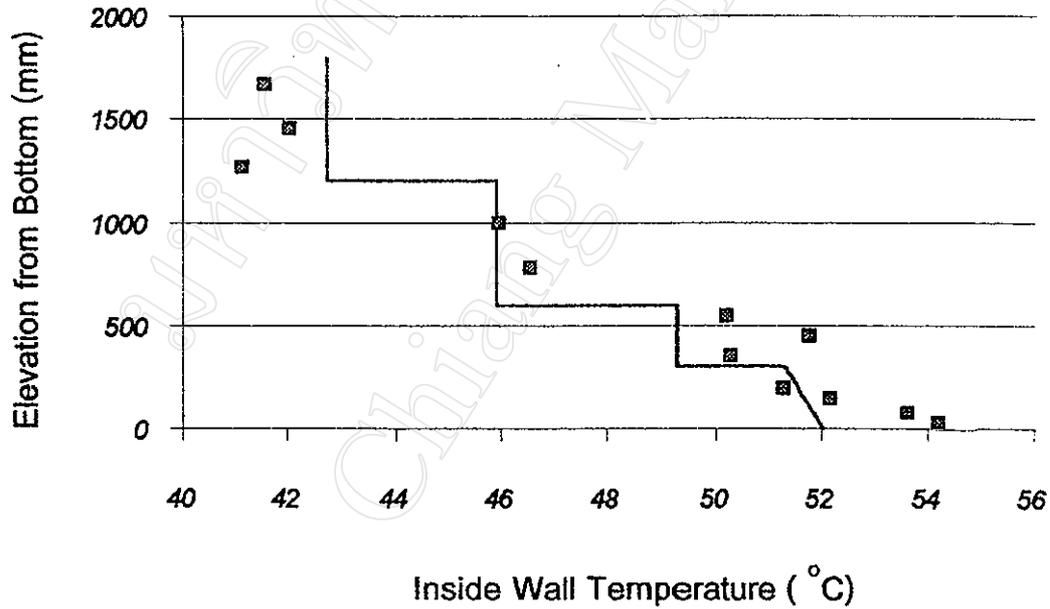
รูป ก-25 การกระจายอุณหภูมิที่ผิวภายในของท่อขนาด 20 มิลลิเมตร Le/d 5 สารทำงาน R113



รูป ก-26 การกระจายอุณหภูมิที่ผิวภายในของท่อขนาด 20 มิลลิเมตร Le/d 30 สารทำงาน R113



รูป ก-27 การกระจายอุณหภูมิที่ผิวภายในของท่อขนาด 20 มิลลิเมตร Le/d 5 สารทำงาน R11



รูป ก-28 การกระจายอุณหภูมิที่ผิวภายในของท่อขนาด 20 มิลลิเมตร Le/d 30 สารทำงาน R11

ภาคผนวก ข

ตารางคุณสมบัติของสารทำงาน ฟรีออน 113 และ ฟรีออน 11

(ASHRAE Handbook, Thermophysical Properties of refrigerants, Atlanta 1993)

ตารางคุณสมบัติของสารผสมน้ำ-เอทธิลีนไกลคอล

(ASHRAE Handbook, Secondary Coolant, Atlanta 1993)

ตาราง ข - 2 คุณสมบัติของสารทำงาน ฟรีออน 11

Pressure, Mpa	Density, kg·m ⁻³		Volume, m ³ ·kg ⁻¹		Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/(kg·K)		Specific Heat c _p , kJ/(kg·K)			Velocity of Sound, m/s		Viscosity, μPa·s		Thermal Cond., mW/(m·K)		Surface Tension, mN/m	Temp, °C
	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor		
0.00001	1768.5	1512.65	108.17	336.88	0.5694	1.9753	—	0.421	1.168	—	107.	—	—	—	—	—	—	—	-110.47
0.00001	1767.6	1419.37	109.81	337.07	0.5795	1.9725	0.766	0.422	1.168	—	107.	—	—	—	—	—	—	—	-110.00
0.00003	1747.4	402.55	117.55	341.36	0.6255	1.9181	0.781	0.437	1.161	1202.	110.	—	—	—	—	—	—	35.09	-100.00
0.00008	1726.9	133.79	125.42	345.77	0.6697	1.8728	0.794	0.451	1.156	1167.	113.	—	—	—	—	—	—	33.63	-90.00
0.00023	1706.2	50.774	133.41	350.31	0.7122	1.8351	0.804	0.465	1.151	1127.	116.	—	—	—	—	—	—	32.17	-80.00
0.00057	1685.3	21.548	141.50	354.96	0.7530	1.8037	0.813	0.479	1.147	1086.	119.	—	—	—	—	—	—	30.73	-70.00
0.00128	1664.3	10.055	149.66	359.71	0.7922	1.7777	0.820	0.493	1.144	1045.	121.	—	—	—	—	—	—	29.30	-60.00
0.00265	1643.2	5.0875	157.89	364.56	0.8299	1.7561	0.826	0.507	1.141	1004.	124.	—	—	—	—	—	—	27.89	-50.00
0.00509	1621.8	2.7595	166.19	369.48	0.8663	1.7382	0.832	0.521	1.138	964.	126.	—	—	—	—	—	—	26.49	-40.00
0.00949	1600.3	1.5892	174.54	374.48	0.9014	1.7236	0.838	0.535	1.137	926.	128.	789.6	—	—	—	—	—	25.10	-30.00
0.01573	1578.5	0.96381	182.96	379.53	0.9353	1.7118	0.845	0.548	1.136	888.	131.	710.7	9.48	100.7	—	—	—	23.73	-20.00
0.02567	1556.5	0.61141	191.44	384.64	0.9681	1.7023	0.852	0.562	1.135	852.	132.	636.1	9.82	98.2	—	—	—	22.38	-10.00
0.04020	1534.1	0.40328	200.00	389.77	1.0000	1.6947	0.859	0.576	1.136	817.	134.	567.5	10.16	95.8	8.07	21.04	0.00		
0.04377	1529.6	0.37264	201.72	390.80	1.0063	1.6935	0.861	0.578	1.136	810.	135.	554.5	10.23	95.3	8.13	20.77	2.00		
0.04759	1525.0	0.34479	203.44	391.83	1.0125	1.6922	0.862	0.581	1.136	803.	135.	541.8	10.30	94.8	8.20	20.51	4.00		
0.05167	1520.5	0.31943	205.17	392.86	1.0187	1.6911	0.864	0.584	1.136	796.	135.	529.3	10.37	94.3	8.26	20.25	6.00		
0.05603	1515.9	0.29630	206.90	393.89	1.0249	1.6900	0.865	0.586	1.137	789.	136.	517.2	10.44	93.8	8.32	19.98	8.00		
0.06068	1511.3	0.27518	208.64	394.92	1.0310	1.6889	0.867	0.589	1.137	782.	136.	505.2	10.51	93.4	8.39	19.72	10.00		
0.06562	1506.7	0.25587	210.38	395.95	1.0371	1.6879	0.869	0.592	1.137	776.	136.	493.6	10.58	92.9	8.45	19.46	12.00		
0.07088	1502.1	0.23819	212.12	396.99	1.0432	1.6870	0.871	0.595	1.138	769.	136.	482.2	10.65	92.4	8.52	19.20	14.00		
0.07647	1497.4	0.22198	213.86	398.02	1.0492	1.6861	0.872	0.597	1.138	762.	137.	471.0	10.71	91.9	8.58	18.93	16.00		
0.08240	1492.8	0.20710	215.61	399.05	1.0552	1.6853	0.874	0.600	1.138	755.	137.	460.2	10.78	91.4	8.65	18.67	18.00		
0.08868	1488.1	0.19342	217.36	400.08	1.0612	1.6845	0.876	0.603	1.139	749.	137.	449.5	10.85	91.0	8.72	18.42	20.00		
0.09534	1483.4	0.18083	219.12	401.10	1.0672	1.6838	0.878	0.606	1.139	742.	138.	439.1	10.93	90.5	8.78	18.16	22.00		
0.10132	1479.3	0.17086	220.62	401.98	1.0722	1.6832	0.880	0.608	1.140	736.	138.	430.5	10.99	90.1	8.84	17.94	23.71		
0.10258	1478.6	0.16922	220.88	402.13	1.0731	1.6831	0.880	0.608	1.140	735.	138.	429.0	11.00	90.0	8.85	17.90	24.00		
0.10982	1473.9	0.15852	222.64	403.16	1.0790	1.6824	0.882	0.611	1.141	729.	138.	419.1	11.07	89.5	8.92	17.64	26.00		
0.11767	1469.1	0.14864	224.41	404.18	1.0849	1.6818	0.884	0.614	1.141	722.	138.	409.4	11.14	89.1	8.99	17.39	28.00		
0.12596	1464.3	0.13950	226.19	405.21	1.0907	1.6813	0.886	0.617	1.142	715.	138.	400.0	11.21	88.6	9.06	17.13	30.00		
0.13470	1459.5	0.13104	227.96	406.23	1.0965	1.6807	0.888	0.620	1.143	709.	139.	390.8	11.28	88.1	9.13	16.87	32.00		
0.14389	1454.7	0.12320	229.74	407.25	1.1023	1.6803	0.890	0.622	1.144	702.	139.	381.9	11.36	87.6	9.20	16.62	34.00		
0.15357	1449.8	0.11593	231.53	408.27	1.1081	1.6798	0.892	0.625	1.145	696.	139.	373.1	11.43	87.2	9.28	16.37	36.00		
0.16374	1444.9	0.10918	233.32	409.28	1.1139	1.6794	0.894	0.628	1.146	689.	139.	364.6	11.50	86.7	9.35	16.11	38.00		
0.17443	1440.0	0.10290	235.11	410.30	1.1196	1.6790	0.896	0.631	1.147	683.	139.	356.3	11.58	86.2	9.43	15.86	40.00		
0.18564	1435.0	0.09706	236.91	411.31	1.1253	1.6787	0.899	0.634	1.148	676.	139.	348.2	11.65	85.8	9.50	15.61	42.00		
0.19740	1430.0	0.09162	238.71	412.31	1.1310	1.6784	0.901	0.637	1.149	670.	140.	340.3	11.73	85.3	9.58	15.36	44.00		
0.20973	1425.0	0.08656	240.52	413.32	1.1366	1.6781	0.903	0.640	1.150	663.	140.	332.6	11.80	84.8	9.66	—	46.00		
0.22263	1420.0	0.08183	242.33	414.32	1.1423	1.6778	0.906	0.643	1.151	657.	140.	325.1	11.88	84.3	9.74	—	48.00		
0.23614	1414.9	0.07741	244.15	415.32	1.1479	1.6776	0.908	0.646	1.152	650.	140.	317.8	11.96	83.9	9.82	—	50.00		
0.25026	1409.1	0.07328	246.00	416.32	1.1535	1.6774	0.910	0.649	1.153	644.	140.	310.7	12.04	83.4	9.90	—	52.00		
0.26500	1403.4	0.06942	247.87	417.31	1.1591	1.6772	0.912	0.652	1.154	638.	140.	303.8	12.12	82.9	10.00	—	54.00		
0.28037	1397.9	0.06582	249.77	418.30	1.1647	1.6770	0.914	0.655	1.155	632.	140.	297.1	12.20	82.4	10.10	—	56.00		
0.29638	1392.5	0.06247	251.69	419.29	1.1703	1.6768	0.916	0.658	1.156	626.	140.	290.6	12.28	81.9	10.20	—	58.00		
0.31304	1387.2	0.05936	253.63	420.25	1.1759	1.6767	0.918	0.661	1.157	620.	140.	284.2	12.36	81.4	10.30	—	60.00		
0.33037	1382.0	0.05648	255.59	421.21	1.1815	1.6766	0.920	0.664	1.158	614.	140.	277.9	12.44	80.9	10.40	—	62.00		
0.34838	1376.9	0.05382	257.57	422.16	1.1871	1.6765	0.922	0.667	1.159	608.	140.	271.7	12.52	80.4	10.50	—	64.00		
0.36708	1371.9	0.05137	259.56	423.11	1.1927	1.6764	0.924	0.670	1.160	602.	140.	265.6	12.60	80.0	10.60	—	66.00		
0.38648	1367.0	0.04912	261.56	424.06	1.1983	1.6763	0.926	0.673	1.161	596.	140.	259.6	12.68	79.5	10.70	—	68.00		
0.40659	1362.2	0.04706	263.57	425.01	1.2039	1.6762	0.928	0.676	1.162	590.	140.	253.7	12.76	79.2	10.80	—	70.00		
0.42743	1357.5	0.04518	265.59	425.96	1.2095	1.6761	0.930	0.679	1.163	584.	140.	247.9	12.84	78.8	10.90	—	72.00		
0.44899	1352.9	0.04347	267.62	426.91	1.2151	1.6760	0.932	0.682	1.164	578.	140.	242.2	12.92	78.4	11.00	—	74.00		
0.47128	1348.4	0.04192	269.66	427.86	1.2207	1.6759	0.934	0.685	1.165	572.	140.	236.6	13.00	78.0	11.10	—	76.00		
0.49431	1344.0	0.04052	271.71	428.81	1.2263	1.6758	0.936	0.688	1.166	566.	140.	231.1	13.08	77.6	11.20	—	78.00		
0.51809	1339.7	0.03926	273.77	429.76	1.2319	1.6757	0.938	0.691	1.167	560.	140.	225.7	13.16	77.2	11.30	—	80.00		
0.54263	1335.5	0.03813	275.83	430.71	1.2375	1.6756	0.940	0.694	1.168	554.	139.	220.4	13.24	76.8	11.40	—	82.00		
0.56794	1331.4	0.03712	277.90	431.66	1.2431	1.6755	0.942	0.697	1.169	548.	139.	215.2	13.32	76.4	11.50	—	84.00		
0.59403	1327.4	0.03622	280.00	432.61	1.2487	1.6754	0.944	0.700	1.170	542.	139.	210.1	13.40	76.0	11.60	—	86.00		
0.62091	1323.5	0.03542	282.11	433.56	1.2543	1.6753	0.946	0.703	1.171	536.	139.	205.1	13.48	75.6	11.70	—	88.00		
0.64859	1319.7	0.03471	284.23	434.51	1.2600	1.6752	0.948	0.706	1.172	530.	139.	200.2	13.56	75.2	11.80	—	90.00		
0.67708	1316.0	0.03410	286.36	435.46	1.2656	1.6751	0.950	0.709	1.173	524.	138.	195.4	13.64	74.8	11.90	—	92.00		
0.70639	1312.4	0.03358	288.50	436.41	1.2713	1.6750	0.952	0.712	1.174	518.	138.	190.7	13.72	74.4	12.00	—	94.00		
0.73652	1308.9	0.03315	290.65	437.36	1.2770	1.6749	0.954	0.715	1.175	512.	138.	186.1	13.80						

ตาราง ข - 3 ความหนาแน่นของสารผสมน้ำ-เอทิลีนไกลคอล

Temperature, °C	Density of Aqueous Solutions of Ethylene Glycol								
	Concentrations in Volume Percent Ethylene Glycol								
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
-35					1089.94	1104.60	1118.61	1132.11	
-30					1089.04	1103.54	1117.38	1130.72	
-25					1088.01	1102.36	1116.04	1129.21	
-20				1071.98	1086.87	1101.06	1114.58	1127.57	1141.87
-15				1070.87	1085.61	1099.64	1112.99	1125.82	1140.07
-10			1054.31	1069.63	1084.22	1098.09	1111.28	1123.94	1138.14
-5		1036.85	1053.11	1068.28	1082.71	1096.43	1109.45	1121.94	1136.09
0	1018.73	1035.67	1051.78	1066.80	1081.08	1094.64	1107.50	1119.82	1133.91
5	1017.57	1034.36	1050.33	1065.21	1079.33	1092.73	1105.43	1117.58	1131.62
10	1016.28	1032.94	1048.76	1063.49	1077.46	1090.70	1103.23	1115.22	1129.20
15	1014.87	1031.39	1047.07	1061.65	1075.46	1088.54	1100.92	1112.73	1126.67
20	1013.34	1029.72	1045.25	1059.68	1073.35	1086.27	1098.48	1110.13	1124.01
25	1011.69	1027.93	1043.32	1057.60	1071.11	1083.87	1095.92	1107.40	1121.23
30	1009.92	1026.02	1041.26	1055.39	1068.75	1081.35	1093.24	1104.55	1118.32
35	1008.02	1023.99	1039.08	1053.07	1066.27	1078.71	1090.43	1101.58	1115.30
40	1006.01	1021.83	1036.78	1050.62	1063.66	1075.95	1087.51	1098.48	1112.15
45	1003.87	1019.55	1034.36	1048.05	1060.94	1073.07	1084.46	1095.27	1108.89
50	1001.61	1017.16	1031.81	1045.35	1058.09	1070.06	1081.30	1091.93	1105.50
55	999.23	1014.64	1029.15	1042.54	1055.13	1066.94	1078.01	1088.48	1101.99
60	996.72	1011.99	1026.36	1039.61	1052.04	1063.69	1074.60	1084.90	1098.36
65	994.10	1009.23	1023.45	1036.55	1048.83	1060.32	1071.06	1081.20	1094.60
70	991.35	1006.35	1020.42	1033.37	1045.49	1056.83	1067.41	1077.37	1090.73
75	988.49	1003.34	1017.27	1030.07	1042.04	1053.22	1063.64	1073.43	1086.73
80	985.50	1000.21	1014.00	1026.65	1038.46	1049.48	1059.74	1069.36	1082.61
85	982.39	996.96	1010.60	1023.10	1034.77	1045.63	1055.72	1065.18	1078.37
90	979.15	993.59	1007.09	1019.44	1030.95	1041.65	1051.58	1060.87	1074.01
95	975.80	990.10	1003.45	1015.65	1027.01	1037.55	1047.32	1056.44	1069.53
100	972.32	986.48	999.69	1011.74	1022.95	1033.33	1042.93	1051.88	1064.92
105	968.73	982.75	995.81	1007.71	1018.76	1028.99	1038.43	1047.21	1060.20
110	965.01	978.89	991.81	1003.56	1014.46	1024.52	1033.80	1042.41	1055.35
115	961.17	974.91	987.68	999.29	1010.03	1019.94	1029.05	1037.50	1050.38
120	957.21	970.81	983.43	994.90	1005.48	1015.23	1024.18	1032.46	1045.29
125	953.12	966.59	979.07	990.38	1000.81	1010.40	1019.19	1027.30	1040.08

Note: Density in kg/m³.

ตาราง ข - 4 ความจุความร้อนจำเพาะของสารผสมน้ำ-เอทิลีนไกลคอล

Temperature, °C	Specific Heat of Aqueous Solutions of Ethylene Glycol								
	Concentrations in Volume Percent Ethylene Glycol								
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
-35					3.068	2.844	2.612	2.370	
-30					3.088	2.866	2.636	2.397	
-25					3.107	2.888	2.660	2.423	
-20				3.334	3.126	2.909	2.685	2.450	2.177
-15				3.351	3.145	2.931	2.709	2.477	2.206
-10			3.560	3.367	3.165	2.953	2.733	2.503	2.235
-5		3.757	3.574	3.384	3.184	2.975	2.757	2.530	2.264
0	3.937	3.769	3.589	3.401	3.203	2.997	2.782	2.556	2.293
5	3.946	3.780	3.603	3.418	3.223	3.018	2.806	2.583	2.322
10	3.954	3.792	3.617	3.435	3.242	3.040	2.830	2.610	2.351
15	3.963	3.803	3.631	3.451	3.261	3.062	2.854	2.636	2.380
20	3.972	3.815	3.645	3.468	3.281	3.084	2.878	2.663	2.409
25	3.981	3.826	3.660	3.485	3.300	3.106	2.903	2.690	2.438
30	3.989	3.838	3.674	3.502	3.319	3.127	2.927	2.716	2.467
35	3.998	3.849	3.688	3.518	3.339	3.149	2.951	2.743	2.496
40	4.007	3.861	3.702	3.535	3.358	3.171	2.975	2.770	2.525
45	4.015	3.872	3.716	3.552	3.377	3.193	3.000	2.796	2.554
50	4.024	3.884	3.730	3.569	3.396	3.215	3.024	2.823	2.583
55	4.033	3.895	3.745	3.585	3.416	3.236	3.048	2.850	2.612
60	4.042	3.907	3.759	3.602	3.435	3.258	3.072	2.876	2.641
65	4.050	3.918	3.773	3.619	3.454	3.280	3.097	2.903	2.670
70	4.059	3.930	3.787	3.636	3.474	3.302	3.121	2.929	2.699
75	4.068	3.941	3.801	3.653	3.493	3.324	3.145	2.956	2.728
80	4.077	3.953	3.816	3.669	3.512	3.345	3.169	2.983	2.757
85	4.085	3.964	3.830	3.686	3.532	3.367	3.193	3.009	2.786
90	4.094	3.976	3.844	3.703	3.551	3.389	3.218	3.036	2.815
95	4.103	3.987	3.858	3.720	3.570	3.411	3.242	3.063	2.844
100	4.112	3.999	3.872	3.736	3.590	3.433	3.266	3.089	2.873
105	4.120	4.010	3.886	3.753	3.609	3.454	3.290	3.116	2.902
110	4.129	4.022	3.901	3.770	3.628	3.476	3.315	3.143	2.931
115	4.138	4.033	3.915	3.787	3.647	3.498	3.339	3.169	2.960
120	4.147	4.045	3.929	3.804	3.667	3.520	3.363	3.196	2.989
125	4.155	4.056	3.943	3.820	3.686	3.542	3.387	3.223	3.018

Note: Specific heat in kJ/(kg·K).

ตาราง ข - 5 การนำความร้อนของสารผสมน้ำ-เอทริลีนไกลคอล

Thermal Conductivity of Aqueous Solutions of Ethylene Glycol

Temperature, °C	Concentrations in Volume Percent Ethylene Glycol								
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
-35					0.328	0.307	0.289	0.274	
-30					0.333	0.312	0.293	0.276	
-25					0.339	0.316	0.296	0.279	0.263
-20				0.371	0.344	0.321	0.300	0.281	0.265
-15				0.377	0.349	0.325	0.303	0.283	0.266
-10				0.383	0.354	0.329	0.306	0.286	0.268
-5		0.460	0.422	0.389	0.359	0.333	0.309	0.288	0.269
0	0.511	0.468	0.429	0.395	0.364	0.336	0.312	0.290	0.271
5	0.520	0.476	0.436	0.400	0.368	0.340	0.314	0.292	0.272
10	0.528	0.483	0.442	0.405	0.373	0.343	0.317	0.294	0.274
15	0.537	0.490	0.448	0.410	0.377	0.346	0.320	0.296	0.275
20	0.545	0.497	0.453	0.415	0.380	0.349	0.322	0.298	0.276
25	0.552	0.503	0.459	0.419	0.384	0.352	0.324	0.299	0.278
30	0.559	0.509	0.464	0.424	0.387	0.355	0.327	0.301	0.279
35	0.566	0.515	0.469	0.428	0.391	0.358	0.329	0.303	0.280
40	0.572	0.520	0.473	0.431	0.394	0.360	0.331	0.304	0.281
45	0.577	0.525	0.477	0.435	0.397	0.363	0.332	0.306	0.282
50	0.583	0.529	0.481	0.438	0.399	0.365	0.334	0.307	0.283
55	0.588	0.534	0.485	0.441	0.402	0.367	0.336	0.308	0.284
60	0.592	0.538	0.488	0.444	0.404	0.369	0.337	0.310	0.285
65	0.596	0.541	0.491	0.446	0.406	0.371	0.339	0.311	0.286
70	0.600	0.544	0.494	0.449	0.408	0.372	0.340	0.312	0.287
75	0.603	0.547	0.496	0.451	0.410	0.374	0.341	0.313	0.288
80	0.606	0.549	0.498	0.452	0.411	0.375	0.342	0.314	0.288
85	0.608	0.551	0.500	0.454	0.413	0.376	0.343	0.314	0.289
90	0.610	0.553	0.501	0.455	0.414	0.377	0.344	0.315	0.290
95	0.612	0.555	0.503	0.456	0.415	0.378	0.345	0.316	0.290
100	0.613	0.556	0.504	0.457	0.416	0.379	0.346	0.316	0.291
105	0.614	0.556	0.504	0.458	0.416	0.379	0.346	0.317	0.291
110	0.614	0.557	0.505	0.458	0.417	0.380	0.347	0.317	0.292
115	0.614	0.557	0.505	0.458	0.417	0.380	0.347	0.318	0.292
120	0.613	0.556	0.504	0.458	0.417	0.380	0.347	0.318	0.293
125	0.612	0.555	0.504	0.458	0.417	0.380	0.347	0.318	0.293

Note: Thermal conductivity in W/(m·K).

ตาราง ข - 6 ความหนืดของสารผสมน้ำ-เอทิลีนไกลคอล

Viscosity of Aqueous Solutions of Ethylene Glycol

Temperature, °C	Concentrations in Volume Percent Ethylene Glycol								
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
-35					66.93	93.44	133.53	191.09	
-30					43.98	65.25	96.57	141.02	
-25					30.50	46.75	70.38	102.21	196.87
-20				15.75	22.07	34.28	51.94	74.53	128.43
-15				11.74	16.53	25.69	38.88	55.09	87.52
-10			6.19	9.06	12.74	19.62	29.53	41.36	61.85
-5		3.65	5.03	7.18	10.05	15.25	22.76	31.56	45.08
0	2.08	3.02	4.15	5.83	8.09	12.05	17.79	24.44	33.74
5	1.79	2.54	3.48	4.82	6.63	9.66	14.09	19.20	25.84
10	1.56	2.18	2.95	4.04	5.50	7.85	11.31	15.29	20.18
15	1.37	1.89	2.53	3.44	4.63	6.46	9.18	12.33	16.04
20	1.21	1.65	2.20	2.96	3.94	5.38	7.53	10.05	12.95
25	1.08	1.46	1.92	2.57	3.39	4.52	6.24	8.29	10.59
30	0.97	1.30	1.69	2.26	2.94	3.84	5.23	6.90	8.77
35	0.88	1.17	1.50	1.99	2.56	3.29	4.42	5.79	7.34
40	0.80	1.06	1.34	1.77	2.26	2.84	3.76	4.91	6.21
45	0.73	0.96	1.21	1.59	2.00	2.47	3.23	4.19	5.30
50	0.67	0.88	1.09	1.43	1.78	2.16	2.80	3.61	4.56
55	0.62	0.81	0.99	1.29	1.59	1.91	2.43	3.12	3.95
60	0.57	0.74	0.90	1.17	1.43	1.69	2.13	2.72	3.45
65	0.53	0.69	0.83	1.06	1.29	1.51	1.88	2.39	3.03
70	0.50	0.64	0.76	0.97	1.17	1.35	1.67	2.11	2.67
75	0.47	0.59	0.70	0.89	1.07	1.22	1.49	1.87	2.37
80	0.44	0.55	0.65	0.82	0.98	1.10	1.33	1.66	2.12
85	0.41	0.52	0.60	0.76	0.89	1.00	1.20	1.49	1.90
90	0.39	0.49	0.56	0.70	0.82	0.92	1.09	1.34	1.71
95	0.37	0.46	0.52	0.65	0.76	0.84	0.99	1.21	1.54
100	0.35	0.43	0.49	0.60	0.70	0.77	0.90	1.10	1.40
105	0.33	0.40	0.46	0.56	0.65	0.71	0.82	1.00	1.27
110	0.32	0.38	0.43	0.53	0.60	0.66	0.76	0.91	1.16
115	0.30	0.36	0.41	0.49	0.56	0.61	0.70	0.83	1.07
120	0.29	0.34	0.38	0.46	0.53	0.57	0.64	0.77	0.98
125	0.28	0.33	0.36	0.43	0.49	0.53	0.60	0.71	0.90

Viscosity in mPa · s.

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงผลการทดลอง

ตาราง ค-1 Q/Q_{90} สูงสุดของท่อที่ทำการทดสอบทุกขนาดของสารทำงาน R113

d (mm)	Le/d			
	5	10	20	30
15	1.351667	1.082535	1.117077	1.184036
20	1.239609	1.138958	1.085874	1.150705
25	1.250446	1.108005	1.097425	1.128533

ตาราง ค-2 Q/Q_{90} สูงสุดของท่อที่ทำการทดสอบทุกขนาดของสารทำงาน R11

d (mm)	Le/d			
	5	10	20	30
15	1.11209	1.145131	1.072081	1.114846
20	1.156147	1.114384	1.070773	1.096369
25	1.126205	1.119265	1.075419	1.054864

ตาราง ค-3 Q(watts) ของ HDPE ที่ใช้ R113 เป็นสารทำงาน

d (mm)	Le/d			
	5	10	20	30
15	18.00	32.35	74.31	109.87
20	36.81	60.45	87.57	117.05
25	38.11	63.01	115.31	150.81

ตาราง ค-4 Q(watts) ของ HDPE ที่ใช้ R11 เป็นสารทำงาน

d (mm)	Le/d			
	5	10	20	30
15	44.52	42.10	74.31	82.11
20	39.45	49.57	86.05	106.57
25	44.61	75.63	115.62	182.45

ตาราง ค-5 R/R_{90} ค่าสุดของท่อที่ทำการทดสอบทุกขนาดของสารทำงาน R113

d (mm)	Le/d			
	5	10	20	30
15	0.7398	0.9237	0.8951	0.8445
20	0.8067	0.9333	0.9209	0.8690
25	0.8620	0.9070	0.9180	0.9516

ตาราง ค-6 R/R_{90} ค่าสุดของท่อที่ทำการทดสอบทุกขนาดของสารทำงาน R11

d (mm)	Le/d			
	5	10	20	30
15	0.8992	0.8733	0.9328	0.8970
20	0.8649	0.8974	0.9339	0.9121
25	0.8879	0.8934	0.9299	0.9480

ตาราง ค-7 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. สารทำงาน R113 อัตราส่วนสกัด 5

Inclination angle (Degree)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	18.00	1	2.988889	1
80	21.28	1.182222	2.528195	0.845865
70	24.33	1.351667	2.211262	0.739827
60	22.07	1.226111	2.437698	0.815587
50	19.85	1.102778	2.710327	0.906801
40	18.58	1.032222	2.895587	0.968784
30	17.97	0.998333	2.993879	1.001669
20	16.3	0.905556	3.300613	1.104294
10	15.05	0.836111	3.574751	1.196013
5	11.94	0.663333	4.505863	1.507538

ตาราง ค-8 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. สารทำงาน R113 อัตราส่วนสกัด 10

Inclination angle (Degree)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	32.35	1	2.106955	1
80	33.97	1.050077	2.006476	0.952311
70	35.02	1.082535	1.946316	0.923758
60	32.69	1.01051	2.085041	0.989599
50	29.36	0.907573	2.321526	1.101839
40	29.52	0.912519	2.308943	1.095867
30	26.53	0.820093	2.569167	1.219374
20	19.33	0.597527	3.526125	1.673565
10	17.79	0.549923	3.831366	1.818437
5	15.85	0.489954	4.300315	2.04101

ตาราง ค-9 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. สารทำงาน R113 อัตราส่วนสั่นตัด 20

Inclination angle (Degree)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	74.31	1	0.921141	1
80	78.76	1.059884	0.869096	0.943499
70	83.01	1.117077	0.824599	0.895194
60	79.47	1.069439	0.861331	0.93507
50	73.1	0.983717	0.936389	1.016553
40	70.47	0.948325	0.971335	1.054491
30	67.34	0.906204	1.016484	1.103505
20	60.86	0.819001	1.124712	1.220999
10	56.63	0.762078	1.208723	1.312202
5	51.56	0.69385	1.32758	1.441234

ตาราง ค-10 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. สารทำงาน R113 อัตราส่วนสั่นตัด 30

Inclination angle (Degree)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	109.87	1	0.627196	1
80	113.91	1.036771	0.604951	0.964533
70	130.09	1.184036	0.52971	0.844569
60	124.02	1.128789	0.555636	0.885905
50	114.92	1.045963	0.599635	0.956056
40	95.71	0.87112	0.719987	1.147947
30	87.29	0.794484	0.789438	1.258678
20	82.23	0.74843	0.838015	1.33613
10	78.62	0.715573	0.876495	1.397481
5	61.17	0.556749	1.126533	1.796141

ตาราง ค-11 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. สารทำงาน R113 อัตราส่วนสกัด 5

Inclination angle (Degree)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	36.81	1	1.836186	1
80	41.5	1.127411	1.628675	0.886988
70	45.63	1.239609	1.481262	0.806706
60	43.13	1.171692	1.567123	0.853466
50	37.12	1.008422	1.820851	0.991649
40	30.32	0.823689	2.229222	1.21405
30	25.05	0.680522	2.698204	1.469461
20	23.96	0.65091	2.820952	1.53631
10	22	0.597664	3.072273	1.673182
5	21.43	0.582179	3.15399	1.717685

ตาราง ค-12 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. สารทำงาน R113 อัตราส่วนสกัด 10

Inclination angle (Degree)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	60.45	1	1.127378	1.063028
80	64.46	1.066336	1.057245	0.996898
70	68.85	1.138958	0.989833	0.933334
60	65.11	1.077089	1.04669	0.986945
50	58.92	0.97469	1.156653	1.090632
40	54.85	0.907361	1.242479	1.171559
30	49.32	0.815881	1.381792	1.30292
20	42.81	0.708189	1.591918	1.501052
10	41.34	0.683871	1.648524	1.554427
5	35.55	0.588089	1.917018	1.807595

ตาราง ค-13 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. สารทำงาน R113 อัตราส่วนสกัด 20

Inclination angle (Degree)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	87.57	1	0.774352	1
80	90.02	1.027978	0.753277	0.972784
70	95.09	1.085874	0.713114	0.920917
60	93.29	1.065319	0.726873	0.938686
50	80.71	0.921663	0.840169	1.084996
40	72.38	0.826539	0.936861	1.209865
30	59.96	0.684709	1.130921	1.460474
20	47.87	0.546648	1.416545	1.829329
10	40.46	0.46203	1.675976	2.16436
5	34.47	0.393628	1.967218	2.54047

ตาราง ค-14 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. สารทำงาน R113 อัตราส่วนสกัด 30

Inclination angle (Degree)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	117.05	1	0.579667	1
80	125.08	1.068603	0.542453	0.935801
70	134.69	1.150705	0.503749	0.869032
60	128.61	1.098761	0.527564	0.910116
50	118.22	1.009996	0.57393	0.990103
40	106.85	0.912858	0.635002	1.095461
30	91.17	0.778898	0.744214	1.283865
20	82.34	0.70346	0.824022	1.421544
10	74.11	0.633148	0.915531	1.579408
5	59.6	0.509184	1.138423	1.963926

ตาราง ค-15 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. สารทำงาน R113 อัตราส่วนสกัด 5

Inclination angle (Degree)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	38.11	1	1.781947	1
80	40.25	1.056153	1.687205	0.946832
70	44.21	1.160063	1.536078	0.862022
60	42.17	1.106534	1.610387	0.903723
50	38.96	1.022304	1.74307	0.978183
40	37.58	0.986093	1.807078	1.014103
30	32.14	0.843348	2.112943	1.18575
20	29.28	0.768302	2.319331	1.301571
10	27.15	0.712411	2.501289	1.403683
5	22.12	0.580425	3.070072	1.722875

ตาราง ค-16 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. สารทำงาน R113 อัตราส่วนสกัด 10

Inclination angle (Degree)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	63.01	1	1.077924	1
80	66.35	1.053007	1.023662	0.949661
70	69.47	1.102523	0.977688	0.90701
60	68.35	1.084748	0.993709	0.921873
50	58.11	0.922235	1.168818	1.084323
40	50.42	0.80019	1.347084	1.249703
30	43.37	0.688303	1.566059	1.452848
20	40.41	0.641327	1.680772	1.559268
10	32.1	0.509443	2.115888	1.962929
5	30.5	0.48405	2.226885	2.065902

ตาราง ค-17 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. สารทำงาน R113 อัตราส่วนสกัด 20

Inclination angle (Degree)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	115.31	1	0.588674	1
80	121.35	1.052381	0.559374	0.950227
70	125.61	1.089324	0.540403	0.918
60	120.06	1.041193	0.565384	0.960436
50	112.9	0.9791	0.60124	1.021346
40	101.4	0.879369	0.669428	1.13718
30	96.51	0.836961	0.703347	1.194798
20	89.32	0.774608	0.759964	1.290976
10	76.36	0.662215	0.888947	1.510084
5	68.46	0.593704	0.991528	1.684341

ตาราง ค-18 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. สารทำงาน R113 อัตราส่วนสกัด 30

Inclination angle (Degree)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	150.81	1	0.450965	1
80	154.21	1.022545	0.441022	0.977952
70	158.48	1.050859	0.429139	0.951602
60	155.65	1.032093	0.436942	0.968904
50	149.36	0.990385	0.455343	1.009708
40	139.21	0.923082	0.488542	1.083327
30	130.38	0.864532	0.521629	1.156695
20	120.21	0.797096	0.56576	1.254554
10	111.25	0.737683	0.611326	1.355595
5	96.14	0.637491	0.707406	1.568649

ตาราง ค-19 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสั่น 5

Inclination angle (Degrees)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	44.25	1	1.517085	1
80	46.7	1.055367	1.437495	0.947537
70	49.21	1.11209	1.364174	0.899207
60	48.51	1.096271	1.383859	0.912183
50	44.61	1.008136	1.504842	0.99193
40	40.32	0.911186	1.664955	1.09747
30	32.51	0.734689	2.064934	1.361119
20	30.21	0.682712	2.222145	1.464747
10	25.12	0.567684	2.672412	1.761544
5	24.1	0.544633	2.785519	1.836099

ตาราง ค-20 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสั่น 10

Inclination angle (Degrees)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	42.1	1	1.621211	1
80	45.61	1.083373	1.496448	0.923043
70	48.21	1.145131	1.415744	0.873263
60	46.21	1.097625	1.477018	0.911058
50	44.35	1.053444	1.538963	0.949267
40	37.25	0.884798	1.832295	1.130202
30	35.21	0.836342	1.938455	1.195683
20	33.21	0.788836	2.055194	1.267691
10	34.2	0.812352	1.995702	1.230994
5	27.64	0.656532	2.469356	1.523155

ตาราง ค-21 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสกัด 20

Inclination angle (Degrees)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	63.54	1	1.031807	1
80	66.31	1.043595	0.988705	0.958226
70	68.12	1.072081	0.962434	0.932765
60	67.51	1.06248	0.97113	0.941194
50	62.18	0.978596	1.054374	1.021872
40	59.38	0.934529	1.104092	1.070057
30	57.41	0.903525	1.141979	1.106776
20	51.68	0.813346	1.268595	1.229489
10	49.87	0.78486	1.314638	1.274112
5	44.21	0.695782	1.482945	1.437231

ตาราง ค-22 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสกัด 30

Inclination angle (Degrees)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	82.11	1	0.835221	1
80	85.21	1.037754	0.804835	0.963619
70	91.54	1.114846	0.749181	0.896985
60	86.23	1.050177	0.795315	0.952221
50	82.31	1.002436	0.833192	0.99757
40	75.12	0.91487	0.912939	1.093051
30	70.31	0.85629	0.975395	1.167828
20	68.14	0.829862	1.006457	1.205019
10	64.32	0.783339	1.066231	1.276586
5	58.47	0.712094	1.172909	1.40431

ตาราง ค-23 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสั่นทัด 5

Inclination angle (Degrees)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	39.45	1	1.761724	1
80	43.21	1.095311	1.608424	0.912983
70	45.61	1.156147	1.523789	0.864942
60	45.21	1.146008	1.537271	0.872594
50	42.66	1.081369	1.629161	0.924754
40	39.78	1.008365	1.747109	0.991704
30	35.42	0.897845	1.962168	1.113777
20	34.51	0.874778	2.013909	1.143147
10	33.21	0.841825	2.092743	1.187895
5	30.21	0.765779	2.300563	1.305859

ตาราง ค-24 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสั่นทัด 10

Inclination angle (Degrees)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	49.57	1	1.37906	1
80	51.46	1.038128	1.32841	0.963272
70	55.24	1.114384	1.237509	0.897357
60	55.78	1.125277	1.225529	0.88867
50	53.21	1.073432	1.284721	0.931592
40	48.71	0.982651	1.403408	1.017655
30	44.66	0.900948	1.530676	1.109942
20	42.35	0.854347	1.614168	1.170484
10	43.21	0.871697	1.582041	1.147188
5	40.51	0.817228	1.687485	1.223648

ตาราง ค-25 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสกัด 20

Inclination angle (Degrees)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	86.05	1	0.797211	1
80	87.54	1.017316	0.783642	0.982979
70	92.14	1.070773	0.744519	0.933905
60	91.56	1.064033	0.749235	0.939821
50	89.61	1.041371	0.76554	0.960272
40	84.12	0.977571	0.815502	1.022943
30	78.56	0.912958	0.873218	1.095341
20	70.65	0.821034	0.970984	1.217976
10	68.33	0.794073	1.003951	1.25933
5	62.15	0.722255	1.103781	1.384553

ตาราง ค-26 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสกัด 30

Inclination angle (Degrees)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	106.57	1	0.642113	1
80	112.45	1.055175	0.608537	0.94771
70	116.84	1.096369	0.585673	0.912102
60	116.97	1.097588	0.585022	0.911089
50	114.21	1.07169	0.599159	0.933106
40	105.3	0.988083	0.649858	1.012061
30	98.5	0.924275	0.694721	1.081929
20	87.21	0.818335	0.784658	1.221993
10	80.14	0.751994	0.853881	1.329798
5	75.1	0.704701	0.911185	1.419042

ตาราง ค-27 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสั่นที่ 5

Inclination angle (Degrees)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	44.61	1	1.522529	1
80	46.97	1.052903	1.446029	0.949755
70	50.24	1.126205	1.351911	0.887938
60	49.99	1.120601	1.358672	0.892378
50	46.21	1.035866	1.469812	0.965375
40	43.51	0.975342	1.56102	1.025281
30	42.01	0.941717	1.616758	1.06189
20	38.61	0.865501	1.75913	1.1554
10	35.22	0.789509	1.92845	1.26661
5	32.65	0.731899	2.080245	1.366309

ตาราง ค-28 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสั่นที่ 10

Inclination angle (Degrees)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	75.63	1	0.900436	1
80	79.61	1.052625	0.85542	0.950007
70	82.34	1.088721	0.827059	0.918509
60	84.65	1.119265	0.804489	0.893444
50	81.61	1.079069	0.834457	0.926725
40	78.41	1.036758	0.868512	0.964546
30	76.33	1.009256	0.892179	0.99083
20	73.51	0.971969	0.926405	1.02884
10	69.74	0.922121	0.976484	1.084457
5	61.55	0.81383	1.106418	1.228758

ตาราง ค-29 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสั่นทัด 20

Inclination angle (Degrees)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	115.62	1	0.57369	0.999999
80	120.21	1.039699	0.551784	0.961816
70	124.34	1.075419	0.533457	0.929869
60	124.1	1.073344	0.534488	0.931667
50	120.65	1.043505	0.549772	0.958309
40	120.34	1.040823	0.551188	0.960777
30	114.19	0.987632	0.580874	1.012522
20	100.54	0.869573	0.659737	1.149989
10	102.12	0.883238	0.64953	1.132197
5	89.57	0.774693	0.740538	1.290833

ตาราง ค-30 ผลการทดสอบ ผลของมุมเอียงการทำงานต่อสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสั่นทัด 30

Inclination angle (Degrees)	Q(Watts)	Q/Q ₉₀	R(K/W)	R/R ₉₀
90	182.45	1	0.373472	1
80	185.64	1.017484	0.367055	0.982817
70	192.46	1.054864	0.354048	0.94799
60	190.26	1.042806	0.358141	0.958951
50	184.31	1.010195	0.369703	0.989909
40	170.61	0.935106	0.39939	1.069399
30	164.21	0.900027	0.414956	1.111078
20	158.14	0.866758	0.430884	1.153725
10	150.32	0.823897	0.4533	1.213745
5	128.24	0.702878	0.531347	1.422724

ตาราง ค-31 การกระจายอุณหภูมิที่ผิวภายในท่อ ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. อัตราส่วนสนทัด 5 สารทำงาน R113

อุณหภูมิจากแบบจำลอง (°C)	ระดับความสูงของท่อ (mm)	ระดับความสูงของจุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิวภายใน (°C)	ความแตกต่างอุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิผิวภายนอกที่วัด(°C)
48.55	0	20	51.41	26.87	78.28
48.5	10	40	51.05	26.87	77.92
48.45	20	60	49.9	26.87	76.77
48.4	30	190	45.12	0	45.12
48.38	31.25	320	40.02	26.33	13.69
46.93	31.25	340	42.34	26.33	16.01
46.93	62.5	365	42.84	26.33	16.51
44.93	62.5	NA	NA	NA	NA
44.93	317.5	NA	NA	NA	NA
43.04	317.5	NA	NA	NA	NA
43.04	380	NA	NA	NA	NA

ตาราง ค-32 การกระจายอุณหภูมิที่ผิวภายในท่อ ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. อัตราส่วนสนทัด 30 สารทำงาน R113

อุณหภูมิจากแบบจำลอง (°C)	ระดับความสูงของท่อ (mm)	ระดับความสูงของจุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิวภายใน (°C)	ความแตกต่างอุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิผิวภายนอกที่วัด(°C)
49.35	0	50	51.8	26.09	77.89
49.31	10	130	50.86	26.09	76.95
49.26	20	210	48.42	26.09	74.51
49.21	30	290	48.39	26.09	74.48
49.16	40	370	48.68	26.09	74.77
49.11	50	470	46.21	0	46.21
49.07	60	700	46.15	0	46.15
49.02	70	945	40.15	25.14	15.01
48.97	80	1145	41.23	25.14	16.09
48.92	90	1250	41.35	25.14	16.21
48.87	100	1300	40.98	25.14	15.84

อุณหภูมิจาก แบบจำลอง (°C)	ระดับความสูง ของท่อ (mm)	ระดับความสูงของ จุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิว ภายใน (°C)	ความแตกต่าง อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิผิว ภายนอกที่วัด(°C)
48.82	110	NA	NA	NA	NA
48.78	120	NA	NA	NA	NA
48.73	130	NA	NA	NA	NA
48.68	140	NA	NA	NA	NA
48.63	150	NA	NA	NA	NA
48.58	160	NA	NA	NA	NA
48.53	170	NA	NA	NA	NA
48.48	180	NA	NA	NA	NA
48.43	190	NA	NA	NA	NA
48.39	200	NA	NA	NA	NA
48.34	210	NA	NA	NA	NA
48.29	220	NA	NA	NA	NA
47.9	220	NA	NA	NA	NA
47.9	450	NA	NA	NA	NA
45.47	450	NA	NA	NA	NA
45.47	900	NA	NA	NA	NA
43.17	900	NA	NA	NA	NA
43.17	1350	NA	NA	NA	NA

ตาราง ค-33 การกระจายอุณหภูมิที่ผิวภายในท่อ ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. อัตราส่วนสนทัด 5 สารทำงาน R113

อุณหภูมิจากแบบจำลอง (°C)	ระดับความสูงของท่อ (mm)	ระดับความสูงของจุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิวภายใน (°C)	ความแตกต่างอุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิผิวภายนอกที่วัด(°C)
48.42	0	30	48.2	27.14	75.34
48.37	10	50	47.5	27.14	74.64
48.32	20	80	46.8	27.14	73.94
48.27	30	90	46.5	27.14	73.64
48.22	40	160	44.8	0	44.8
48.2	50	210	42.8	25.08	17.72
46.88	50	240	43.2	25.08	18.12
46.88	100	270	43.1	25.08	18.02
45.27	100	NA	NA	NA	NA
45.27	200	NA	NA	NA	NA
43.75	200	NA	NA	NA	NA
43.75	300	NA	NA	NA	NA

ตาราง ค-34 การกระจายอุณหภูมิที่ผิวภายในท่อ ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. อัตราส่วนสนทัด 30 สารทำงาน R113

อุณหภูมิจากแบบจำลอง (°C)	ระดับความสูงของท่อ (mm)	ระดับความสูงของจุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิวภายใน (°C)	ความแตกต่างอุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิผิวภายนอกที่วัด(°C)
50.17	0	35	51.2	27.45	78.65
50.12	10	70	51	27.45	78.45
50.07	20	150	49.3	27.45	76.75
50.02	30	190	49.7	27.45	77.15
49.98	40	250	48.2	27.45	75.65
49.93	50	350	48	27.45	75.45
49.88	60	400	48.4	27.45	75.85
49.83	70	700	46.1	0	46.1
49.79	80	1000	46.1	0	46.1
49.74	90	1200	40.3	25.97	14.33

อุณหภูมิจาก แบบจำลอง (°C)	ระดับความสูง ของท่อ (mm)	ระดับความสูง ของจุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิว ภายใน (°C)	ความแตกต่าง อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิจาก ภายนอกที่วัด(°C)
49.69	100	1400	42.8	25.97	16.83
49.64	110	1600	42.9	25.97	16.93
49.6	120	1750	40.5	25.97	14.53
49.55	130	NA	NA	NA	NA
49.5	140	NA	NA	NA	NA
49.45	150	NA	NA	NA	NA
49.4	160	NA	NA	NA	NA
49.36	170	NA	NA	NA	NA
49.31	180	NA	NA	NA	NA
49.26	190	NA	NA	NA	NA
49.21	200	NA	NA	NA	NA
49.16	210	NA	NA	NA	NA
49.12	220	NA	NA	NA	NA
49.07	230	NA	NA	NA	NA
49.02	240	NA	NA	NA	NA
48.97	250	NA	NA	NA	NA
48.92	260	NA	NA	NA	NA
48.87	270	NA	NA	NA	NA
48.82	280	NA	NA	NA	NA
48.78	290	NA	NA	NA	NA
48.74	298	NA	NA	NA	NA
48.63	298	NA	NA	NA	NA
48.63	597	NA	NA	NA	NA
45.86	597	NA	NA	NA	NA
45.86	1194	NA	NA	NA	NA
43.24	1194	NA	NA	NA	NA
43.24	1791	NA	NA	NA	NA

ตาราง ค-35 การกระจายอุณหภูมิที่ผิวภายในท่อ ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. อัตราส่วนสนทัด 5
สารทำงาน R113

อุณหภูมิจาก แบบจำลอง (°C)	ระดับความสูง ของท่อ (mm)	ระดับความสูง ของจุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิว ภายใน (°C)	ความแตกต่าง อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิผิว ภายนอกที่วัด (°C)
47.9	0	25	51.21	26.45	77.66
47.85	10	42	51.05	26.45	77.5
47.8	20	65	49.17	26.45	75.62
47.75	30	85	48.94	26.45	75.39
47.7	40	100	49.01	26.45	75.46
47.65	50	160	45.41	0	45.41
47.6	60	200	45.4	0	45.4
47.59	63.5	265	41.28	25.77	15.51
46.39	63.5	300	42.94	25.77	17.17
46.39	127	360	42.86	25.77	17.09
45.05	127	NA	NA	NA	NA
45.05	254	NA	NA	NA	NA
43.78	254	NA	NA	NA	NA
43.78	381	NA	NA	NA	NA

ตาราง ค-36 การกระจายอุณหภูมิที่ผิวภายในท่อ ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. อัตราส่วนสนทัด
30 สารทำงาน R113

อุณหภูมิจาก แบบจำลอง (°C)	ระดับความสูง ของท่อ (mm)	ระดับความสูง ของจุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิว ภายใน (°C)	ความแตกต่าง อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิผิว ภายนอกที่วัด(°C)
49.83	0	20	52.86	26.79	79.65
49.78	10	60	51.45	26.79	78.24
49.73	20	100	50.41	26.79	77.2
49.69	30	200	49.16	26.79	75.95
49.64	40	350	48.31	26.79	75.1
49.59	50	450	48.05	26.79	74.84
49.54	60	600	49.67	26.79	76.46

อุณหภูมิจาก แบบจำลอง (°C)	ระดับความสูง ของท่อ (mm)	ระดับความสูง ของจุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิว ภายใน (°C)	ความแตกต่าง อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิผิว ภายนอกที่วัด(°C)
49.5	70	950	46.05	0	46.05
49.45	80	1350	46.11	0	46.11
49.4	90	1580	42.08	25.66	16.42
49.35	100	1800	42.81	25.66	17.15
49.31	110	2100	42.78	25.66	17.12
49.26	120	2250	39.15	25.66	13.49
49.21	130	NA	NA	NA	NA
49.16	140	NA	NA	NA	NA
49.11	150	NA	NA	NA	NA
49.07	160	NA	NA	NA	NA
49.02	170	NA	NA	NA	NA
48.97	180	NA	NA	NA	NA
48.92	190	NA	NA	NA	NA
48.87	200	NA	NA	NA	NA
48.83	210	NA	NA	NA	NA
48.78	220	NA	NA	NA	NA
48.73	230	NA	NA	NA	NA
48.68	240	NA	NA	NA	NA
48.63	250	NA	NA	NA	NA
48.58	260	NA	NA	NA	NA
48.54	270	NA	NA	NA	NA
48.49	280	NA	NA	NA	NA
48.44	290	NA	NA	NA	NA
48.39	300	NA	NA	NA	NA
48.34	310	NA	NA	NA	NA
48.29	320	NA	NA	NA	NA
48.24	330	NA	NA	NA	NA
48.2	340	NA	NA	NA	NA
48.15	350	NA	NA	NA	NA

อุณหภูมิจาก แบบจำลอง (°C)	ระดับความสูง ของท่อ (mm)	ระดับความสูง ของจุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิว ภายใน (°C)	ความแตกต่าง อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิผิว ภายนอกที่วัด(°C)
48.1	360	NA	NA	NA	NA
48.05	370	NA	NA	NA	NA
48	380	NA	NA	NA	NA
47.82	380	NA	NA	NA	NA
47.82	760	NA	NA	NA	NA
45.49	760	NA	NA	NA	NA
45.49	1520	NA	NA	NA	NA
43.29	1520	NA	NA	NA	NA
43.29	2280	NA	NA	NA	NA

ตาราง ค-37 การกระจายอุณหภูมิที่ผิวภายในท่อ ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. อัตราส่วนสนทัด 5
สารทำงาน R11

อุณหภูมิจาก แบบจำลอง (°C)	ระดับความสูง ของท่อ (mm)	ระดับความสูงของ จุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิว ภายใน (°C)	ความแตกต่าง อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิผิว ภายนอกที่วัด(°C)
51.3	0	10	50.12	25.35	75.47
51.27	10	30	50.12	25.35	75.47
51.25	20	40	49.31	25.35	74.66
51.22	30	50	49.11	25.35	74.46
51.21	37.5	85	46.54	0.00	46.54
47.52	37.5	125	46.89	0.00	46.89
47.52	75	160	44.06	25.20	18.86
45.67	75	180	45.02	25.20	19.82
45.67	150	200	44.78	25.20	19.58
43.92	150	NA	NA	NA	NA
43.92	225	NA	NA	NA	NA

ตาราง ค-38 การกระจายอุณหภูมิที่ผิวภายในท่อ ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. อัตราส่วนสนทัด
30 สารทำงาน R11

อุณหภูมิจาก แบบจำลอง (°C)	ระดับความสูง ของท่อ (mm)	ระดับความสูงของ จุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิว ภายใน (°C)	ความแตกต่าง อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิผิว ภายนอกที่วัด(°C)
51.83	0	40	53.63	25.20	78.83
51.81	10	100	54.21	25.20	79.41
51.78	20	145	52.33	25.20	77.53
51.76	30	214	51.54	25.20	76.74
51.73	40	280	51.09	25.20	76.29
51.71	50	380	48.77	25.20	73.97
51.69	60	425	49.55	25.20	74.75
51.66	70	628	47.33	0.00	47.33

อุณหภูมิจาก แบบจำลอง (°C)	ระดับความสูง ของท่อ (mm)	ระดับความสูงของ จุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิว ภายใน (°C)	ความแตกต่าง อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิผิว ภายนอกที่วัด(°C)
51.64	80	808	47.56	0.00	47.56
51.61	90	980	40.15	25.54	14.61
51.59	100	1220	41.56	25.54	16.02
51.57	110	1360	40.66	25.54	15.12
51.54	120	NA	NA	NA	NA
51.52	130	NA	NA	NA	NA
51.49	140	NA	NA	NA	NA
51.47	150	NA	NA	NA	NA
51.44	160	NA	NA	NA	NA
51.42	170	NA	NA	NA	NA
51.4	180	NA	NA	NA	NA
51.37	190	NA	NA	NA	NA
51.35	200	NA	NA	NA	NA
51.32	210	NA	NA	NA	NA
51.3	220	NA	NA	NA	NA
51.28	225	NA	NA	NA	NA
49.05	225	NA	NA	NA	NA
49.05	450	NA	NA	NA	NA
45.81	450	NA	NA	NA	NA
45.81	900	NA	NA	NA	NA
42.75	900	NA	NA	NA	NA
42.75	1380	NA	NA	NA	NA

ตาราง ค-39 การกระจายอุณหภูมิที่ผิวภายในท่อ ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. อัตราส่วนสนทัด 5
สารทำงาน R11

อุณหภูมิจาก แบบจำลอง (°C)	ระดับความสูง ของท่อ (mm)	ระดับความสูงของ จุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิว ภายใน (°C)	ความแตกต่าง อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิผิว ภายนอกที่วัด(°C)
52.38	0	10	51.01	25.68	76.69
52.36	10	30	50.48	25.68	76.16
52.33	20	50	50.97	25.68	76.65
52.31	30	90	49.45	25.68	75.13
52.29	40	135	45.88	0	45.88
52.26	50	165	45.79	0	45.79
48.66	50	210	42.72	25.45	17.27
48.66	100	250	45.1	25.45	19.65
46.69	100	280	43.01	25.45	17.56
46.69	200	NA	NA	NA	NA
44.83	200	NA	NA	NA	NA
44.83	300	NA	NA	NA	NA

ตาราง ค-40 การกระจายอุณหภูมิที่ผิวภายในท่อ ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. อัตราส่วนสนทัด
30 สารทำงาน R11

อุณหภูมิจาก แบบจำลอง (°C)	ระดับความสูง ของท่อ (mm)	ระดับความสูงของ จุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิว ภายใน (°C)	ความแตกต่าง อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิผิว ภายนอกที่วัด(°C)
52.02	0	30	54.21	25.87	80.08
52	10	80	53.62	25.87	79.49
51.98	20	150	52.14	25.87	78.01
51.95	30	200	51.3	25.87	77.17
51.93	40	350	50.26	25.87	76.13
51.9	50	450	51.76	25.87	77.63
51.88	60	550	50.2	25.87	76.07

อุณหภูมิจาก แบบจำลอง (°C)	ระดับความสูง ของท่อ (mm)	ระดับความสูงของ จุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิว ภายใน (°C)	ความแตกต่าง อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิผิว ภายนอกที่วัด(°C)
51.86	70	780	46.54	0	46.54
51.83	80	1000	45.97	0	45.97
51.81	90	1270	41.11	25.39	15.72
51.79	100	1450	42.01	25.39	16.62
51.76	110	1670	41.57	25.39	16.18
51.74	120	NA	NA	NA	NA
51.71	130	NA	NA	NA	NA
51.69	140	NA	NA	NA	NA
51.67	150	NA	NA	NA	NA
51.64	160	NA	NA	NA	NA
51.62	170	NA	NA	NA	NA
51.59	180	NA	NA	NA	NA
51.57	190	NA	NA	NA	NA
51.55	200	NA	NA	NA	NA
51.52	210	NA	NA	NA	NA
51.5	220	NA	NA	NA	NA
51.47	230	NA	NA	NA	NA
51.45	240	NA	NA	NA	NA
51.43	250	NA	NA	NA	NA
51.4	260	NA	NA	NA	NA
51.38	270	NA	NA	NA	NA
51.35	280	NA	NA	NA	NA
51.33	290	NA	NA	NA	NA
51.3	300	NA	NA	NA	NA
49.29	300	NA	NA	NA	NA
49.29	600	NA	NA	NA	NA

อุณหภูมิจากแบบจำลอง (°C)	ระดับความสูงของท่อ (mm)	ระดับความสูงของจุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิวภายใน (°C)	ความแตกต่างอุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิผิวภายนอกที่วัด (°C)
45.92	600	NA	NA	NA	NA
45.92	1200	NA	NA	NA	NA
42.74	1200	NA	NA	NA	NA
42.74	1800	NA	NA	NA	NA

ตาราง ค-41 การกระจายอุณหภูมิที่ผิวภายในท่อ ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. อัตราส่วนสนทัด 5 สารทำงาน R11

อุณหภูมิจากแบบจำลอง (°C)	ระดับความสูงของท่อ (mm)	ระดับความสูงของจุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิวภายใน (°C)	ความแตกต่างอุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิผิวภายนอกที่วัด(°C)
49.97	0	15	48.69	26.87	75.56
49.95	10	35	48.79	26.87	75.66
49.92	20	70	47.68	26.87	74.55
49.9	30	90	47.55	26.87	74.42
49.87	40	110	46.35	26.87	73.22
49.85	50	160	44.66	0	44.66
49.83	60	215	44.66	0	44.66
49.81	62.5	280	42.58	25.49	17.09
46.5	62.5	300	44.27	25.49	18.78
46.5	125	360	43.11	25.49	17.62
45.03	125	NA	NA	NA	NA
45.03	250	NA	NA	NA	NA
43.64	250	NA	NA	NA	NA
43.64	375	NA	NA	NA	NA

ตาราง ค-42 การกระจายอุณหภูมิที่ผิวภายในท่อ ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. อัตราส่วนสนทัด 30 สารทำงาน R11

อุณหภูมิจากแบบจำลอง (°C)	ระดับความสูงของท่อ (mm)	ระดับความสูงของจุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิวภายใน (°C)	ความแตกต่างอุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิผิวภายนอกที่วัด(°C)
51.51	0	60	53.26	25.97	79.23
51.49	10	120	54.61	25.97	80.58
51.46	20	180	53.17	25.97	79.14
51.44	30	240	52.34	25.97	78.31
51.41	40	320	52.67	25.97	78.64

อุณหภูมิจาก แบบจำลอง (°C)	ระดับความสูง ของท่อ (mm)	ระดับความสูงของ จุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิว ภายใน (°C)	ความแตกต่าง อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิผิว ภายนอกที่วัด(°C)
51.39	50	440	52.36	25.97	78.33
51.37	60	560	50.31	25.97	76.28
51.34	70	665	50.97	25.97	76.94
51.32	80	1400	44.89	0	44.89
51.29	90	1060	44.87	0	44.87
51.27	100	1840	41.54	24.57	16.97
51.25	110	2060	42.74	24.57	18.17
51.22	120	2260	42.14	24.57	17.57
51.2	130	NA	NA	NA	NA
51.17	140	NA	NA	NA	NA
51.15	150	NA	NA	NA	NA
51.13	160	NA	NA	NA	NA
51.1	170	NA	NA	NA	NA
51.08	180	NA	NA	NA	NA
51.05	190	NA	NA	NA	NA
51.03	200	NA	NA	NA	NA
51.01	210	NA	NA	NA	NA
50.98	220	NA	NA	NA	NA
50.96	230	NA	NA	NA	NA
50.93	240	NA	NA	NA	NA
50.91	250	NA	NA	NA	NA
50.89	260	NA	NA	NA	NA
50.86	270	NA	NA	NA	NA
50.84	280	NA	NA	NA	NA
50.81	290	NA	NA	NA	NA
50.79	300	NA	NA	NA	NA

อุณหภูมิจาก แบบจำลอง (°C)	ระดับความสูง ของท่อ (mm)	ระดับความสูงของ จุดวัด (mm)	อุณหภูมิผิว ภายใน (°C)	ความแตกต่าง อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิผิว ภายนอกที่วัด(°C)
50.77	310	NA	NA	NA	NA
50.74	320	NA	NA	NA	NA
50.72	330	NA	NA	NA	NA
50.69	340	NA	NA	NA	NA
50.67	350	NA	NA	NA	NA
50.64	360	NA	NA	NA	NA
50.62	370	NA	NA	NA	NA
50.6	375	NA	NA	NA	NA
48.44	375	NA	NA	NA	NA
48.44	750	NA	NA	NA	NA
45.75	750	NA	NA	NA	NA
45.75	1500	NA	NA	NA	NA
43.21	1500	NA	NA	NA	NA
43.21	2350	NA	NA	NA	NA

ตาราง ค-43 อัตราการส่งผ่านความร้อน (Heat flux) กับความต้านทานความร้อนรวม (R) ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. สารทำงาน R113 อัตราส่วนสกัด 5

	การทดสอบ			แบบจำลอง		
	65	75	80	65	75	85
อุณหภูมิน้ำร้อน (°C)	65	75	80	65	75	85
ค่าการส่งผ่านความร้อน Q (Watts)	17.85	22.86	26.01	11.7	13.1	14.04
Heat flux (W/m ²)	2434.692	3118.042	3547.694	1595.848	1786.805	1915.018
R (K/W)	3.014006	2.751531	2.618224	4.529915	4.80916	4.843305
อุณหภูมิแตกต่างของ Source & Sink (°C)	53.8	62.9	68.1	53	63	68

ตาราง ค-44 อัตราการส่งผ่านความร้อน (Heat flux) กับความต้านทานความร้อนรวม (R) ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. สารทำงาน R113 อัตราส่วนสกัด 10

	การทดสอบ			แบบจำลอง		
	65	75	80	65	75	85
อุณหภูมิน้ำร้อน (°C)	65	75	80	65	75	85
ค่าการส่งผ่านความร้อน Q (Watts)	32.35	35.18	39.55	22.06	25.87	27.72
Heat flux (W/m ²)	2206.226	2399.228	2697.256	1504.462	1764.299	1890.466
R (K/W)	1.679289	1.786526	1.723388	2.402539	2.435253	2.453102
อุณหภูมิแตกต่างของ Source & Sink (°C)	54.325	62.85	68.16	53	63	68

ตาราง ค-45 อัตราการส่งผ่านความร้อน (Heat flux) กับความต้านทานความร้อนรวม (R) ของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. สารทำงาน R113 อัตราส่วนสั่นที่ 20

อุณหภูมิความร้อน (°C)	การทดสอบ			แบบจำลอง		
	65	75	80	65	75	85
ค่าการส่งผ่านความร้อน Q (Watts)	56.21	66.93	74.32	43.41	50.9	54.54
Heat flux (W/m ²)	1916.723	2282.268	2534.262	1480.252	1735.656	1859.777
R (K/W)	0.960861	0.943075	0.921017	1.220917	1.237721	1.246791
อุณหภูมิแตกต่างของ Source & Sink (°C)	54.01	63.12	68.45	53	63	68

ตาราง ค-46 อัตราการส่งผ่านความร้อน (Heat flux) กับความต้านทานความร้อนรวม (R) ของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. สารทำงาน R113 อัตราส่วนสั่นที่ 30

อุณหภูมิความร้อน (°C)	การทดสอบ			แบบจำลอง		
	65	75	80	65	75	85
ค่าการส่งผ่านความร้อน Q (Watts)	87.22	100.1	109.87	85.3	99.6	105.35
Heat flux (W/m ²)	1982.762	2275.561	2497.662	1939.115	2264.195	2394.909
R (K/W)	0.617634	0.641359	0.627196	0.621336	0.63253	0.645467
อุณหภูมิแตกต่างของ Source & Sink (°C)	53.87	64.2	68.91	53	63	68

ตาราง ค-47 อัตราการส่งผ่านความร้อน (Heat flux) กับความต้านทานความร้อนรวม (R) ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. สารทำงาน R113 อัตราส่วนสั่น 5

	การทดสอบ			แบบจำลอง		
	65	75	80	65	75	85
อุณหภูมิน้ำร้อน (°C)	65	75	80	65	75	85
ค่าการส่งผ่านความร้อน Q (Watts)	30.06	34.96	36.81	18.66	21.89	23.46
Heat flux (W/m ²)	2724.021	3168.057	3335.703	1690.959	1983.66	2125.933
R (K/W)	1.780106	1.798341	1.836186	2.8403	2.878026	2.898551
อุณหภูมิแตกต่างของ Source & Sink (°C)	53.51	62.87	67.59	53	63	68

ตาราง ค-48 อัตราการส่งผ่านความร้อน (Heat flux) กับความต้านทานความร้อนรวม (R) ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. สารทำงาน R113 อัตราส่วนสั่น 10

	การทดสอบ			แบบจำลอง		
	65	75	80	65	75	85
อุณหภูมิน้ำร้อน (°C)	65	75	80	65	75	85
ค่าการส่งผ่านความร้อน Q (Watts)	48.12	53.06	60.45	47.58	55.8	59.8
Heat flux (W/m ²)	2180.304	2404.134	2738.973	2155.837	2528.283	2709.522
R (K/W)	1.121779	1.191293	1.127378	1.113913	1.129032	1.137124
อุณหภูมิแตกต่างของ Source & Sink (°C)	53.98	63.21	68.15	53	63	68

ตาราง ค-49 อัตราการส่งผ่านความร้อน (Heat flux) กับความต้านทานความร้อนรวม (R) ของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. สารทำงาน R113 อัตราส่วนสั่น 20

	การทดสอบ			แบบจำลอง		
	65	75	80	65	75	85
อุณหภูมิน้ำร้อน (°C)	65	75	80	65	75	85
ค่าการส่งผ่านความร้อน Q (Watts)	60.45	85.61	87.57	72.42	84.94	91.03
Heat flux (W/m ²)	1369.487	1939.483	1983.887	1640.665	1924.304	2062.273
R (K/W)	0.876923	0.74232	0.774352	0.731842	0.7417	0.747006
อุณหภูมิแตกต่างของ Source & Sink (°C)	53.01	63.55	67.81	53	63	68

ตาราง ค-50 อัตราการส่งผ่านความร้อน (Heat flux) กับความต้านทานความร้อนรวม (R) ของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. สารทำงาน R113 อัตราส่วนสั่น 30

	การทดสอบ			แบบจำลอง		
	65	75	80	65	75	85
อุณหภูมิน้ำร้อน (°C)	65	75	80	65	75	85
ค่าการส่งผ่านความร้อน Q (Watts)	86.51	98.42	117.05	107.27	125.85	135.3
Heat flux (W/m ²)	1306.582	1486.461	1767.835	1620.125	1900.743	2043.469
R (K/W)	0.611374	0.630969	0.59308	0.49408	0.500596	0.502587
อุณหภูมิแตกต่างของ Source & Sink (°C)	52.89	62.1	69.42	53	63	68

ตาราง ค-51 อัตราการส่งผ่านความร้อน (Heat flux) กับความต้านทานความร้อนรวม (R) ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสั่นที่ 5

	การทดสอบ			แบบจำลอง		
	65	75	80	65	75	85
อุณหภูมิน้ำร้อน (°C)						
ค่าการส่งผ่านความร้อน Q (Watts)	28.00	35.00	45.01	12.54	14.91	16.09
Heat flux (W/m ²)	5525.07	6921.56	8691.23	2451.22	2914.75	3144.55
R (K/W)	1.82083	1.82888	1.51708	4.24679	4.24528	4.24734
อุณหภูมิแตกต่างของ Source & Sink (°C)	51.22	64.45	67.13	53	63	68

ตาราง ค-52 อัตราการส่งผ่านความร้อน (Heat flux) กับความต้านทานความร้อนรวม (R) ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสั่นที่ 10

	การทดสอบ			แบบจำลอง		
	65	75	80	65	75	85
อุณหภูมิน้ำร้อน (°C)						
ค่าการส่งผ่านความร้อน Q (Watts)	31.54	35.33	42.10	24.83	29.51	31.85
Heat flux (W/m ²)	3097.42	3469.62	4134.47	2426.67	2886.27	3113.13
R (K/W)	1.71338	1.77696	1.62517	2.14488	2.14358	2.14511
อุณหภูมิแตกต่างของ Source & Sink (°C)	54.04	62.78	68.42	53	63	68

ตาราง ค-53 อัตราการส่งผ่านความร้อน (Heat flux) กับความต้านทานความร้อนรวม (R) ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสั่นที่ 20

อุณหภูมิความร้อน (°C)	การทดสอบ			แบบจำลอง		
	65	75	80	65	75	85
ค่าการส่งผ่านความร้อน Q (Watts)	51.26	55.82	63.54	49.05	58.31	62.88
Heat flux (W/m ²)	2517.02	2740.93	3120.00	2408.50	2863.19	3087.59
R (K/W)	1.02028	1.15084	1.06295	1.08053	1.08043	1.08142
อุณหภูมิแตกต่างของ Source & Sink (°C)	52.30	64.24	67.54	53	63	68

ตาราง ค-54 อัตราการส่งผ่านความร้อน (Heat flux) กับความต้านทานความร้อนรวม (R) ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสั่นที่ 30

อุณหภูมิความร้อน (°C)	การทดสอบ			แบบจำลอง		
	65	75	80	65	75	85
ค่าการส่งผ่านความร้อน Q (Watts)	68.53	75.41	82.11	72.93	86.66	93.47
Heat flux (W/m ²)	2243.35	2468.57	2687.90	2387.38	2836.84	3059.77
R (K/W)	0.78126	0.83238	0.82754	0.72672	0.72679	0.727506
อุณหภูมิแตกต่างของ Source & Sink (°C)	53.54	62.77	67.95	53	63	68

ตาราง ค-55 อัตราการส่งผ่านความร้อน (Heat flux) กับความต้านทานความร้อนรวม (R) ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสั่น 5

	การทดสอบ			แบบจำลอง		
	65	75	80	65	75	85
อุณหภูมิน้ำร้อน (°C)						
ค่าการส่งผ่านความร้อน Q (Watts)	30.12	34.21	39.45	20.77	24.70	26.66
Heat flux (W/m ²)	2729.45	3100.09	3574.93	1882.16	2238.30	2514.91
R (K/W)	1.74203	1.86612	1.76172	2.55175	2.55060	2.55063
อุณหภูมิแตกต่างของ Source & Sink (°C)	52.47	63.84	69.50	53	63	68

ตาราง ค-56 อัตราการส่งผ่านความร้อน (Heat flux) กับความต้านทานความร้อนรวม (R) ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสั่น 10

	การทดสอบ			แบบจำลอง		
	65	75	80	65	75	85
อุณหภูมิน้ำร้อน (°C)						
ค่าการส่งผ่านความร้อน Q (Watts)	38.14	44.26	49.57	41.16	48.92	52.77
Heat flux (W/m ²)	1728.11	2005.40	2246.00	1864.94	2216.55	2390.99
R (K/W)	1.33953	1.44374	1.37906	1.28765	1.28781	1.28861
อุณหภูมิแตกต่างของ Source & Sink (°C)	51.09	63.90	68.36	53	63	68

ตาราง ค-57 อัตราการส่งผ่านความร้อน (Heat flux) กับความต้านทานความร้อนรวม (R) ของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสั่นที่ 20

อุณหภูมิความร้อน (°C)	การทดสอบ			แบบจำลอง		
	65	75	80	65	75	85
ค่าการส่งผ่านความร้อน Q (Watts)	74.24	79.64	86.05	81.24	96.60	104.15
Heat flux (W/m ²)	1681.89	1804.23	1949.45	1840.48	2188.46	2359.50
R (K/W)	0.71605	0.81064	0.79721	0.65238	0.65217	0.65290
อุณหภูมิแตกต่างของ Source & Sink (°C)	53.16	65.56	68.60	53	63	68

ตาราง ค-58 อัตราการส่งผ่านความร้อน (Heat flux) กับความต้านทานความร้อนรวม (R) ของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสั่นที่ 30

อุณหภูมิความร้อน (°C)	การทดสอบ			แบบจำลอง		
	65	75	80	65	75	85
ค่าการส่งผ่านความร้อน Q (Watts)	86.66	95.79	106.57	120.75	143.50	154.77
Heat flux (W/m ²)	1300.66	1437.69	1599.49	1812.31	2153.77	2322.92
R (K/W)	0.60246	0.66082	0.64211	0.43892	0.43902	0.43936
อุณหภูมิแตกต่างของ Source & Sink (°C)	52.21	63.30	68.43	53	63	68

ตาราง ค-59 อัตราการส่งผ่านความร้อน (Heat flux) กับความต้านทานความร้อนรวม (R) ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสั่นที่ 5

อุณหภูมิน้ำร้อน (°C)	การทดสอบ			แบบจำลอง		
	65	75	80	65	75	85
ค่าการส่งผ่านความร้อน Q (Watts)	35.21	39.54	44.61	26.64	31.68	34.19
Heat flux (W/m ²)	1996.59	2242.12	2529.62	1510.62	1796.42	1938.75
R (K/W)	1.52144	1.58953	1.52252	1.98948	1.98863	1.98888
อุณหภูมิแตกต่างของ Source & Sink (°C)	53.57	62.85	67.92	53	63	68

ตาราง ค-60 อัตราการส่งผ่านความร้อน (Heat flux) กับความต้านทานความร้อนรวม (R) ของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสั่นที่ 10

อุณหภูมิน้ำร้อน (°C)	การทดสอบ			แบบจำลอง		
	65	75	80	65	75	85
ค่าการส่งผ่านความร้อน Q (Watts)	48.65	65.41	75.63	52.83	62.81	67.79
Heat flux (W/m ²)	1379.35	1854.54	2144.31	1497.87	1780.83	1922.02
R (K/W)	1.09290	0.96453	0.90043	1.00321	1.00302	1.00309
อุณหภูมิแตกต่างของ Source & Sink (°C)	53.17	63.09	68.10	53	63	68

ตาราง ค-61 อัตราการส่งผ่านความร้อน (Heat flux) กับความต้านทานความร้อนรวม (R) ของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสกัด 20

อุณหภูมิความร้อน (°C)	การทดสอบ			แบบจำลอง		
	65	75	80	65	75	85
ค่าการส่งผ่านความร้อน Q (Watts)	85.36	96.43	115.62	104.80	124.58	134.45
Heat flux (W/m ²)	1210.09	1367.02	1639.06	1485.67	1766.08	1906.00
R (K/W)	0.62593	0.64824	0.57369	0.50572	0.50569	0.50576
อุณหภูมิแตกต่างของ Source & Sink (°C)	53.43	62.51	66.33	53	63	68

ตาราง ค-62 อัตราการส่งผ่านความร้อน (Heat flux) กับความต้านทานความร้อนรวม (R) ของท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. สารทำงาน R11 อัตราส่วนสกัด 30

อุณหภูมิความร้อน (°C)	การทดสอบ			แบบจำลอง		
	65	75	80	65	75	85
ค่าการส่งผ่านความร้อน Q (Watts)	135.62	165.24	182.45	155.91	185.33	200.01
Heat flux (W/m ²)	1281.72	1561.66	1724.31	1473.48	1751.53	1890.27
R (K/W)	0.39160	0.38150	0.38350	0.33994	0.33993	0.33998
อุณหภูมิแตกต่างของ Source & Sink (°C)	53.11	63.04	69.97	53	63	68

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายกฤษฎากร บุคดาจันทร์
วัน เดือน ปี สถานที่เกิด 8 พฤศจิกายน 2519 นครพนม
ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขา ช่างกลเกษตร จาก
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น ปีการศึกษา 2536
สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร จากคณะวิศวกรรมและ
เทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปีการศึกษา
2540
ทุนการศึกษา ได้รับทุนการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
จาก สถาบันเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้า พระนครเหนือ