

เอกสารอ้างอิง

1. Bunditkul, S. and Yang, wen-jet, "Laminar Transport Phenomena in Constricted Parallel Ducts, "Letter in Heat and Mass Transfer, Vol.4, L977, PP. 249-260
2. Bunditkul, S. and Yang, wen-jet, "Laminar Transport Phenomena in Parallel Channels with a Short Flow Constriction, "Journal of Heat Transfer, Trans, ASME, May 1979
3. Bunditkul, S. "Laminar Transport Phenomena in Parallel Ducts with Abrupt Contraction and Expansion", Ph.D, Thesis, Department of Mechanical Engineering, University of Michigan, Ann Arbor 1978
4. Bird, R.B., Stewart, W.E. and Lightfoot, e.n., "Transport Phenomena," John Wiley and Sons, INC., New York, p. 47, 1960
5. Boussinesq, J., "Hydrodynamique," Comptes Rendus, Vol,110, pp. 1160, 1238 (1890).., Vol.118, p.9,49 (1891)
6. Charunyakorn, P., "Forced Convection in Triangular Ducts" Master's Thesis Department of Mechanical Engineering, Chulalongkorn University, 1977
7. Daily, J.W. and Harleman, D.R.F., "Fluid Dynamics", Addison Wesley Publishing Co., INC., p.260, 1966
8. Eckert, E.R.G., "Analysis of Heat and Mass Transfer", McGraw-Hill International Book Co., New York, 1978

9. Eckert, E.R.G. and Irvine, JR., T.F., "Incompressible Friction Factor, Transition and Hydynamic Intrace Length Studies of Ducts With Triangular and Rectangular Cross Sections", Publication of the Heat Transfer Laboratory, M.E. Dept., Univ. of Minnesota, p. 122-145
10. Hartmett, J.P., KCH, J.C.Y. and McComas, S.T., " A Comparison of Predicted and Measured Friction Factors for Turbulent Flow Through Rectangular ducts", Trans. Of ASME, J. of Heat Transfer, p. 82-88 Feb.1962
11. Holman, J.P. "Heat Transfer" Mc. Graw-Hill International Book Company, 1981
12. Irving H. Shames "Mechanics of Fluids" McGraw-Hill International Book Company, 1985
13. Isachenko, V., Osipova, V. and Sukomel, "heat Transfer," Mir Publisher, Moscow, p. 248, 1969
14. Jones, E.B., "Instrument Technology", 3rd Edition, Vol.1, Newnes Butter Worths, London, 1974
15. Kay, W.M., "Convective Heat and Mass Transfer" McGraw-Hill Book Company, New York. 1966
16. Kays, W.M., "Loss Coefficients for Abrupt Changes in Flow cross section with Low Reynolds Number Flow in Single and Multiple Tube System, "Trans, ASME, Vol. 72, 1950
17. Knudsen, J.G. and Katz, D.L., "Fluid Dynamics and Heat Transfer", McGraw-Hill, New York, Chaps.9 and 13, 1958
18. Kreith, F., "Principles of Heat Transfer", 3rd Edit., Intext Educational Publishers, New York, 1973

19. Langhaar, H.L., "Steady Flow in the Transition Length of a straight Tube", J. of APPL. MECH., Vol.10, p. A55-A58, 1942
20. Mueller, T.J. and O'Leary, R.A., "Physical and Numerical Experiments in Laminar in Compressible Separating and Reattaching Flow", "IAA Paper no. 70-763, 3rd Fluid and Plasma Dynamics Conference", Los Angeles, June 29 - July 1, 1970
21. Promvong, P., "Laminar Flow Friction and Pressure Drop in Parallel Ducts with Abrupt Contraction and Expansion" Master's Thesis Department of Mechanical Engineering, Chulalongkorn University, 1984
22. Prandtl, L., "Essentials of Fluid Dynamics", Hafner Publishing CO., New York, p.167, 1952
23. Rohsenow, W.M. and Choi, H.Y., Heat, Mass and Momentum Transfer, Prentice Hall, INC., Englewood Cliffs, N.T. 1961
24. Rouse, H., "Elementary Mechanics of Fluids", "John Wiley and sons, INC., N.Y., p.55-60 and 259, 1960
25. Schiller, L., "Stromung in Rohren in Wein-harms, "Handbuch Experimental Physik Akademies-ver lag", Berlin, 1931
26. Tangsirimorkol, P., "Laminar Forced Convection in Triangular Ducts", "Master's Thesis Department of Mechanical Engineering Chulalongkorn University, 1976
27. White, F.M., "Fluid Mechanics", McGraw-Hill, Kogakusha, 1979

28. Norris, R.H. and Streid, D.D., "Laminar - Flow Heat - Transfer Coefficients for Ducts," Trans. of ASME, Vol. 62, P. 525-533, Aug. 1940.
29. Stephan, K., "Warmeübergang und Druckabfall bei nicht ausgebildeter Laminarströmung in Röhren und in ebenen Spalten," Chemie-Ing.-Techn., Vol.31, No.12, P 773-778, 1959
30. S.R. Montgomery and P. Wibuswas "Laminar Flow Heat Transfer for Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profiles in Ducts of Rectangular Cross Section," University College, London, Great Britain, P 247-259, Dec. 1967.

ผนวก ก

ตารางผลการทดลอง

ตาราง ก-1 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1/4$, $L = 0.0983$ ม. , $L/D_n = 10$
 ที่อุณหภูมิ 50 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	To °C	Tw,o °C	Tw,f °C	Tf °C	Tb °C	Gz	Nu _m	Pr	B _n
1	255.099	3.052E-5	25.8	50.0	50.6	31.525	28.764	142.200	9.450	5.576	3.691
2	337.858	4.079E-5	25.8	50.8	51.6	30.725	28.324	190.289	10.242	5.634	4.067
3	448.061	5.439E-5	25.8	50.8	51.8	30.225	28.055	253.955	12.086	5.670	4.478
4	521.437	6.342E-5	25.8	51.2	52.6	30.050	27.953	296.241	13.144	5.683	4.714
5	631.342	7.732E-5	25.7	51.0	52.6	29.500	27.617	361.493	14.201	5.728	5.037
6	878.788	1.086E-4	25.7	50.6	52.4	28.625	27.167	508.419	15.279	5.787	5.644
7	1035.364	1.283E-4	25.8	50.4	51.2	28.250	27.035	600.824	15.485	5.805	5.967
8	1244.341	1.547E-4	25.7	49.6	51.6	28.050	26.875	724.727	17.947	5.826	6.352
9	1525.689	1.904E-4	25.7	48.0	49.6	27.650	26.675	892.651	19.669	5.853	6.808
10	1766.653	2.215E-4	25.6	47.3	49.5	27.250	26.426	1038.676	19.498	5.881	7.161
11	1885.377	2.348E-4	25.8	51.2	52.2	27.750	26.778	1100.846	21.534	5.841	7.301
12	1944.480	2.441E-4	25.5	47.1	50.5	27.225	26.373	1144.549	22.009	5.888	7.397
13	2055.687	2.566E-4	25.8	49.4	50.0	27.500	26.654	1203.294	22.191	5.855	7.521
14	2572.359	3.227E-4	25.6	50.8	52.0	27.225	26.413	1513.078	24.600	5.884	8.118

ตาราง ก-2 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1/4$, $L = 0.0983$ ม. , $L/D_n = 10$
ที่อุณหภูมิ 60 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	To °C	Tw,o °C	Tw,f °C	Tf °C	Tb °C	Gz	Nu _m	Pr	B _n
1	221.742	2.525E-5	26.2	62.7	63.6	35.625	31.101	116.829	8.589	5.270	3.457
2	384.831	4.540E-5	26.2	60.2	60.8	32.500	29.437	211.113	10.704	5.488	3.457
3	479.263	5.666E-5	26.3	60.6	61.8	32.250	29.334	263.565	12.303	5.501	3.457
4	555.474	6.599E-5	26.4	60.8	60.2	31.625	29.103	307.165	12.779	5.531	3.457
5	640.373	7.634E-5	26.6	59.4	61.2	31.225	28.934	355.533	13.106	5.554	3.457
6	696.887	8.329E-5	26.5	59.5	60.3	31.050	28.813	388.019	14.198	5.570	3.457
7	854.569	1.030E-4	26.3	59.2	60.8	30.500	28.418	480.259	15.967	5.622	3.457
8	948.803	1.144E-4	26.5	60.2	60.6	30.250	28.404	533.388	15.629	5.623	3.457
9	1149.805	1.389E-4	26.6	59.5	60.2	29.950	28.294	648.064	17.199	5.638	3.457
10	1396.922	1.696E-4	26.4	60.2	60.5	29.650	28.047	791.886	19.918	5.671	3.457
11	1415.438	1.720E-4	26.3	61.6	61.4	29.625	27.993	803.393	19.931	5.678	3.457
12	1669.636	2.045E-4	26.2	61.0	61.8	29.000	27.610	956.149	19.808	5.728	3.457
13	1950.780	2.392E-4	26.3	59.0	60.2	28.750	27.549	1118.729	21.030	5.737	3.457
14	2114.221	2.584E-4	26.5	59.4	60.2	28.925	27.719	1207.683	22.822	5.714	3.457

ตาราง ก-3 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1/2$, $L = 0.1930$ ม. , $L/D_n = 10$
 ที่อุณหภูมิ 50°C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m^3/sec)	To $^\circ\text{C}$	Tw,o $^\circ\text{C}$	Tw,f $^\circ\text{C}$	Tf $^\circ\text{C}$	Tb $^\circ\text{C}$	Gz	Nu _m	Pr	B _m
1	217.847	2.413E-5	29.6	50.8	51.2	36.525	33.262	109.266	10.665	5.011	4.020
2	312.301	3.524E-5	29.4	50.9	51.7	35.025	32.315	159.903	11.844	5.115	4.564
3	444.655	5.070E-5	29.6	50.3	50.9	33.925	31.824	230.414	13.269	5.177	5.155
4	523.498	6.023E-5	29.5	50.1	50.7	33.250	31.419	274.022	13.534	5.229	5.462
5	566.422	6.519E-5	29.5	50.2	50.9	33.225	31.402	296.610	14.426	5.231	5.608
6	701.309	8.092E-5	29.5	50.2	51.0	33.005	31.284	368.321	16.709	5.247	6.028
7	863.839	1.001E-4	29.6	50.6	51.4	32.525	31.081	455.957	16.739	5.273	6.472
8	1082.476	1.259E-4	29.6	50.5	51.2	32.225	30.928	573.520	18.892	5.293	6.986
9	1232.316	1.439E-4	29.4	50.9	51.5	32.000	30.716	656.380	20.826	5.320	7.308
10	1488.440	1.736E-4	29.6	50.9	51.6	31.950	30.786	791.361	22.719	5.311	7.778
11	1682.816	1.967E-4	29.6	50.5	51.5	31.750	30.680	897.022	23.728	5.325	8.110
12	1947.317	2.282E-4	29.6	50.7	51.5	31.525	30.568	1040.879	24.397	5.340	8.522
13	2158.848	2.532E-4	29.6	50.4	51.9	31.450	30.525	1155.133	25.904	5.345	8.823
14	2348.084	2.758E-4	29.6	49.9	52.2	31.325	30.464	1258.277	26.359	5.353	9.078

ตาราง ป-4 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1/2$, $L = 0.1930$ ม. , $L/D_n = 10$
ที่อุณหภูมิ 60°C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m^3/sec)	To $^\circ\text{C}$	Tw,o $^\circ\text{C}$	Tw,f $^\circ\text{C}$	Tf $^\circ\text{C}$	Tb $^\circ\text{C}$	Gz	Nu _m	Pr	B _n
1	219.742	2.306E-5	30.7	60.1	61.9	40.750	35.951	103.751	10.407	4.717	3.951
2	311.446	3.352E-5	30.6	60.6	61.5	38.500	34.705	151.284	11.341	4.852	4.481
3	399.400	4.331E-5	30.7	60.5	61.6	37.750	34.335	195.622	12.906	4.893	4.881
4	573.820	6.319E-5	30.4	60.7	61.2	36.525	33.559	285.941	15.985	4.978	5.540
5	699.756	7.794E-5	30.3	60.4	60.8	35.525	32.983	353.130	16.702	5.041	5.944
6	908.937	1.023E-4	30.2	59.9	60.6	34.565	32.423	464.306	18.208	5.130	6.511
7	1102.244	1.249E-4	30.2	59.4	60.5	33.950	32.096	567.286	19.094	5.141	6.961
8	1279.491	1.440E-4	30.6	60.3	61.3	34.225	32.433	653.452	20.876	5.102	7.297
9	1502.910	1.723E-4	30.1	59.5	60.9	33.050	31.582	783.502	20.191	5.208	7.752
10	1692.574	1.920E-4	30.6	60.9	61.7	33.500	32.063	871.841	21.619	5.146	8.033
11	1988.346	2.288E-4	30.1	59.7	61.2	32.725	31.416	1040.851	23.526	5.229	8.522
12	2293.324	2.635E-4	30.2	60.6	61.5	32.750	31.483	1198.519	25.841	5.221	8.932

ตาราง ก-5 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 2/3$, $L = 0.2547$ ม. , $L/D_n = 10$
 ที่อุณหภูมิ 50°C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m^3/sec)	To $^\circ\text{C}$	Tw,o $^\circ\text{C}$	Tw,f $^\circ\text{C}$	Tf $^\circ\text{C}$	Tb $^\circ\text{C}$	Gz	Nu _m	Pr	B _n
1	203.142	2.323E-5	28.4	50.8	51.5	35.725	32.256	103.752	10.056	5.121	4.246
2	312.313	3.628E-5	28.3	50.9	51.3	34.500	31.543	162.359	12.868	5.213	4.930
3	462.260	5.452E-5	28.3	50.6	51.7	33.250	30.836	244.552	14.898	5.305	5.651
4	611.318	7.278E-5	28.2	50.7	51.4	32.500	30.402	326.845	17.017	5.361	6.224
5	800.818	9.565E-5	28.2	50.4	52.0	32.250	30.249	429.761	20.769	5.381	6.819
6	982.471	1.182E-4	28.3	50.1	51.5	31.525	29.926	531.382	20.524	5.424	7.319
7	1201.168	1.450E-4	28.2	50.6	51.4	31.225	29.732	652.707	23.329	5.449	7.838
8	1386.544	1.680E-4	28.2	50.4	51.9	30.950	29.581	756.172	24.103	5.469	8.232
9	1602.125	1.945E-4	28.2	50.3	51.5	30.725	29.469	876.088	25.805	5.483	8.646
10	1890.789	2.301E-4	28.2	50.2	52.1	30.500	29.351	1036.867	27.349	5.499	9.146
11	2071.155	2.525E-4	28.2	49.9	52.3	30.350	29.275	1137.819	28.022	5.509	9.433
12	2254.958	2.753E-4	28.2	50.3	52.9	30.225	29.214	1240.610	28.056	5.517	9.709
13	2349.165	2.862E-4	28.3	50.7	52.3	30.325	29.313	1289.381	29.421	5.504	9.835
14	2614.211	3.189E-4	28.3	50.3	52.5	30.205	29.235	1436.922	30.899	5.512	10.197

ตาราง ก-6 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 2/3$, $L = 0.2547$ ม. , $L/D_n = 10$
ที่อุณหภูมิ 60°C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m^3/sec)	To $^\circ\text{C}$	Tw,o $^\circ\text{C}$	Tw,f $^\circ\text{C}$	Tf $^\circ\text{C}$	Tb $^\circ\text{C}$	Gz	Nu _m	Pr	B _H
1	219.537	2.444E-5	28.4	60.8	61.1	38.250	33.572	109.078	9.722	4.977	4.317
2	354.526	4.044E-5	28.3	60.4	61.6	36.050	32.325	181.004	12.359	5.114	5.111
3	479.329	5.506E-5	28.6	60.2	61.4	35.225	31.998	246.653	14.183	5.154	5.667
4	671.431	7.835E-5	28.4	60.2	61.7	34.055	31.276	351.771	16.759	5.248	6.379
5	784.657	9.148E-5	28.6	59.9	61.2	33.950	31.322	410.626	18.790	5.242	6.716
6	886.014	1.037E-4	28.6	59.8	61.0	33.565	31.123	465.953	19.755	5.267	7.005
7	1047.584	1.239E-4	28.5	59.7	60.9	32.750	30.651	557.341	19.973	5.329	7.436
8	1296.019	1.530E-4	28.8	59.5	60.8	32.650	30.743	687.959	22.517	5.317	7.977
9	1410.176	1.686E-4	28.2	60.5	61.4	32.025	30.136	759.717	23.576	5.396	8.245
10	1684.049	2.007E-4	28.6	60.6	61.1	31.950	30.297	903.716	24.772	5.375	8.736
11	1878.696	2.249E-4	28.5	60.1	61.3	31.650	30.085	1013.359	26.067	5.403	9.067
12	2084.430	2.488E-4	28.8	59.6	60.9	31.650	30.232	1120.354	26.592	5.384	9.385
13	2291.096	2.753E-4	28.6	59.3	60.5	31.225	29.918	1240.806	27.159	5.425	9.710



ตาราง ก-7 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1$, $L = 0.3737$ ม. , $L/D_h = 10$
 ที่อุณหภูมิ 50°C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m^3/sec)	To $^\circ\text{C}$	Tw,o $^\circ\text{C}$	Tw,f $^\circ\text{C}$	Tf $^\circ\text{C}$	Tb $^\circ\text{C}$	Gz	Nu _m	Pr	B _n
1	291.059	3.391E-5	28.4	50.5	51.9	35.950	32.342	148.907	14.904	5.112	5.300
2	431.090	5.137E-5	28.3	50.6	50.7	34.025	31.299	226.274	16.735	5.245	6.094
3	492.859	5.915E-5	28.3	50.3	51.8	33.525	30.970	260.801	16.966	5.287	6.389
4	653.944	7.916E-5	28.3	50.5	51.5	32.750	30.574	349.419	19.031	5.339	7.043
5	856.035	1.042E-4	28.3	50.1	51.2	32.225	30.295	460.512	22.200	5.375	7.722
6	1157.265	1.417E-4	28.4	50.2	51.9	31.650	30.035	626.504	24.222	5.409	8.557
7	1284.513	1.575E-4	28.4	49.9	51.6	31.525	29.971	696.466	26.185	5.418	8.864
8	1425.987	1.755E-4	28.3	49.8	51.5	31.250	29.781	776.710	27.449	5.442	9.192
9	1533.272	1.893E-4	28.2	49.5	51.2	31.050	29.630	838.179	28.823	5.462	9.429
10	1666.748	2.061E-4	28.2	49.1	51.9	30.950	29.575	912.354	29.976	5.469	9.699
11	1797.596	2.227E-4	28.2	49.3	51.7	30.750	29.475	986.334	29.907	5.483	9.954
12	1935.495	2.404E-4	28.2	49.4	51.4	30.525	29.363	1064.849	29.422	5.497	10.212
13	2221.101	2.758E-4	28.3	49.1	51.3	30.450	29.375	1221.628	31.531	5.496	10.690
14	2452.851	3.052E-4	28.3	49.3	51.5	30.250	29.275	1352.307	31.207	5.509	11.058

ตาราง ก-8 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1$, $L = 0.3737$ ม. , $L/D_n = 10$
 ที่อุณหภูมิ 60°C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m^3/sec)	To $^\circ\text{C}$	Tw,o $^\circ\text{C}$	Tw,f $^\circ\text{C}$	Tf $^\circ\text{C}$	Tb $^\circ\text{C}$	Gz	Nu _m	Pr	B _H
1	293.909	3.338E-5	28.3	59.8	60.5	38.525	33.698	145.854	14.095	4.963	5.264
2	434.916	5.042E-5	28.3	59.9	60.7	36.650	32.647	220.856	16.672	5.078	6.045
3	495.659	5.751E-5	28.4	59.9	60.9	36.500	32.601	251.951	18.353	5.083	6.316
4	689.954	8.197E-5	28.3	59.7	60.7	34.500	31.478	360.233	19.440	5.221	7.115
5	785.802	9.397E-5	28.2	59.6	60.7	34.025	31.177	413.353	20.776	5.260	7.449
6	943.617	1.132E-4	28.3	59.8	60.5	33.650	31.037	498.083	22.883	5.279	7.927
7	1208.344	1.464E-4	28.3	59.7	60.8	32.750	30.556	645.372	24.180	5.341	8.642
8	1380.358	1.683E-4	28.3	59.6	60.8	32.225	30.283	742.165	24.342	5.377	9.054
9	1539.582	1.882E-4	28.3	59.6	60.9	31.950	30.140	830.464	25.173	5.395	9.400
10	1650.113	2.022E-4	28.3	59.4	61.1	31.750	30.033	892.584	25.478	5.409	9.628
11	1705.564	2.092E-4	28.2	59.1	60.1	31.750	29.993	923.474	27.682	5.415	9.738
12	1845.304	2.264E-4	28.2	59.9	61.4	31.750	29.986	999.302	28.923	5.416	9.998
13	1948.628	2.393E-4	28.2	58.7	61.5	31.650	29.926	1056.791	30.208	5.423	10.186
14	2060.416	2.535E-4	28.2	58.7	61.5	31.500	29.851	1119.451	30.531	5.423	10.383

ตาราง ก-9 ผลการทดลองของส่วนท่อสอบที่มี $\sigma = 1/4$, $L = 0.9827$ ม. , $L/D_n = 100$
ที่อุณหภูมิ 50 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	To °C	Tw,o °C	Tw,f °C	Tf °C	Tb °C	Gz	Nu _m	Pr	B _n
1	317.130	3.034E-5	24.8	49.8	53.2	49.050	39.889	13.744	7.177	4.334	1.694
2	440.124	4.456E-5	24.8	49.5	52.9	45.500	36.847	18.488	7.330	4.619	1.870
3	671.302	7.256E-5	24.9	48.9	53.1	41.025	33.640	32.418	7.746	4.969	2.255
4	722.239	7.963E-5	24.8	48.5	53.4	39.565	32.623	36.382	7.391	5.081	2.343
5	802.056	8.948E-5	25.0	49.9	53.3	38.250	32.037	41.298	6.993	5.149	2.444
6	948.629	1.071E-4	24.8	49.4	53.1	37.500	31.490	49.516	7.956	5.220	2.597
7	1119.819	1.283E-4	25.0	49.9	53.8	36.225	30.825	59.420	7.931	5.306	2.759
8	1273.215	1.474E-4	24.8	49.5	53.9	35.525	30.318	68.400	8.577	5.372	2.892
9	1399.994	1.631E-4	24.8	49.9	53.5	34.950	30.040	75.720	8.871	5.409	2.992
10	1661.974	1.962E-4	24.6	49.2	53.7	34.025	29.404	91.273	9.755	5.492	3.184
11	1963.098	2.348E-4	24.8	48.1	53.9	32.725	28.779	109.422	9.756	5.574	3.382
12	2042.036	2.446E-4	24.8	48.7	53.3	32.525	28.699	114.039	9.876	5.585	3.429
13	2140.162	2.566E-4	24.6	49.4	52.1	32.500	28.652	119.651	10.694	5.591	3.484
14	2664.479	3.227E-4	24.6	48.2	52.0	31.650	28.165	150.676	12.107	5.655	3.763

ตาราง ก-10 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1/4$, $L = 0.9827$ ม. , $L/D_n = 100$
ที่อุณหภูมิ 60°C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m^3/sec)	To $^\circ\text{C}$	Tw,o $^\circ\text{C}$	Tw,f $^\circ\text{C}$	Tf $^\circ\text{C}$	Tb $^\circ\text{C}$	Gz	Nu _m	Pr	B _n
1	288.462	2.311E-5	25.4	60.0	65.6	63.050	50.518	10.220	7.827	3.543	1.535
2	400.407	3.471E-5	25.4	58.8	64.1	58.225	45.611	15.512	8.037	3.874	1.764
3	525.515	4.653E-5	25.0	61.6	67.2	56.650	43.458	20.897	7.895	3.976	1.948
4	711.252	6.361E-5	25.2	59.0	63.0	50.500	39.587	28.834	8.517	4.054	2.168
5	743.713	7.261E-5	25.0	60.6	63.5	49.250	38.732	32.984	8.576	4.435	2.268
6	853.635	8.613E-5	25.2	60.3	64.1	46.750	37.009	39.283	8.401	4.602	2.404
7	952.799	1.000E-4	25.2	59.8	63.2	43.565	35.085	45.839	7.967	4.811	2.531
8	1106.987	1.185E-4	25.0	59.5	63.5	42.225	34.143	54.397	8.563	4.914	2.679
9	1187.242	1.293E-4	25.0	61.2	67.7	41.050	33.268	59.480	7.654	5.010	2.760
10	1293.043	1.429E-4	25.2	59.1	63.2	39.225	32.498	65.876	8.062	5.095	2.856
11	1508.170	1.681E-4	25.2	59.6	63.8	38.500	32.083	77.567	8.708	5.143	3.016
12	1792.141	2.017E-4	25.2	59.3	63.0	37.650	31.641	93.196	9.830	5.200	3.206
13	2092.087	2.392E-4	25.3	59.0	64.5	36.350	30.908	110.784	9.923	5.295	3.396
14	2257.924	2.584E-4	25.2	59.4	64.1	36.325	30.874	119.667	10.779	5.300	3.485

ตาราง ก-11 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1/2$, $L = 1.9320$ ม. , $L/D_n = 100$
 ที่อุณหภูมิ 50 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	To °C	Tw,o °C	Tw,f °C	Tf °C	Tb °C	Gz	Nu _m	Pr	B _n
1	256.448	2.419E-5	24.8	50.1	53.2	50.625	41.705	10.699	6.946	4.177	1.853
2	438.851	4.484E-5	24.6	49.9	53.9	46.250	37.144	18.083	7.356	4.575	2.207
3	525.149	5.633E-5	24.6	50.3	53.6	43.050	34.935	24.004	6.865	4.828	2.426
4	671.867	7.421E-5	24.6	50.1	53.1	40.750	33.463	32.646	7.454	4.989	2.688
5	825.885	9.276E-5	24.8	50.5	54.7	39.500	32.607	41.659	7.709	5.083	2.915
6	947.332	1.095E-4	24.6	50.2	54.2	37.260	31.227	49.668	7.749	5.249	3.091
7	1138.745	1.328E-4	24.7	49.8	53.9	36.525	30.849	60.327	8.492	5.303	3.298
8	1349.780	1.602E-4	24.6	49.9	53.1	35.050	30.029	72.949	8.876	5.410	3.514
9	1593.284	1.902E-4	24.7	49.7	54.3	34.565	29.736	86.718	9.606	5.448	3.722
10	1923.082	2.331E-4	24.7	49.5	54.9	33.250	29.011	106.497	9.816	5.544	3.986
11	2063.440	2.521E-4	24.7	49.1	54.7	32.525	28.630	115.301	9.693	5.594	4.093
12	2198.999	2.700E-4	24.7	49.9	55.1	32.025	28.378	123.606	9.384	5.627	4.189
13	2462.447	3.027E-4	24.6	49.7	54.6	32.000	28.322	138.598	10.761	5.634	4.352
14	2600.862	3.206E-4	24.6	49.3	54.9	31.750	28.183	146.863	10.976	5.653	4.437

ตาราง ก-12 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1/2$, $L = 1.9320$ ม. , $L/D_n = 100$
 ที่อุณหภูมิ 60°C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	To °C	Tw,o °C	Tw,f °C	Tf °C	Tb °C	Gz	Nu _m	Pr	B _n
1	279.230	2.304E-5	24.5	60.4	65.4	62.500	49.784	9.802	7.248	3.588	1.800
2	474.990	4.313E-5	24.5	61.7	65.3	56.525	43.821	19.527	7.724	4.001	2.264
3	590.127	5.718E-5	24.5	60.8	65.1	52.025	40.205	27.324	7.681	4.307	2.533
4	804.539	7.787E-5	24.3	59.5	64.7	48.450	37.584	34.796	8.569	4.329	2.745
5	836.179	8.475E-5	24.5	58.3	64.1	45.500	35.752	38.031	7.846	5.553	2.828
6	932.576	1.003E-4	24.4	59.6	63.5	43.750	34.815	45.094	8.159	4.840	2.993
7	1114.464	1.225E-4	24.4	59.3	65.5	42.225	33.704	55.243	8.579	4.962	3.203
8	1182.998	1.316E-4	24.5	59.8	64.9	40.950	33.091	59.436	8.354	5.029	3.282
9	1374.017	1.557E-4	24.5	60.6	65.3	39.250	32.148	70.479	8.437	5.135	3.473
10	1522.553	1.755E-4	24.4	59.1	65.1	38.050	31.384	79.602	8.844	5.234	3.617
11	1631.012	1.884E-4	24.5	60.5	64.9	37.650	31.278	85.497	8.945	5.247	3.704
12	1757.638	2.067E-4	24.5	58.9	65.6	36.250	30.442	94.044	8.685	5.356	3.824
13	1889.899	2.229E-4	24.5	59.2	64.7	35.925	30.305	101.458	9.157	5.374	3.922
14	2114.743	2.535E-4	24.5	58.5	64.3	34.500	29.546	115.625	9.075	5.473	4.097

ตาราง ก-13 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 2/3$, $L = 2.5470$ ม. , $L/D_n = 100$
ที่อุณหภูมิ 50°C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m^3/sec)	To $^\circ\text{C}$	Tw,o $^\circ\text{C}$	Tw,f $^\circ\text{C}$	Tf $^\circ\text{C}$	Tb $^\circ\text{C}$	Gz	Nu _m	Pr	B _n
1	325.282	3.143E-5	24.3	47.3	56.7	52.540	40.982	13.751	8.811	4.239	2.015
2	318.610	3.143E-5	24.3	46.7	56.4	50.500	39.182	13.811	7.314	4.347	2.018
3	424.497	4.387E-5	24.3	47.9	57.0	47.745	37.126	19.372	7.409	4.576	2.258
4	611.762	6.870E-5	24.4	45.4	56.7	41.650	33.190	30.616	7.393	5.018	2.631
5	841.063	9.967E-5	24.3	45.1	56.1	36.910	30.616	44.734	7.057	5.333	2.985
6	1086.326	1.315E-4	24.4	44.2	56.3	34.775	29.600	59.218	7.438	5.466	3.278
7	1275.185	1.565E-4	24.3	43.5	56.9	33.455	28.948	70.601	7.603	5.552	3.475
8	1343.952	1.655E-4	24.4	43.7	57.2	32.985	28.785	74.695	7.400	5.573	3.541
9	1571.543	1.940E-4	24.5	42.1	57.8	32.345	28.664	87.596	8.071	5.589	3.735
10	1728.559	2.131E-4	24.3	43.3	57.3	32.705	28.732	96.192	9.148	5.580	3.853
11	1944.567	2.429E-4	24.4	42.4	56.2	31.415	28.088	109.860	9.083	5.665	4.027
12	2273.648	2.842E-4	24.8	42.8	57.9	31.335	28.060	128.535	10.142	5.669	4.244

ตาราง ก-14 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 2/3$, $L = 2.5470$ ม. , $L/D_n = 100$
 ที่อุณหภูมิ 60°C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m^3/sec)	To $^\circ\text{C}$	Tw,o $^\circ\text{C}$	Tw,f $^\circ\text{C}$	Tf $^\circ\text{C}$	Tb $^\circ\text{C}$	Gz	Nu _m	Pr	B _n
1	278.750	2.331E-5	24.5	57.5	68.9	65.055	49.638	9.812	7.474	3.597	1.800
2	343.865	3.032E-5	24.6	56.8	69.2	62.085	46.385	12.928	7.387	3.819	1.974
3	446.667	4.122E-5	24.6	56.3	69.5	58.750	43.527	18.141	7.897	4.023	2.210
4	636.750	6.378E-5	24.6	55.0	69.1	52.050	38.965	30.524	8.335	4.415	2.628
5	852.745	9.137E-5	24.6	54.6	68.7	46.125	35.538	40.493	8.345	4.762	2.888
6	1241.778	1.408E-4	24.6	54.4	68.8	40.757	32.687	62.833	8.778	5.074	3.343
7	1305.704	1.502E-4	24.6	53.2	68.4	39.355	31.978	67.145	8.594	5.157	3.418
8	1357.033	1.570E-4	24.5	52.9	69.1	38.925	31.721	70.234	8.651	5.190	3.469
9	1489.980	1.743E-4	24.6	52.1	69.5	37.750	31.226	78.070	8.678	5.254	3.594
10	1640.942	1.931E-4	24.6	51.3	68.2	37.165	30.937	86.595	9.441	5.292	3.720
11	1882.286	2.242E-4	24.5	51.7	68.3	36.095	30.368	100.722	9.853	5.366	3.912
12	2038.013	2.450E-4	24.5	50.6	69.1	36.025	29.939	110.192	9.694	5.422	4.031
13	2272.885	2.739E-4	24.6	49.4	68.9	34.525	29.823	123.238	10.427	5.437	4.185
14	2437.437	2.958E-4	24.7	47.9	68.7	33.435	29.487	133.228	10.098	5.481	4.295

ตาราง ข-1 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1/4$, $L = 0.09827$ ม. , $L/D_n = 10$
 ที่อุณหภูมิ 26.2 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	Tb (°C)	PC	PE	PF	KC	KE	F	B _r
1	163.770	2.063E-5	26.200	6777.1	-2162.2	15813.2	1.015	0.315	0.114	1.796
2	513.177	6.463E-5	26.200	59702.9	-9358.8	54539.4	0.814	0.663	0.040	2.628
3	708.524	8.923E-5	26.200	108756.1	-10649.7	78743.3	0.736	0.774	0.030	2.926
4	908.643	1.144E-4	26.200	162650.1	-8713.4	101979.1	0.584	0.856	0.024	3.179
5	1028.398	1.2995E-4	26.200	200085.5	-2872.2	113274.2	0.524	0.917	0.021	3.313
6	1147.273	1.445E-4	26.200	225903.0	-645.4	131346.4	0.388	0.934	0.019	3.436
7	1282.942	1.616E-4	26.200	274310.8	0.0	147805.1	0.350	0.938	0.017	3.566
8	1393.276	1.755E-4	26.200	304323.6	1581.3	154904.9	0.274	0.944	0.015	3.666
9	1615.726	2.035E-4	26.200	388553.1	6454.4	176527.0	0.212	0.957	0.013	3.851
10	1832.960	2.308E-4	26.200	480527.9	-9358.8	207830.7	0.167	0.916	0.012	4.017
11	1913.540	2.410E-4	26.200	508995.3	-63898.3	215898.7	0.138	0.803	0.011	4.075
12	2028.503	2.555E-4	26.200	545717.0	-45826.0	231066.5	0.087	0.851	0.011	4.155

ตาราง ข-2 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1/4$, $L = 0.09827$ ม. , $L/D_n = 10$
ที่อุณหภูมิ 50.0 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	Tb (°C)	PC	PE	PF	KC	KE	F	B _r
1	255.158	3.052E-5	28.764	15743.9	-3936.0	21111.2	0.931	0.470	0.063	2.082
2	337.717	4.079E-5	28.324	27024.6	-5615.5	28779.4	0.893	0.557	0.049	2.286
3	448.233	5.439E-5	28.055	46590.1	-6953.8	34768.8	0.854	0.670	0.033	2.512
4	521.4662	6.342E-5	27.953	61593.3	-9342.8	411869.6	0.812	0.672	0.030	2.642
5	631.160	7.732E-5	27.617	84258.5	-10575.0	55262.7	0.697	0.732	0.027	2.815
6	879.283	1.086E-4	27.167	140954.5	-13424.2	69134.8	0.471	0.803	0.017	3.144
7	1035.030	1.283E-4	27.035	192953.1	-9997.6	87978.6	0.454	0.865	0.016	3.320
8	1245.086	1.547E-4	26.875	263420.2	-3981.2	110145.5	0.375	0.918	0.014	3.531
9	1525.525	1.904E-4	26.675	361224.3	0.0	143306.4	0.262	0.938	0.012	3.778
10	1766.653	2.215E-4	26.426	451243.9	1302.3	179716.2	0.179	0.941	0.011	3.968
11	1885.709	2.348E-4	26.778	491695.5	1981.3	202754.2	0.131	0.942	0.011	4.055
12	1994.480	2.441E-4	26.373	500548.5	2598.6	210483.7	0.085	0.943	0.011	4.097
13	2055.687	2.566E-4	26.654	550491.1	-8868.3	227291.1	0.069	0.921	0.010	4.173
14	2572.359	3.227E-4	26.413	658349.7	-58548.9	257160.2	-0.169	0.969	0.007	4.497

ตาราง ท-3 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1/4$, $L = 0.09827$ ม. , $L/D_n = 10$
ที่อุณหภูมิ 60.0 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	Tb (°C)	PC	PE	PF	KC	KE	F	B _p
1	221.789	2.525E-5	31.101	11848.3	-3515.0	19352.2	0.923	0.385	0.076	1.987
2	384.677	4.540E-5	29.437	34911.6	-8819.8	28664.3	0.885	0.744	0.037	2.387
3	479.514	5.666E-5	29.334	53155.3	-9897.9	34092.7	0.848	0.605	0.029	2.569
4	555.717	6.599E-5	29.103	70787.3	-11253.4	39568.3	0.833	0.656	0.025	2.698
5	640.548	7.634E-5	28.934	86847.6	-11892.0	44685.1	0.698	0.714	0.021	2.829
6	697.194	8.329E-5	28.813	97204.0	-11119.3	50216.1	0.607	0.761	0.020	2.910
7	854.639	1.030E-4	28.418	138948.7	-10227.2	69121.7	0.632	0.829	0.018	3.115
8	949.145	1.144E-4	28.404	161166.4	-8463.9	80406.9	0.445	0.865	0.017	3.225
9	1150.052	1.389E-4	28.294	225672.6	-7019.4	102482.7	0.381	0.896	0.015	3.439
10	1416.046	1.720E-4	27.993	313212.1	-3815.4	141170.9	0.269	0.923	0.014	3.686
11	1669.383	2.045E-4	27.610	398778.1	0.0	186596.8	0.168	0.938	0.013	3.893
12	1950.764	2.392E-4	27.549	501393.0	1361.6	206275.7	0.080	0.940	0.010	4.101
13	2117.253	2.584E-4	27.719	586788.0	-9254.3	223815.8	0.077	0.922	0.010	4.212

ตาราง ข-4 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1/2$, $L = 0.1932$ ม. , $L/D_n = 10$
ที่อุณหภูมิ 26.2 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	Tb (°C)	PC	PE	PF	KC	KE	F	B _r
1	124.120	1.590E-5	26.200	3356.3	-1549.0	9036.1	0.876	-0.001	0.109	1.947
2	231.010	2.960E-5	26.200	11359.7	-5163.5	23235.7	0.839	0.028	0.081	2.395
3	439.629	5.633E-5	26.200	38468.0	-18717.7	49053.2	0.736	0.027	0.047	2.968
4	571.503	7.322E-5	26.200	61445.6	-31368.2	56798.5	0.654	0.033	0.032	3.329
5	926.754	1.187E-4	26.200	155550.3	-81712.3	108433.4	0.602	0.040	0.024	3.805
6	1008.612	1.292E-4	26.200	183304.1	-95137.4	112306.1	0.595	0.052	0.021	3.914
7	1143.007	1.464E-4	26.200	231324.6	-119018.6	131669.2	0.572	0.070	0.019	4.081
8	1261.123	1.616E-4	26.200	276118.0	-141867.1	152323.1	0.546	0.084	0.018	4.217
9	1298.947	1.664E-4	26.200	291737.6	-145610.6	165231.9	0.541	0.106	0.018	4.259
10	1429.103	1.831E-4	26.200	330463.8	-165231.9	183304.1	0.458	0.146	0.017	4.396
11	1681.497	2.154E-4	26.200	447804.2	-185111.4	209121.6	0.432	0.261	0.014	4.641
12	1865.190	2.390E-4	26.200	517604.5	-214285.1	241393.5	0.361	0.290	0.013	4.804
13	2097.650	2.688E-4	26.200	661801.0	-239794.9	270903.4	0.288	0.343	0.011	4.996

ตาราง ข-5 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1/2$, $L = 0.1932$ ม. , $L/D_n = 10$
ที่อุณหภูมิ 50.0 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	Tb (°C)	PC	PE	PF	KC	KE	F	B _r
1	217.967	2.413E-5	33.262	10026.9	-4667.7	24202.8	0.825	0.017	0.095	2.349
2	312.143	3.524E-5	32.315	20287.3	-9478.5	33257.8	0.804	0.024	0.064	2.648
3	444.543	5.070E-5	31.824	40723.3	-18895.6	61899.5	0.788	0.036	0.058	2.979
4	523.293	6.023E-5	31.419	55992.7	-25916.1	81589.3	0.776	0.043	0.065	3.145
5	566.401	6.519E-5	31.402	63991.6	-30396.0	89588.3	0.793	0.043	0.052	3.229
6	701.361	8.092E-5	31.284	93923.7	-46165.9	130538.1	0.675	0.049	0.050	3.468
7	864.392	1.001E-4	31.081	139019.6	-67930.0	143758.9	0.639	0.071	0.036	3.718
8	1082.624	1.259E-4	30.928	211645.8	-103471.3	156774.7	0.598	0.091	0.025	4.008
9	1231.856	1.439E-4	30.716	266932.1	-119498.7	162952.7	0.563	0.162	0.020	4.184
10	1487.533	1.736E-4	30.786	371851.1	-152474.5	177368.3	0.504	0.326	0.015	4.455
11	1683.483	1.967E-4	30.680	448508.0	-187783.6	211062.6	0.431	0.255	0.014	4.643
12	1948.077	2.282E-4	30.568	565258.8	-237841.1	253285.4	0.362	0.282	0.012	4.875
13	2158.916	2.532E-4	30.525	671673.3	-278836.9	280377.4	0.326	0.303	0.011	5.045
14	2351.256	2.758E-4	30.464	781051.3	-306566.5	311188.1	0.305	0.336	0.011	5.190



ตาราง ข-6 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1/2$, $L = 0.1932$ ม. , $L/D_n = 10$
ที่อุณหภูมิ 60.0 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	Tb (°C)	PC	PE	PF	KC	KB	F	B _p
1	219.234	2.306E-5	35.951	10151.7	-4731.1	22985.0	0.827	0.015	0.089	2.353
2	311.422	3.352E-5	34.705	20113.2	-9508.1	32912.6	0.798	0.018	0.063	2.646
3	399.639	4.331E-5	34.335	32471.6	-15333.8	52315.4	0.768	0.033	0.061	2.875
4	573.808	6.319E-5	33.559	64640.3	-31446.6	82110.6	0.716	0.037	0.047	3.243
5	699.730	7.798E-5	32.983	93844.5	-46069.1	95550.8	0.681	0.048	0.036	3.465
6	908.878	1.023E-4	32.423	147074.1	-73537.0	133703.7	0.579	0.085	0.030	3.781
7	1102.397	1.249E-4	32.096	212838.3	-105594.2	146841.9	0.557	0.101	0.023	4.032
8	1279.161	1.440E-4	32.433	280777.8	-125347.2	157101.9	0.531	0.178	0.018	4.237
9	1502.751	1.723E-4	31.582	380475.4	-148320.9	169279.3	0.508	0.260	0.014	4.471
10	1691.858	1.992E-4	32.063	406772.3	-194182.6	149182.6	0.452	0.244	0.013	4.651
11	1987.673	2.288E-4	31.416	587123.1	-252766.9	238368.8	0.359	0.272	0.011	4.907
12	2298.069	2.635E-4	31.483	757726.5	-320824.6	261173.8	0.321	0.297	0.009	5.151

ตาราง ข-7 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 2/3$, $L = 0.2547$ ม. , $L/D_n = 10$
ที่อุณหภูมิ 26.2 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	Tb (°C)	PC	PE	PF	KC	KE	F	B _r
1	230.138	2.982E-5	26.200	9133.7	-6850.3	29684.6	0.705	-0.390	0.102	2.569
2	348.230	4.512E-5	26.200	18267.4	-15984.0	41101.7	0.546	-0.408	0.062	2.949
3	530.099	6.868E-5	26.200	41101.7	-36534.8	70786.2	0.514	-0.395	0.046	3.393
4	686.992	8.901E-5	26.200	63936.0	-57085.7	95903.9	0.435	-0.329	0.037	3.699
5	897.267	1.162E-4	26.200	100470.8	-89053.7	132438.8	0.357	-0.253	0.030	4.043
6	1060.037	1.373E-4	26.200	134722.2	-121021.6	152989.6	0.321	-0.232	0.025	4.274
7	1190.475	1.542E-4	26.200	164406.8	-152989.6	173540.5	0.293	-0.234	0.022	4.443
8	1309.434	1.696E-4	26.200	187241.0	-184957.6	191807.9	0.243	-0.233	0.020	4.586
9	1432.260	1.856E-4	26.200	219209.0	-219209.0	223775.9	0.226	-0.226	0.020	4.725
10	1617.643	2.096E-4	26.200	264877.6	-274011.3	264877.6	0.184	-0.210	0.019	4.912
11	1738.566	2.252E-4	26.200	283145.0	-283145.0	283145.0	0.129	-0.129	0.017	5.040
12	1821.526	2.360E-4	26.200	303695.8	-244326.7	303695.8	0.114	0.017	0.017	5.119
13	2004.511	2.597E-4	26.200	355388.3	-263675.2	334752.9	0.091	0.015	0.015	5.285

ตาราง ข-8 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 2/3$, $L = 0.2547$ ม. , $L/D_n = 10$
ที่อุณหภูมิ 50.0 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	Tb (°C)	PC	PE	PF	KC	KE	F	B _r
1	203.500	2.323E-5	32.256	6471.3	-5883.0	32356.4	0.587	-0.483	0.143	2.466
2	312.498	3.628E-5	31.543	14222.3	-13368.9	36977.9	0.509	-0.445	0.069	2.845
3	462.604	5.452E-5	30.836	30350.6	-27591.5	44146.3	0.481	-0.387	0.038	3.242
4	612.103	7.278E-5	30.402	51516.1	-46093.4	65073.0	0.450	-0.344	0.032	3.559
5	801.451	9.565E-5	30.249	83422.7	-72658.4	96877.9	0.394	-0.271	0.028	3.894
6	986.399	1.182E-4	29.926	120217.3	-106859.8	117545.8	0.348	-0.247	0.022	4.173
7	1204.900	1.450E-4	29.732	169282.9	-156057.7	137542.3	0.297	-0.230	0.017	4.461
8	1390.090	1.680E-4	29.581	220539.0	-204786.2	178531.6	0.279	-0.219	0.017	4.678
9	1607.997	1.945E-4	29.469	269755.9	-272374.5	219994.8	0.207	-0.215	0.016	4.911
10	1895.601	2.301E-4	29.351	345828.7	-325026.9	278223.1	0.148	-0.106	0.014	5.188
11	2077.136	2.525E-4	29.275	394262.3	-316447.4	313853.5	0.113	0.019	0.013	5.348
12	2261.589	2.753E-4	29.214	463157.0	-372595.6	344133.4	0.106	0.023	0.012	5.502

ตาราง ข-9 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 2/3$, $L = 0.2547$ ม. , $L/D_n = 10$
 ที่อุณหภูมิ 60.0 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	Tb (°C)	PC	PE	PF	KC	KE	F	B _r
1	222.116	2.444E-5	33.572	7596.2	-6963.2	31651.0	0.570	-0.476	0.117	2.539
2	354.740	4.044E-5	32.325	18285.1	-17105.4	35390.5	0.507	-0.438	0.051	2.967
3	479.192	5.506E-5	31.998	31937.0	-29033.6	46453.8	0.461	-0.369	0.037	3.280
4	671.599	7.835E-5	31.276	61951.1	-56319.2	67583.1	0.449	-0.357	0.027	3.671
5	784.999	9.148E-5	31.322	81855.9	-73388.1	90323.8	0.416	-0.315	0.027	3.867
6	885.785	1.037E-4	31.123	100600.2	-92216.9	106189.1	0.382	-0.304	0.025	4.026
7	1047.440	1.239E-4	30.651	136941.6	-123247.5	142419.3	0.357	-0.226	0.024	4.257
8	1296.418	1.530E-4	30.743	192651.5	-184395.0	176138.5	0.282	-0.247	0.019	4.571
9	1409.556	1.686E-4	30.136	214210.6	-214210.6	208855.3	0.233	-0.233	0.019	4.700
10	1683.846	2.007E-4	30.297	285967.0	-299456.1	248197.8	0.182	-0.217	0.016	4.987
11	1877.529	2.249E-4	30.085	339211.8	-317844.1	272437.8	0.148	-0.104	0.014	5.171
12	2084.473	2.488E-4	30.232	395584.9	-317544.3	304089.1	0.110	0.021	0.013	5.355
13	2292.301	2.753E-4	29.918	465188.7	-374809.2	334935.8	0.092	0.034	0.012	5.527

ตาราง ข-10 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1$, $L = 0.3737$ ม., $L/D_n = 10$
ที่อุณหภูมิ 26.2 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	Tb (°C)	PC	PE	PF	KC	KE	F	B _r
1	228.434	3.026E-5	26.200	0.0	0.0	45955.1	0.000	0.000	0.154	2.837
2	283.211	3.752E-5	26.200	0.0	0.0	56798.5	0.000	0.000	0.124	3.048
3	370.776	4.912E-5	26.200	0.0	0.0	82615.9	0.000	0.000	0.105	3.335
4	470.157	6.229E-5	26.200	0.0	0.0	103269.9	0.000	0.000	0.082	3.609
5	616.607	8.169E-5	26.200	0.0	0.0	149741.4	0.000	0.000	0.069	3.951
6	825.800	1.094E-4	26.200	0.0	0.0	206539.9	0.000	0.000	0.503	4.355
7	1003.360	1.329E-4	26.200	0.0	0.0	242684.3	0.000	0.000	0.042	4.647
8	1246.190	1.651E-4	26.200	0.0	0.0	299482.8	0.000	0.000	0.034	4.995
9	1460.868	1.935E-4	26.200	0.0	0.0	371771.8	0.000	0.000	0.030	5.267
10	1630.043	2.159E-4	26.200	0.0	0.0	402752.7	0.000	0.000	0.026	5.463
11	1770.361	2.345E-4	26.200	0.0	0.0	433733.7	0.000	0.000	0.024	5.615
12	1991.015	2.638E-4	26.200	0.0	0.0	469878.2	0.000	0.000	0.021	5.839
13	2282.060	3.023E-4	26.200	0.0	0.0	516349.7	0.000	0.000	0.017	6.111
14	2845.485	3.770E-4	26.200	0.0	0.0	562821.1	0.000	0.000	0.012	6.577

ตาราง ท-11 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1$, $L = 0.3737$ ม. , $L/D_n = 10$
 ที่อุณหภูมิ 50.0 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	Tb (°C)	PC	PE	PF	KC	KE	F	B _p
1	290.894	3.391E-5	32.342	0.0	0.0	53352.1	0.000	0.000	0.110	3.075
2	430.579	5.137E-5	31.299	0.0	0.0	101862.9	0.000	0.000	0.096	3.505
3	492.689	5.915E-5	30.970	0.0	0.0	125739.1	0.000	0.000	0.090	3.666
4	653.564	7.916E-5	30.574	0.0	0.0	191508.4	0.000	0.000	0.078	4.028
5	855.245	1.042E-4	30.295	0.0	0.0	256221.8	0.000	0.000	0.061	4.406
6	1156.929	1.417E-4	30.035	0.0	0.0	289969.5	0.000	0.000	0.038	4.873
7	1282.679	1.575E-4	29.971	0.0	0.0	312572.8	0.000	0.000	0.033	5.043
8	1424.338	1.755E-4	29.781	0.0	0.0	346051.6	0.000	0.000	0.030	5.222
9	1532.566	1.893E-4	29.630	0.0	0.0	379964.3	0.000	0.000	0.028	5.351
10	1665.856	2.061E-4	29.575	0.0	0.0	408638.2	0.000	0.000	0.026	5.502
11	1795.962	2.227E-4	29.475	0.0	0.0	436093.4	0.000	0.000	0.024	5.642
12	1933.705	2.404E-4	29.363	0.0	0.0	463367.4	0.000	0.000	0.022	5.783
13	2218.487	2.758E-4	29.375	0.0	0.0	504425.2	0.000	0.000	0.018	6.054
14	2452.054	3.052E-4	29.275	0.0	0.0	544145.3	0.000	0.000	0.016	6.259

ตาราง ข-12 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1$, $L = 0.3737$ ม. , $L/D_n = 10$
 ที่อุณหภูมิ 60.0 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	Tb (°C)	PC	PE	PF	KC	KE	F	B _p
1	293.887	3.338E-5	33.698	0.0	0.0	56206.5	0.000	0.000	0.114	3.086
2	434.725	5.042E-5	32.647	0.0	0.0	101072.1	0.000	0.000	0.093	3.156
3	495.879	5.751E-5	32.601	0.0	0.0	121286.5	0.000	0.000	0.086	3.674
4	689.668	8.197E-5	31.478	0.0	0.0	211715.6	0.000	0.000	0.078	4.101
5	785.684	9.397E-5	31.177	0.0	0.0	253408.9	0.000	0.000	0.072	4.283
6	943.927	1.132E-4	31.037	0.0	0.0	283634.2	0.000	0.000	0.056	4.553
7	1209.104	1.464E-4	30.556	0.0	0.0	302706.9	0.000	0.000	0.036	4.945
8	1380.602	1.683E-4	30.283	0.0	0.0	311126.5	0.000	0.000	0.028	5.168
9	1538.752	1.882E-4	30.140	0.0	0.0	339074.9	0.000	0.000	0.025	5.359
10	1651.067	2.022E-4	30.033	0.0	0.0	392667.1	0.000	0.000	0.025	5.486
11	1705.873	2.092E-4	29.993	0.0	0.0	439897.7	0.000	0.000	0.026	5.546
12	1845.908	2.264E-4	29.986	0.0	0.0	457975.7	0.000	0.000	0.023	5.694
13	1949.321	2.393E-4	29.926	0.0	0.0	480881.2	0.000	0.000	0.022	5.798
14	2059.312	2.535E-4	29.851	0.0	0.0	496441.3	0.000	0.000	0.020	5.905

ตาราง ข-13 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1/4$, $L = 0.9827$ ม. , $L/D_n = 100$
ที่อุณหภูมิ 26.2 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	Tb (°C)	PC	PE	PF	KC	KE	F	B _p
1	153.428	1.932E-5	26.200	5615.3	-1936.3	172009.0	0.905	0.302	0.141	0.816
2	339.609	4.277E-5	26.200	27108.4	-8713.4	549589.7	0.878	0.354	0.092	1.063
3	451.708	5.689E-5	26.200	46794.2	-14522.3	455355.9	0.834	0.388	0.043	1.169
4	665.457	8.3381E-5	26.200	98751.9	-30335.5	680613.4	0.785	0.408	0.030	1.330
5	1040.542	1.310E-4	26.200	235584.5	-70675.4	1052062.4	0.743	0.433	0.019	1.544
6	1208.686	1.522E-4	26.200	310455.2	-92620.2	1199867.5	0.704	0.448	0.016	1.623
7	1486.000	1.872E-4	26.200	455355.9	-130701.0	1438033.8	0.656	0.480	0.013	1.738
8	1664.868	2.097E-4	26.200	563143.8	-154259.5	1610688.2	0.632	0.508	0.011	1.806
9	1849.853	2.330E-4	26.200	675449.9	-178786.1	1780760.9	0.587	0.534	0.010	1.870
10	2100.444	2.645E-4	26.200	826804.9	-275601.6	1989237.1	0.510	0.455	0.009	1.951
11	2311.429	2.911E-4	26.200	953633.3	-316264.2	2249670.9	0.441	0.480	0.008	2.014

ตาราง ข-14 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1/4$, $L = 0.9827$ ม. , $L/D_n = 100$
ที่อุณหภูมิ 50.0 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	Tb (°C)	PC	PE	PF	KC	KE	F	B _r
1	317.093	3.034E-5	39.889	23478.0	-8726.0	337636.2	0.866	0.336	0.065	1.039
2	440.115	4.456E-5	36.847	44951.2	-13984.8	467492.8	0.855	0.380	0.047	1.159
3	671.292	7.256E-5	33.640	102969.7	-31548.2	579259.6	0.828	0.397	0.025	1.334
4	722.265	7.963E-5	32.623	115390.6	-34954.1	642649.9	0.771	0.420	0.024	1.367
5	802.178	8.948E-5	32.037	141934.3	-41551.8	750400.6	0.767	0.439	0.023	1.415
6	949.207	1.071E-4	31.490	196180.5	-55477.3	799596.4	0.745	0.462	0.017	1.497
7	1119.624	1.283E-4	30.825	271796.7	-74480.9	1041562.3	0.738	0.478	0.016	1.582
8	1272.492	1.474E-4	30.318	345060.6	-94939.3	1233830.1	0.709	0.485	0.015	1.651
9	1400.616	1.631E-4	30.040	407769.7	-110248.8	1411336.2	0.668	0.503	0.014	1.704
10	1662.455	1.962E-4	29.404	555645.6	-146628.7	1676491.5	0.616x	0.528	0.012	1.805
11	1962.925	2.348E-4	28.779	739963.9	-201092.7	1779777.8	0.546	0.534	0.009	1.907
12	2042.763	2.446E-4	28.699	804206.8	-209886.2	1851496.0	0.551	0.549	0.009	1.933
13	2184.766	2.619E-4	28.652	901964.7	-226826.5	1922149.7	0.522	0.570	0.008	1.977
14	2665.896	3.227E-4	28.165	1274804.1	-314770.7	2039197.4	0.448	0.595	0.006	2.112

ตาราง ข-15 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1/4$, $L = 0.9827$ ม. , $L/D_n = 100$
ที่อุณหภูมิ 60.0 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	Tb (°C)	PC	PE	PF	KC	KE	F	B _p
1	288.305	2.311E-5	50.510	19120.9	-6851.7	353736.4	0.840	0.301	0.082	1.006
2	400.355	3.471E-5	45.611	36084.2	-12935.9	422117.5	0.802	0.314	0.051	1.123
3	525.537	4.653E-5	43.458	62026.1	-21545.9	510573.1	0.797	0.335	0.036	1.229
4	711.355	6.361E-5	39.587	113309.6	-39050.2	652970.8	0.792	0.341	0.025	1.360
5	743.370	7.261E-5	38.732	122848.8	-41843.7	578301.3	0.780	0.353	0.020	1.380
6	852.210	8.613E-5	37.009	159377.2	-53626.9	840990.1	0.758	0.367	0.022	1.444
7	953.078	1.000E-4	35.085	196509.4	-66432.2	944452.8	0.734	0.372	0.020	1.499
8	1107.376	1.185E-4	34.143	263027.5	-86781.2	1080291.4	0.720	0.391	0.017	1.576
9	1187.747	1.293E-4	33.268	299942.0	-97243.4	1080915.0	0.705	0.405	0.015	1.613
10	1292.711	1.429E-4	32.498	348543.9	-107663.2	1102605.2	0.674	0.440	0.013	1.660
11	1508.827	1.681E-4	32.083	464449.4	-142717.1	1253930.9	0.639	0.453	0.011	1.747
12	1791.950	2.017E-4	31.641	636840.8	-193557.6	1474512.7	0.595	0.472	0.009	1.850
13	2093.269	2.392E-4	30.908	841096.1	-251623.3	1709627.7	0.545	0.494	0.008	1.949
14	2258.004	2.584E-4	30.874	957809.2	-279133.0	2031728.3	0.514	0.515	0.008	1.999

ตาราง ข-16 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1/2$, $L = 1.9320$ ม. , $L/D_n = 100$
 ที่อุณหภูมิ 26.2 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	Tb (°C)	PC	PE	PF	KC	KE	F	B _r
1	188.770	2.419E-5	26.200	7745.2	-4130.8	203958.1	0.873	-0.115	0.107	1.039
2	271.529	3.479E-5	26.200	15490.5	-8390.7	295610.2	0.818	-0.100	0.075	1.173
3	349.953	4.484E-5	26.200	25817.5	-136683.3	375644.4	0.824	-0.084	0.057	1.277
4	439.629	5.633E-5	26.200	40017.1	-21041.2	467296.4	0.796	-0.063	0.045	1.378
5	579.240	7.421E-5	26.200	68416.3	-34853.6	640273.6	0.772	-0.025	0.036	1.510
6	736.178	9.432E-5	26.200	107142.6	-54216.7	654473.2	0.726	0.003	0.023	1.636
7	854.299	1.095E-4	26.200	141996.2	-69707.2	934592.9	0.702	0.037	0.024	1.719
8	1036.277	1.328E-4	26.200	205249.0	-100688.2	1141132.7	0.677	0.050	0.020	1.833
9	1250.025	1.602E-4	26.200	296901.1	-139414.4	1370908.3	0.668	0.084	0.016	1.952
10	1370.075	1.675E-4	26.200	318845.9	-147159.7	1440615.5	0.643	0.107	0.016	1.981
11	1484.666	1.902E-4	26.200	407916.2	-183304.1	1629083.2	0.631	0.129	0.014	2.067
12	1640.755	2.056E-4	26.200	471169.1	-210412.5	1758170.6	0.616	0.140	0.013	2.121
13	1819.325	2.331E-4	26.200	587347.7	-262047.5	2002145.8	0.575	0.159	0.011	2.212
14	1967.491	2.521E-4	26.200	667381.9	-295610.2	2618668.6	0.537	0.180	0.010	2.270

ตาราง ข-17 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1/2$, $L = 1.9320$ ม. , $L/D_n = 100$
ที่อุณหภูมิ 50.0 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	Tb (°C)	PC	PE	PF	KC	KE	F	B _r
1	256.843	2.419E-5	41.705	14338.6	-7169.3	305889.5	0.873	-0.061	0.087	1.152
2	439.292	4.484E-5	37.144	40681.9	-20340.9	465807.3	0.824	-0.037	0.045	1.377
3	525.700	5.633E-5	34.935	55374.4	-26948.9	537131.8	0.746	0.022	0.036	1.462
4	672.570	7.421E-5	33.463	88758.9	-43509.3	630014.3	0.715	0.032	0.026	1.587
5	826.756	9.276E-5	32.607	132973.1	-63961.7	834869.0	0.702	0.051	0.023	1.700
6	948.337	1.095E-4	31.227	171796.2	-81126.0	806487.5	0.676	0.077	0.017	1.780
7	1140.556	1.328E-4	30.849	240820.6	-112591.4	1132169.6	0.632	0.104	0.016	1.893
8	1350.396	1.602E-4	30.029	331429.7	-153662.9	1331745.0	0.607	0.121	0.014	2.002
9	1593.953	1.902E-4	29.736	455301.1	-206819.7	1580162.3	0.588	0.142	0.012	2.116
10	1924.855	2.331E-4	29.011	635787.7	-287549.4	1627038.6	0.531	0.171	0.008	2.254
11	2066.703	2.521E-4	28.630	723565.8	-324750.0	1826006.6	0.515	0.182	0.008	2.308
12	2200.566	2.700E-4	28.378	807763.6	-358849.7	2005336.4	0.495	0.197	0.008	2.356

ตาราง ข-18 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1/2$, $L = 1.9320$ ม. , $L/D_n = 100$
ที่อุณหภูมิ 60.0 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	Tb (°C)	PC	PE	PF	KC	KE	F	B _r
1	279.515	2.304E-5	49.784	15633.7	-8422.8	361868.8	0.830	-0.055	0.086	1.185
2	475.456	4.313E-5	43.821	46346.7	-22143.4	548883.6	0.780	0.019	0.048	1.414
3	590.759	5.718E-5	40.205	70110.7	-32567.6	653613.1	0.750	0.053	0.035	1.520
4	768.672	7.787E-5	37.584	115623.4	-53682.3	739164.1	0.711	0.072	0.023	1.660
5	933.855	1.003E-4	34.815	165437.5	-77204.2	906229.8	0.666	0.089	0.019	1.771
6	1102.035	1.225E-4	33.704	226335.3	-106309.0	1215695.1	0.641	0.097	0.019	1.871
7	1375.829	1.557E-4	32.148	347386.2	-160459.3	1389544.6	0.620	0.117	0.014	2.015
8	1524.675	1.755E-4	31.384	420744.9	-190375.1	1586992.3	0.601	0.139	0.013	2.085
9	1633.024	1.884E-4	31.278	469618.6	-216502.1	1628541.8	0.565	0.144	0.011	2.133
10	1760.424	2.067E-4	30.442	537831.7	-244329.3	1839384.5	0.546	0.161	0.011	2.187
11	1891.292	2.229E-4	30.305	613102.2	-274523.4	1859133.4	0.530	0.177	0.010	2.240
12	2116.229	2.535E-4	29.546	748800.5	-335261.8	1961355.3	0.498	0.191	0.008	2.326

ตาราง ท-19 ผลการทดลองของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 2/3$, $L = 2.5470$ ม. , $L/D_n = 100$
 ที่อุณหภูมิ 26.2 °C โดยประมาณ

No.	Re	Q (m ³ /sec)	Tb (°C)	PC	PE	PF	KC	KE	F	B _r
1	256.866	3.328E-5	26.200	12102.0	-7535.2	274060.9	0.785	-0.279	0.076	1.237
2	381.850	4.947E-5	26.200	26715.7	-16668.8	406443.5	0.784	-0.280	0.051	1.412
3	437.018	5.662E-5	26.200	34479.2	-21463.9	452111.3	0.764	-0.266	0.043	1.477
4	505.088	6.544E-5	26.200	45439.5	-28314.0	522896.4	0.747	-0.256	0.037	1.550
5	607.696	7.873E-5	26.200	66218.3	-38817.6	639349.4	0.755	-0.213	0.032	1.648
6	738.720	9.571E-4	26.200	95902.4	-54801.4	771786.0	0.729	-0.179	0.026	1.759
7	857.810	1.111E-4	26.200	125586.5	-73068.5	908789.5	0.692	-0.170	0.032	1.849
8	956.914	1.240E-4	26.200	150703.8	-86768.8	995558.3	0.648	-0.137	0.020	1.917
9	1034.425	1.340E-4	26.200	173537.7	-102752.6	1091460.7	0.630	-0.147	0.019	1.968
10	1188.050	1.539E-4	26.200	226055.7	-130153.3	1228464.1	0.615	-0.119	0.016	2.061
11	1285.459	1.665E-4	26.200	258936.5	-146137.0	1402001.8	0.590	-0.091	0.016	2.116
12	1489.976	1.930E-4	26.200	337941.8	-191804.8	1723959.9	0.557	-0.076	0.014	2.222
13	1707.280	2.212E-4	26.200	431560.8	-239756.0	1817578.9	0.527	-0.046	0.011	2.325
14	1913.828	2.480E-4	26.200	525179.8	-285423.8	2013950.5	0.493	-0.014	0.010	2.416



ผนวก ข.
ตัวอย่างการคำนวณ

ก. การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการพาความร้อน

ตัวอย่างการคำนวณที่แสดงไว้ข้างล่างนี้ เป็นของส่วนทดสอบที่มี $\sigma = 1/2$

$L/D_h = 10$, ท่ออุณหภูมิ 50 โดยประมาณ, อัตราการไหล $Q = 1.439 \times 10^{-6}$ ม³/วินาที

ข้อมูลทั่วไป

$$\text{เส้นรอบท่อ, } p = 0.588 \text{ ม.}$$

$$\text{พื้นที่หน้าตัดท่อคอคอด, } A = 2.84 \times 10^{-3} \text{ ม.}^2$$

$$\text{ความยาวท่อคอคอด, } L = 0.193 \text{ ม.}$$

$$\text{อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเข้า, } t_o = 29.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำออก, } t_f = 32.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{อุณหภูมิผิวท่อคอคอดปากทางเข้า, } t_{w,o} = 50.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{อุณหภูมิผิวท่อคอคอดปากทางออก, } t_{w,f} = 51.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

การคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{เส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิก } D_h &= 4A/p \\ &= 4(2.84 \times 10^{-3}) / 0.588 \\ &= 0.0193 \text{ ม.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความเร็วเฉลี่ยของน้ำ } v &= Q/A \\ &= 1.439 \times 10^{-4} / 2.84 \times 10^{-3} \\ &= 5.068 \times 10^{-2} \text{ ม/วินาที} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวท่อคอคอด, } t_w &= (t_{w,o} + t_{w,f}) / 2 \\ &= (50.9 + 51.5) / 2 \\ &= 51.20 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลค่าอุณหภูมิเฉลี่ยแบบล็อก, } \Delta t_1 &= \frac{(t_{w,o} - t_o) - (t_{w,f} - t_f)}{\ln \frac{(t_{w,o} - t_f)}{(t_{w,f} - t_o)}} \end{aligned}$$

$$= \frac{(50.9 - 29.4) - (51.5 - 32.0)}{\ln \frac{(50.9 - 29.4)}{(51.5 - 32.0)}}$$

$$= 20.484 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

เนื่องจาก $\Delta t_1 = t_w - t_b$

ดังนั้นอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในท่อคือ $t_b = t_w - \Delta t_1$

$$= 51.20 - 20.484$$

$$= 30.716 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

ดังนั้นจะได้ค่า k , ρ , C_p และ μ ของน้ำ ซึ่งต้องใช้ในการคำนวณหาค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำที่อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในท่อ $t_b = 30.716 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$k = 0.621 \text{ วัตต์/ม} - \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\rho = 995.1 \text{ กก./ม}^3$$

$$C_p = 4.175 \times 10^3 \text{ จูล/กก.} - \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\mu = 7.91 \times 10^{-4} \text{ กก./ม} - \text{วินาที}$$

$$\begin{aligned} \dots \text{สัมประสิทธิ์การแพร่ความร้อน, } \alpha &= k / \rho C_p \\ &= 0.621 / (995.1)(4.175 \times 10^3) \\ &= 1.495 \times 10^{-7} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{เรย์โนลด์สจำนวน, } Re &= \rho V D_h / \mu \\ &= (995.1)(5.068 \times 10^{-2})(0.0193) / 7.91 \times 10^{-4} \\ &= 1232.316 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{พราวกันจำนวน, } Pr &= C_p \mu / k \\ &= (4.175 \times 10^3)(7.91 \times 10^{-4}) / 0.621 \\ &= 5.320 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{เกรตกันจำนวน, } Gz &= \frac{Re Pr}{L/D_h} \\ &= (1232.316)(5.320) / 10 \\ &= 656.308 \end{aligned}$$

จากสมการ (28),

$$\begin{aligned}
 \text{นัสเซิลท์นัมเบอร์เฉลี่ย, } Nu_m &= \frac{1}{4} \frac{VD_h^2 (t_f - t_o)}{\alpha L \Delta t} \\
 &= \frac{(5.068 \times 10^{-4})(0.193)(32.0 - 29.4)}{4(1.494 \times 10^{-7})(0.193)(20.484)} \\
 &= 20.826 \\
 B_H &= Gz \cdot \sigma^{1/4} \\
 &= (652.308)^{1/3} \cdot (1/2)^{1/4} \\
 &= 7.308
 \end{aligned}$$

ข. การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับความดันสูญเสียในท่อคอคอดจากส่วนทดสอบเดียวกันนี้, อัตราการไหล $Q = 1.439 \times 10^{-4}$ ม³/วินาที, $T_w = 50$ °C โดยประมาณ

ข้อมูลที่วัดได้

เส้นรอบท่อ, p	=	0.588	ม.
พื้นที่หน้าตัดท่อคอคอด, A	=	2.84×10^{-3}	ม ² .
อุณหภูมิของน้ำ, T_b	=	30.716	°C
h_c	=	0.172	มม. ของน้ำ
h_e	=	-0.077	มม. ของน้ำ
h_f	=	0.105	มม. ของน้ำ
ดังนั้นจาก,	T_b	=	30.716 จะใช้คุณสมบัติของน้ำดังนี้
	v	=	7.949×10^{-7} ม/วินาที
	ρ	=	995.1 กก./ม ³
	D_h	=	$4A/p$
		=	$4(2.84 \times 10^{-3})/0.588$
		=	0.01932 ม.
	V	=	Q/A
		=	$1.439 \times 10^{-4} / 2.84 \times 10^{-3}$

$$\begin{aligned}
 &= 5.068 \times 10^{-2} \text{ ม/วินาที} \\
 \text{Re} &= VD_h/\nu \\
 &= (5.068 \times 10^{-2})(0.01932)/7.949 \times 10^{-7} \\
 &= 1232
 \end{aligned}$$

จากสมการ (2.23), (2.24) และ (2.15) จะได้ว่า

$$\begin{aligned}
 K_c &= \frac{(0.172 \times 10^{-3})(2)(9.806) - 1 + (0.5)^2}{(5.068 \times 10^{-2})^2} \\
 &= 0.563
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_e &= \frac{(-0.077 \times 10^{-3})(2)(9.806) + 1 - (0.5)^2}{(5.068 \times 10^{-2})^2} \\
 &= 0.162
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{(0.105 \times 10^{-3})(2)(9.806)}{4(10)(5.068 \times 10^{-2})^2} \\
 &= 0.020
 \end{aligned}$$

และ

$$\begin{aligned}
 B_F &= (1231.856/10)^{1/3} \cdot (0.5)^{1/4} \\
 &= 4.184
 \end{aligned}$$

จากกราฟ 4.30 ข, $K_c = 0.66$, $K_e = 0.095$

ขณะที่

$$\begin{aligned}
 f &= 24/\text{Re} \\
 &= 0.0195
 \end{aligned}$$

จากสมการ (4.9), (4.10) และ (4.11) ตามลำดับจะได้

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0.563/0.66 \\
 &= 0.853
 \end{aligned}$$

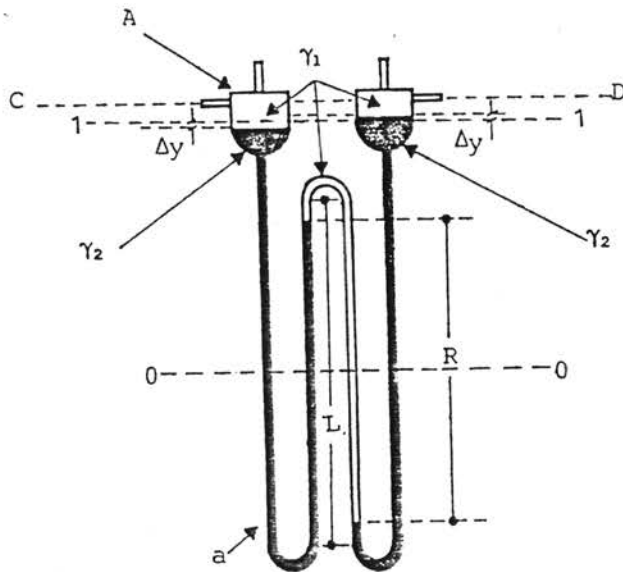
$$\begin{aligned}
 C_e &= 0.162/0.095 \\
 &= 1.705
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_f &= 0.020/0.0195 \\
 &= 1.026
 \end{aligned}$$

หมายเหตุ ค่าคุณสมบัติของน้ำได้จากรายของเอกสารอ้างอิง [11] และในการคำนวณค่าต่าง ๆ ใช้คอมพิวเตอร์คำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปมัลติแพลน

ผนวก ค.
ไมโครมานิเตอร์. [14]

รูปที่ ไมโครมานิเตอร์



$$a/A = d^2 / D^2 = (0.35/4.5)^2 = 0.006$$

$$\gamma_1 = \gamma_3 \text{ ของน้ำ}$$

$$\gamma_2 \text{ ของ aniline (s.g. = 1.022)}$$

$$L = 80 \text{ cm.}$$

ทำด้วยหลอดแก้วรูปตัว U สองหลอดบรรจุน้ำภายในหลอดแก้ว อยู่ระดับ 0-0 aniline บรรจุภายในกระเปาะใหญ่ทั้งสองข้างอยู่ระดับ 1-1 และส่วนบนของกระเปาะ บรรจุน้ำเต็ม ระดับความแตกต่างของน้ำใน จะเป็นตัวชี้ผลต่างความดันดังนี้

$$y_A = aR/2$$

ซึ่ง A และ a คือพื้นที่หน้าตัดของกระเปาะและหลอดแก้วรูปตัว U ตามลำดับ พิจารณาเริ่มที่จุด C จะได้สมการของมานิเตอร์ดังต่อไปนี้

$$P_C + (k_1 + y)\gamma_1 + (k_2 - y - R/2)\gamma_2 + R\gamma_2 - (k_2 + y + R/2)\gamma_2 - (k_1 - y)\gamma_1 = P_D$$

γ_1, γ_2 และ γ_3 คือน้ำหนักจำเพาะของของเหลวทั้งรูปข้างบน จากสมการข้างบนจะได้

$$P_C - P_D = R [\gamma_3 - a/A \gamma_1 - \gamma_2 (1 + a/A)] \dots \dots \dots (1)$$

$$\gamma_1 = \gamma_3$$

$$\text{จาก (1) } P_c - \gamma_s = R(\gamma_1 - \gamma_2) (1 + a/A)$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } P_c - P_d &= 5.0 (-0.022)(1.006) \times 10^{-3} \\ &= -1.1066 \times 10^{-4} \text{ กก./ซม}^2 \end{aligned}$$

$$\text{หรือ } h_c - h_d = -0.11066 \text{ ซม. ของน้ำ}$$

อัตราการขยายประมาณ 45 เท่า คือ $5.0 / 0.11066 = 45.2$
 และมีสเกลอ่านไคละเอียก 1.0 มม. ซึ่งจะเป็นความแตกต่างของความค้ำจริง 0.022
 มม. ของน้ำ

ประวัติการศึกษา

ชื่อ	เรืออากาศโท สุทิน ยาวะโนภาส
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเครื่องกล
สถานศึกษา	โรงเรียนนายเรืออากาศ
ปีที่สำเร็จ	2523

