



ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยพระเชตุвр



ภาคผนวก ก.
โปรแกรมจำลอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ลำดับสัญลักษณ์ในโปรแกรม

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
num	จำนวนท่อ	ท่อ
Lamda	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของทองแดง	W/m.K
Ts	อุณหภูมิผิวส่วนควบแน่น	°C
Tair	อุณหภูมิบรรยากาศ	°C
g	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง	m ² /s
Q23	ความร้อนของข้าวเปลือกในชั่วโมงที่ผ่านมา	kW
Tb1	อุณหภูมิของข้าวเปลือกในชั่วโมงที่ผ่านมา	°C
V11	ปริมาตรเนื่องจากอัตราการเติมสาร	m ³
V12	ปริมาตรเนื่องจากความยาวส่วนควบแน่นและส่วนทำระเหย	m ³
Taver	อุณหภูมิเฉลี่ย	°C
Ba	สัมประสิทธิ์การขยายตัวของอากาศ	K ⁻¹
va	ปริมาตรจำเพาะของอากาศ	m ² /s
Ka	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศ	W/m.K
Ala	ความสามารถในการนำความร้อน	m ² /s
Pra	ความดันวิกฤต	
Nump	ตัวเลขนัยสำคัญของแผ่นเรียบ	-
Numc	ตัวเลขนัยสำคัญของทรงกระบอก	-
hm	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน	W/m ² .K
Qloss	ความร้อนเนื่องจากส่วนควบแน่น	kW
Tv	อุณหภูมิไอ	K
vf	ปริมาตรจำเพาะของของเหลว	m ² /s
Pv	ตัวเลขพลังค์เทิล	-
vg	ปริมาตรจำเพาะของก๊าซ	m ² /s
hfg	ความร้อนแฝง	J/kg
Mf	ความหนืด	N.s/ m ²
Kf	สภาพการนำความร้อน	W/m.K
zixf	ความตึงผิว	N/m

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
den	ความหนาแน่นของสารทำงาน	Kg/m^3
Pp	ความดันที่แอ่งเดือด	Pa
Tp	อุณหภูมิที่แอ่งเดือด	$^{\circ}\text{C}$
DeltaT2	ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแหล่งกำเนิดความร้อนกับแหล่งระบายความร้อน	$^{\circ}\text{C}$
Q2	ความร้อนที่เทอร์โมไซฟอน	kW
Ref	ตัวเลขเรย์โนลด์ส์ของผิวท่อ	-
Pa	ความดันบรรยากาศ	Pa
Ax	พื้นที่หน้าตัดของส่วนที่เป็นเนื้อทองแดง	m^2
Qnew	ความร้อนที่เทอร์โมไซฟอนระบายออกได้	kW
term	ฟังก์ชันของเวลา	-
DeltaT	ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแหล่งกำเนิดความร้อนกับแหล่งระบายความร้อน	$^{\circ}\text{C}$
Tbnew	อุณหภูมิของข้าวเปลือก	$^{\circ}\text{C}$

```

clear
%Do = input('outside diameter : ');
%Di = input('inside diameter : ');
%Number = input('จำนวนท่อ:'); %Le = input('ความยาวท่อส่วนที่ระเหย:');
%Lc = input('ความยาวท่อส่วนควบแน่น:');

Do = 0.021;
Di = 0.0155;
num = 160;
Le = 1;
Lc = 2;
Tb = 28;
Ta = 27;
Mw = 0.135;
Cp = 1.37;
m = 1000;
Lamda = 401;
Ts = 273.15+27.5;
Tair = 273.15+27;
g = 9.81;
F = 0.5;
Q23=0;
Tb1=28;
Vl1=F*(pi*((Do^2)-(Di^2))/4)*Le;
Vl2=0.001*Do*(Le+Lc);
if Vl1>= Vl2
for ttt= 1:1:300
Taver = (Ts+Tair)/2;
x =[ 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 750 800 850 900 950 1000 1100 1200
1300 1400 1500 1600 1700 1800 1900 2000 2100 2200 2300 2400 2500 3000 ];
v =[ 2.00 4.426 7.590 11.44 15.89 20.92 26.41 32.39 38.79 45.57 52.69 60.21 68.10 76.37 84.93 93.80 102.9 112.2 121.9 141.8 162.9
185.1 213 240 268 298 329 362 396 431 468 506 547 589 841 ];
k =[ 9.34 13.8 18.1 22.3 26.3 30.0 33.8 37.3 40.7 43.9 46.9 49.7 52.4 54.9 57.3 59.6 62.0 64.3 66.7 71.5 76.3
82 91 100 106 113 120 128 137 147 160 175 196 222 486 ];
alf= [ 2.54 5.84 10.3 15.9 22.5 29.9 38.3 47.2 56.7 66.7 76.9 87.3 98.0 109 120 131 143 155 168 195
224 238 303 350 390 435 482 534 589 646 714 783 869 960 1570 ];
Pr = [ 0.786 0.758 0.737 0.720 0.707 0.700 0.690 0.686 0.684 0.683 0.685 0.690 0.695 0.702 0.709 0.716 0.720 0.723 0.726 0.728
0.728 0.719 0.703 0.685 0.688 0.685 0.683 0.677 0.672 0.667 0.655 0.647 0.630 0.613 0.536 ];
Ba = 1/Taver;
Va = interp1(x, v, Taver);
Ka = interp1(x, k, Taver);
Ala = interp1(x, alf, Taver);
Pra = interp1(x, Pr, Taver);
Grl1=(g*Ba*Lc^3*(Ts-Tair))/(Va*10^-6)^2;
Grl2=Grl1^(1/4);
O1=Do/Le;
O2=35/Grl2;
Nump = (0.825+(0.387*(Grl1*Pra)^(1/6))/(1+(0.492/Pra)^(9/16))^(8/27))^2;
S = (Lc/Do)/(Grl1*Pra)^(1/4);

```

```

Numc = Nump*(1+(1.3*S^0.9));
  if S >= 0.024
    Numc = Nump*(1+(1.3*S^0.9));
  else
    Numc = (Nump*(1+(1.3*S^0.9)))*0.94;
  end
hm = (Numc*Ka*10^-3)/Lc;
Qloss = pi*Do*Lc*hm*(Ts-Tair);
Zz=[log(Do/Di)]/[2*3.14*Le*Lamda];
Z8=[log(Do/Di)]/[2*3.14*Le*Lamda];
Sco = 3.14*Do*Lc;
Z9=1/(hm*Sco);
Z = (Zz+ Z8+ Z9);
Tv = (Ta+273.15)+((Z8+Z9)/Z) * ((Tb+273.15)-(Ta+273.15));
x1=[ 273.15 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320
325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 373.15 375
380 385 390 400 410 420 430 440 450 460 470
480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580
590 600 610 620 625 630 635 640 645 647.3 ];
vf1=[ 1.000 1.000 1.000 1.000 1.001 1.002 1.003 1.005 1.007 1.009 1.011
1.013 1.016 1.018 1.021 1.024 1.027 1.030 1.034 1.038 1.041 1.044
1.045 1.049 1.053 1.058 1.067 1.077 1.088 1.099 1.110 1.123 1.137
1.152 1.167 1.184 1.203 1.222 1.244 1.268 1.294 1.323 1.355 1.392
1.433 1.482 1.541 1.612 1.705 1.778 1.856 1.935 2.075 2.351 3.170 ];
Pv1=[ .00661 .00697
.00990 .01387 .01917 .02617 .03531 .04712 .06221 .08132 .1053 .1351 .1719
.2167 .2713 .3372 .4163 .5100 .6209 .7514 .9040 1.0133 1.0815 1.2869
1.5233 1.794 2.455 3.302 4.370 5.699 7.333 9.319 11.71 14.55 17.90
21.83 26.40 31.66 37.70 44.58 52.38 61.19 71.08 82.16 94.51 108.3
123.5 137.3 159.12 169.1 179.7 190.9 202.9 215.2 221.2 ];
vg1=
[ 206.3 181.7 130.4 99.4 69.7 51.94 39.13 29.74 22.93 17.82 13.98
11.06 8.82 7.09 5.74 4.683 3.846 3.180 2.645 2.212 1.861 1.679
1.574 1.337 1.142 0.980 .731 .553 .425 .331 .261 .208 .167
.136 .111 .0922 .0766 .0631 .0525 .0445 .0375 .0317 .0269 .0228
.0193 .0163 .0137 .0115 .0094 .0085 .0075 .0066 .0057 .0045 .0032 ];
hfg1=[ 2502 2497 2485 2473 2461 2449 2438 2426 2414 2402 2390
2378 2366 2354 2342 2329 2317 2304 2291 2278 2265 2257 2252
2239 2225 2212 2183 2153 2123 2091 2059 2024 1989 1951 1912
1870 1825 1779 1730 1679 1622 1564 1499 1429 1353 1274 1176
1068 941 858 781 683 560 361 0 ];
Mf1=
[ 1750 1652 1422 1225 1080 959 855 769 695 631 577
528 489 453 420 389 365 343 324 306 298 279
274 260 248 237 217 200 185 173 162 152 143
136 129 124 118 113 108 104 101 97 94 91
88 84 81 77 72 70 67 64 59 54 45 ];
Kf1=
[ 569 574 582 590 598 606 613 620 628 634 640

```

```

645    650    656    660    668    668    671    674    677    679    680
681    683    685    686    688    688    688    685    682    678    673
667    660    651    642    631    621    608    594    580    563    548
528    513    497    467    444    430    412    392    367    331    238 ];
zixfi=[
75.5    75.3    74.8    74.3    73.7    72.7    71.7    70.9    70.0    69.2    68.3
67.5    66.6    65.8    64.9    64.1    63.2    62.3    61.4    60.5    59.5    58.9
58.6    57.6    56.6    55.6    53.6    51.5    49.4    47.2    45.1    42.9    40.7
38.5    36.2    33.9    31.6    29.3    26.9    24.5    22.1    19.7    17.3    15.0
12.8    10.5    8.4    6.3    4.5    3.5    2.6    1.5    .8    .1    .0 ];
vf = (interp(x1, vf1, Tv))*10^-3;
Pv = (interp(x1, Pv1, Tv))*10^5;
vg = interp(x1, vgl, Tv);
hfg = (interp(x1, hfg1, Tv))*10^3;
Mf = (interp(x1, Mf1, Tv))*10^-6;
Kf = (interp(x1, Kf1, Tv))*10^-3;
zixf = (interp(x1, zixf1, Tv))*10^-3;
den = (1/vf);
F = 0.5;
Pp = Pv + den*g*F*Le*sin(pi/2);
Pp1=[ 611    697    990    1387    1917    2617    3531    4712    6221    8132
10530    13510    17190    21670    27130    33720    41630    51000    62090    75140    90400
101330    108150    128690    152330    179400    245500 ];
Tp1=[ 273.15    275    280    285    290    295    300    305    310    315
320    325    330    335    340    345    350    355    360    365    370
373.15    375    380    385    390    400 ];
Tp = interp(Pp1, Tp1, Pp);
DeltaT2=(Tb+273.15)-(Ta+273.15);
Q2=DeltaT2/Z;
C = 0.235;
Fee2=(hfg*(Kf^3)*((den^2)*Mf))^0.25;
Z3f = (Q2^(1/3)*C) / (Di^(4/3)*g^(1/3)*Le * Fee2^(4/3));
Ref = 4*Q2*(hfg*Mf*pi*Di);
if Ref <= 1300
    Z7=(Q2^(1/3)*C) / (Di^(4/3)*g^(1/3)*Lc * Fee2^(4/3));
else
    Z7=((Q2^(1/3)*C) / (Di^(4/3)*g^(1/3)*Lc * Fee2^(4/3)))*191*(Ref^-0.733);
end
Pa = 1.013*(10^5);
Fee3=63*(Pv/Pa)^.23;
Z3p = 1/((Fee3*(g^0.2))*Q2^0.4*(pi*Di*Le)^0.6);
if Z3p < Z3f
    Z3=Z3p;
else
    Z3=(Z3p*F) + (Z3f*(1-F));
end
Ax = pi*((Do^2)-(Di^2))/4;
Z10=((0.5*Le)+(0.5*Lc))/(Ax*Lamda);
if (Z10/(Z2+Z3+Z7+Z8))>20

```

```

Zt = Z2+Z3+Z7+Z8+Z9;
else
Zt = Z1+(((Z2+Z3+Z7+Z8)^-1)+(1/Z10))^-1+Z9;
end
Qnew = DeltaT2/Zt;
save Qnew

while abs(Qnew-Qloss) > 0.01
    Taver = (Ts+Tair)/2;
    x = [ 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 750 800 850 900 950
1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600 1700 1800 1900 2000 2100 2200 2300 2400 2500 3000 ];
    v = [ 2.00 4.426 7.590 11.44 15.89 20.92 26.41 32.39 38.79 45.57 52.69 60.21 68.10 76.37 84.93 93.80 102.9 112.2
121.9 141.8 162.9 185.1 213 240 268 298 329 362 396 431 468 506 547 589 841 ];
    k = [ 9.34 13.8 18.1 22.3 26.3 30.0 33.8 37.3 40.7 43.9 46.9 49.7 52.4 54.9 57.3 59.6 62.0 64.3
66.7 71.5 76.3 82 91 100 106 113 120 128 137 147 160 175 196 222 486 ];
    alf= [ 2.54 5.84 10.3 15.9 22.5 29.9 38.3 47.2 56.7 66.7 76.9 87.3 98.0 109 120 131 143
155 168 195 224 238 303 350 390 435 482 534 589 646 714 783 869 960 1570 ];
    Pr = [ 0.786 0.758 0.737 0.720 0.707 0.700 0.690 0.686 0.684 0.683 0.685 0.690 0.695 0.702 0.709 0.716 0.720
0.723 0.726 0.728 0.728 0.719 0.703 0.685 0.688 0.685 0.683 0.677 0.672 0.667 0.655 0.647 0.630 0.613 0.536 ];
    Ba = 1/Taver;
    Va = interp(x, v, Taver);
    Ka = interp(x, k, Taver);
    Ala = interp(x, alf, Taver);
    Pra = interp(x, Pr, Taver);
    Grl1=(g*Ba*Lc^3*(Ts-Tair))/(Va*10^-6)^2;
    Grl2=Grl1^(1/4);
    O1=Do/Le;
    O2=35/Grl2;
    Nump = (0.825+(0.387*(Grl1*Pra)^(1/6))/(1+(0.492/Pra)^(9/16))^(8/27))^2;
    S = (Lc/Do)/(Grl1*Pra)^(1/4);
    Numc = Nump*(1+(1.3*S^0.9));
    if S >= 0.024
        Numc = Nump*(1+(1.3*S^0.9));
    else
        Numc = (Nump*(1+(1.3*S^0.9)))*0.94;
    end
    hm = (Numc*Ka*10^-3)/Lc;
    Qloss = pi*Do*Lc*hm*(Ts-Tair);

    Z2=[log(Do/Di)]/[2*3.14*Le*Lamda];
    Z8=[log(Do/Di)]/[2*3.14*Le*Lamda];
    Sco = 3.14*Do*Lc;
    Z9=1/(hm*Sco);
    Z = (Z2+ Z8 + Z9);
    Tv = (Ta+273.15)+((Z8+Z9)/Z) * ((Tb+273.15)-(Ta+273.15));
    x1=[ 273.15 275 280 285 290 295 300 305 310 315
320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370
373.15 375 380 385 390 400 410 420 430 440 450
460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560

```



```

570      580      590      600      610      620      625      630      635      640      645
647.3 ];
      vf1=[ 1.000      1.000      1.000      1.000 1.001      1.002      1.003      1.005      1.007
1.009      1.011      1.013      1.016      1.018      1.021      1.024      1.027      1.030      1.034      1.038
1.041      1.044      1.045      1.049      1.053      1.058      1.067      1.077      1.088      1.099      1.110
1.123      1.137      1.152      1.167      1.184      1.203      1.222      1.244      1.268      1.294      1.323
1.355      1.392      1.433      1.482      1.541      1.612      1.705      1.778      1.856      1.935      2.075
2.351      3.170 ];
      Pv1=[ .00661      .00697      .00990      .01387      .01917      .02617      .03531      .04712      .06221
.08132      .1053      .1351      .1719      .2167      .2713      .3372      .4163      .5100      .6209      .7514
.9040      1.0133      1.0815      1.2869      1.5233      1.794      2.455      3.302      4.370      5.699      7.333
9.319      11.71      14.55      17.90      21.83      26.40      31.66      37.70      44.58      52.38      61.19
71.08      82.16      94.51      108.3      123.5      137.3      159.12      169.1      179.7      190.9
202.9      215.2      221.2 ];
      vg1=[ 206.3      181.7      130.4      99.4      69.7      51.94      39.13      29.74      22.93
17.82      13.98      11.06      8.82      7.09      5.74      4.683      3.846      3.180      2.645      2.212
1.861      1.679      1.574      1.337      1.142      0.980      .731      .553      .425      .331      .261
.208      .167      .136      .111      .0922      .0766 .0631      .0525      .0445      .0375      .0317
.0269      .0228      .0193      .0163      .0137      .0115      .0094      .0085      .0075      .0066      .0057
.0045      .0032 ];
      hfg1=[ 2502      2497      2485      2473      2461      2449      2438      2426      2414
2402      2390      2378      2366      2354      2342      2329      2317      2304      2291      2278
2265      2257      2252      2239      2225      2212      2183      2153      2123      2091      2059
2024      1989      1951      1912      1870      1825      1779      1730      1679      1622      1564
1499      1429      1353      1274      1176      1068      941      858      781      683      560
361      0 ];
      Mf1=[ 1750      1652      1422      1225      1080      959      855      769      695
631      577      528      489      453      420      389      365      343      324      306
298      279      274      260      248      237      217      200      185      173      162
152      143      136      129      124      118      113      108      104      101      97
94      91      88      84      81      77      72      70      67      64      59
54      45 ];
      Kf1=[ 569      574      582      590      598      606      613      620      628
634      640      645      650      656      660      668      668      671      674      677
679      680      681      683      685      686      688      688      688      685      682
678      673      667      660      651      642      631      621      608      594      580
563      548      528      513      497      467      444      430      412      392      367
331      238 ];
      zixf1=[ 75.5      75.3      74.8      74.3      73.7      72.7      71.7      70.9      70.0
69.2      68.3      67.5      66.6      65.8      64.9      64.1      63.2      62.3      61.4      60.5
59.5      58.9      58.6      57.6      56.6      55.6      53.6      51.5      49.4      47.2      45.1
42.9      40.7      38.5      36.2      33.9      31.6      29.3      26.9      24.5      22.1      19.7
17.3      15.0      12.8      10.5      8.4      6.3      4.5      3.5      2.6      1.5      .8
.1      .0 ];
      vf = (interp(x1, vf1, Tv)) * 10^-3;
      Pv = (interp(x1, Pv1, Tv)) * 10^5;
      vg = interp(x1, vg1, Tv);
      hfg = (interp(x1, hfg1, Tv)) * 10^3;

```

```

Mf = (interp(x1, Mf1, Tv))*10^-6;
Kf = (interp(x1, Kf1, Tv))*10^-3;
zixf = (interp(x1, zixf1, Tv))*10^-3;
den = (1/vf);
Pp = Pv + den*g*F*Le*sin(pi/2);
Pp1=[ 611      697      990      1387      1917      2617      3531      4712
6221      8132      10530      13510      17190      21670      27130      33720      41630      51000      62090
75140      90400      101330      108150      128690      152330      179400      245500      ];
Tp1=[ 273.15      275      280      285      290      295      300      305
310      315      320      325      330      335      340      345      350      355      360
365      370      373.15      375      380      385      390      400      ];
Tp = interp(Pp1, Tp1, Pp);
DeltaT2=(Tb+273.15)-(Ta+273.15);
Q2=DeltaT2/Z;
C = 0.235;
Fee2=(hfg*(Kf^3)*(den^2)/Mf) ^0.25;
Z3f = (Q2^(1/3)*C) / (Di^(4/3)*g^(1/3)*Le * Fee2^(4/3));
Ref = 4*Q2(hfg*Mf*pi*Di);
    if Ref <= 1300
Z7=(Q2^(1/3)*C) / (Di^(4/3)*g^(1/3)*Lc * Fee2^(4/3));
    else
        Z7=((Q2^(1/3)*C) / (Di^(4/3)*g^(1/3)*Lc * Fee2^(4/3)))*191*(Ref^-0.733);
    end
Pa = 1.013*10^5;
Fee3=63*(Pv/Pa)^.23;
Z3p = 1/((Fee3*(g^0.2))*(Q2^0.4)*(pi*Di*Le)^0.6);
    if Z3p < Z3f
Z3=Z3p;
    else
Z3=(Z3p*F) + (Z3f*(1-F));
    end
Ax = pi*((Do^2)-(Di^2))/4;
Z10=((0.5*Le)+(0.5*Lc)) / (Ax*Lamda);
    if (Z10/(Z2+Z3+Z7+Z8))>20
Zt = Z2+Z3+Z7+Z8+Z9;
    else
Zt = Z1+(((Z2+Z3+Z7+Z8)^-1)+(1/Z10))^-1+Z9;
    end
Qnew = DeltaT2/Zt;
Ts=Ts+0.01;
if abs(Qnew-Qloss) > 0.01
    Ts=Ts;
    if (Tb1-(Ts-273.15))> 0.5
        Qnew = 0;
    else
        Qnew = Qloss;
    end
end
end
term = (ttt/1000)^(0.654)*(0.000914)*exp(0.03756*(1.8*(28-28)))*exp(33.61*(Mw-0.14));

```

```
dml = 1-exp(-term);
DeltaT = 15778*dml/Cp;
Qpaddy = (m*Cp*DeltaT);
Tbnew = (((Qpaddy-Q23)-(num*Qnew))/m*Cp)+Tb1;
To1 = Tbnew - (Ts-273.15);
To2 = (Ts-273.15) - Ta;
if To1 > To2
    Tbnew = (((Qpaddy-Q23)-(num*Qnew))/m*Cp)+Tb1;
elseif To1 <= To2
    ber = (Qpaddy - Q23)/m*Cp;
    Tbnew = ber + Tb1;
end
end
Q23 = Qpaddy;
Tb1 = Tbnew;
disp([Qnew Q23 (Ts-273.15) Tbnew])
end
end
```





ภาคผนวก ข.

ตารางคุณสมบัติ

มหาวิทยาลัยพระนคร

ตาราง ข.1 แสดงคุณสมบัติของอากาศ

TABLE A.4 Thermophysical Properties
of Gases at Atmospheric Pressure^a

T (K)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg · K)	$\mu \cdot 10^7$ (N · s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (m ² /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m · K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	Pr
Air							
100	3.5562	1.032	71.1	2.00	9.34	2.54	0.786
150	2.3364	1.012	103.4	4.426	13.8	5.84	0.758
200	1.7458	1.007	132.5	7.590	18.1	10.3	0.737
250	1.3947	1.006	159.6	11.44	22.3	15.9	0.720
300	1.1614	1.007	184.6	15.89	26.3	22.5	0.707
350	0.9950	1.009	208.2	20.92	30.0	29.9	0.700
400	0.8711	1.014	230.1	26.41	33.8	38.3	0.690
450	0.7740	1.021	250.7	32.39	37.3	47.2	0.686
500	0.6964	1.030	270.1	38.79	40.7	56.7	0.684
550	0.6329	1.040	288.4	45.57	43.9	66.7	0.683
600	0.5804	1.051	305.8	52.69	46.9	76.9	0.685
650	0.5356	1.063	322.5	60.21	49.7	87.3	0.690
700	0.4975	1.075	338.8	68.10	52.4	98.0	0.695
750	0.4643	1.087	354.6	76.37	54.9	109	0.702
800	0.4354	1.099	369.8	84.93	57.3	120	0.709
850	0.4097	1.110	384.3	93.80	59.6	131	0.716
900	0.3868	1.121	398.1	102.9	62.0	143	0.720
950	0.3666	1.131	411.3	112.2	64.3	155	0.723
1000	0.3482	1.141	424.4	121.9	66.7	168	0.726
1100	0.3166	1.159	449.0	141.8	71.5	195	0.728
1200	0.2902	1.175	473.0	162.9	76.3	224	0.728
1300	0.2679	1.189	496.0	185.1	82	238	0.719
1400	0.2488	1.207	530	213	91	303	0.703
1500	0.2322	1.230	557	240	100	350	0.685
1600	0.2177	1.248	584	268	106	390	0.688
1700	0.2049	1.267	611	298	113	435	0.685
1800	0.1935	1.286	637	329	120	482	0.683
1900	0.1833	1.307	663	362	128	534	0.677
2000	0.1741	1.337	689	396	137	589	0.672
2100	0.1658	1.372	715	431	147	646	0.667
2200	0.1582	1.417	740	468	160	714	0.655
2300	0.1513	1.478	766	506	175	783	0.647
2400	0.1448	1.558	792	547	196	869	0.630
2500	0.1389	1.665	818	589	222	960	0.613
3000	0.1135	2.726	955	841	486	1570	0.536

ตาราง ข.2 แสดงคุณสมบัติของ R 134 a

Temp C	Pressure Mpa	Density		Enthalpy		Entropy		Specific Heat C_p			Velocity of Sound		Viscosity		Thermal Cond		Surface Tensio mN/m
		Liquid (kg/m ³)	Vapor (m ³ /kg)	Liquid kJ/kg	Vapor kJ/kg	Liquid kJ/(kg.K)	Vapor kJ/(kg.K)	Liquid kJ/(kg.K)	Vapor kJ/(kg.K)	C_p/C_v	Liquid m/s	Vapor m/s	Liquid μPa.s	Vapor μPa.s	Liquid mW/(m.K)	Vapor mW/(m.K)	
-103.3	0.00039	1591.2	35.263	71.89	335.07	0.4143	1.9638	1.147	0.585	1.163	1135	127	2186.6	6.63			28.1
-100	0.00056	1581.9	25.039	75.71	337	0.4366	1.9456	1.168	0.592	1.161	1111	128	1958.2	6.76			27.5
-90	0.00153	1553.9	9.7191	87.59	342.94	0.5032	1.8975	1.201	0.614	1.155	1051	131	1445.6	7.16			25.8
-80	0.00369	1526.2	4.2504	99.65	349.03	0.5674	1.8585	1.211	0.637	1.151	999	134	1109.9	7.57			24.1
-70	0.00801	1498.6	2.0528	111.78	355.23	0.6286	1.8269	1.215	0.66	1.148	951	137	879.6	7.97	125.8		22.4
-60	0.01594	1471	1.077	123.96	361.51	0.6871	1.8016	1.22	0.685	1.146	904	139	715.4	8.38	121.1		20.8
-50	0.029448	1443.1	0.6056	136.21	367.83	0.7432	1.7812	1.229	0.712	1.146	858	142	594.3	8.79	116.5	7.12	19.2
-40	0.05122	1414.8	0.36095	148.57	374.16	0.7973	1.7649	1.243	0.74	1.148	812	144	502.2	9.2	111.9	8.19	17.6
-30	0.08436	1385.9	0.22596	161.1	380.45	0.8498	1.7519	1.26	0.771	1.152	765	145	430.4	9.62	107.3	9.16	16.1
-28	0.09268	1380	0.20682	163.62	381.7	0.8601	1.7497	1.264	0.778	1.153	756	145	418	9.71	106.3	9.35	15.8
-26.07	0.10132	1374.3	0.19016	166.07	382.9	0.8701	1.7476	1.268	0.784	1.154	747	146	406.4	9.79	105.4	9.52	15.54
-26	0.10164	1374.1	0.18961	166.16	382.94	0.8704	1.7476	1.268	0.785	1.154	747	146	406	9.79	105.4	9.53	15.53
-24	0.11127	1368.2	0.1741	168.71	384.19	0.8806	1.7455	1.273	0.791	1.155	738	146	394.6	9.88	104.5	9.71	15.22
-22	0.1216	1362.2	0.1601	171.26	385.43	0.8908	1.7436	1.277	0.798	1.156	728	146	383.6	9.96	103.6	9.89	14.9
-20	0.13268	1356.2	0.14744	173.82	386.66	0.9009	1.7417	1.282	0.805	1.157	719	146	373.1	10.05	102.6	10.07	14.6
-18	0.14454	1350.2	0.13597	176.39	387.89	0.911	1.7399	1.286	0.812	1.159	710	146	363	10.14	101.7	10.24	14.3
-16	0.15721	1344.1	0.12556	178.97	389.11	0.9211	1.7383	1.291	0.82	1.16	700	147	353	10.22	100.8	10.42	14.04
-14	0.17074	1338	0.1161	181.56	390.33	0.9311	1.7367	1.296	0.827	1.162	691	147	344	10.31	99.9	10.59	13.74
-12	0.18516	1331.8	0.10749	184.16	391.55	0.941	1.7351	1.301	0.835	1.164	682	147	335	10.4	99	10.59	13.4
-10	0.20052	1325.6	0.09963	186.78	392.75	0.9509	1.7337	1.306	0.842	1.166	672	147	326.3	10.49	98	10.93	13.1
-8	0.21684	1319.3	0.09246	189.4	393.95	0.9608	1.7323	1.312	0.85	1.168	663	147	318	10.58	97.1	11.1	12.8
-6	0.23418	1313	0.08591	192.03	395.15	0.9707	1.731	1.317	0.858	1.17	654	147	309.9	10.67	96.2	11.28	12.5
-4	0.25257	1306.6	0.07991	194.68	396.33	0.9805	1.7297	1.323	0.866	1.172	644	147	302.2	10.76	95.3	11.45	12.25
-2	0.27206	1300.2	0.0744	197.33	397.51	0.9903	1.7285	1.329	0.875	1.175	635	147	294.7	10.85	94.3	11.62	12
0	0.29269	1293.7	0.06935	200	398.68	1	1.7274	1.335	0.883	1.178	626	147	287.4	10.94	93.4	11.79	11.71
2	0.3145	1287.1	0.0647	202.68	399.84	1.0097	1.7263	1.341	0.892	1.18	616	147	280.4	11.03	92.5	11.96	11.4
4	0.33755	1280.5	0.06042	205.37	401	1.0194	1.7252	1.347	0.901	1.183	607	147	273.6	11.13	91.6	12.13	11.14
6	0.36186	1273.8	0.05648	208.08	402.14	1.0291	1.7242	1.353	0.91	1.187	598	147	267	11.22	90.7	12.31	10.8
8	0.38746	1267	0.05284	210.8	403.27	1.0387	1.7233	1.36	0.92	1.19	588	147	260	11.32	89.7	12.48	10.5
10	0.41449	1260.2	0.04948	213.53	404.4	1.0493	1.7224	1.367	0.93	1.193	579	146	254.3	11.42	88.8	12.66	10.2
12	0.44289	1253.3	0.04636	216.27	405.51	1.0579	1.7215	1.374	0.939	1.197	569	146	248.3	11.52	87.9	12.84	10.0
14	0.47276	1246.3	0.04348	219.03	406.61	1.0674	1.7207	1.381	0.95	1.201	560	146	242.5	11.62	87	13.02	9.74
16	0.50413	1239.3	0.04081	221.8	407.7	1.077	1.7199	1.388	0.96	1.206	550	146	236.8	11.72	86	13.2	9.4
18	0.53706	1232.1	0.03833	224.59	408.78	1.0865	1.7191	1.396	0.971	1.21	541	146	231.2	11.82	85.1	13.39	9.15
20	0.57159	1224.9	0.03603	227.4	409.84	1.096	1.7183	1.404	0.982	1.215	532	145	225.8	11.92	84.2	13.57	8.9
22	0.60777	1217.5	0.03388	230.21	410.89	1.1055	1.7176	1.412	0.994	1.22	522	145	220.8	12.03	83.3	13.76	9.6
24	0.64566	1210.1	0.03189	233.05	411.93	1.1149	1.7169	1.42	1.006	1.226	512	145	215.4	12.14	82.4	13.96	8.3
26	0.68531	1202.6	0.03003	235.9	412.95	1.124	1.7162	1.429	1.018	1.231	503	144	210.4	12.25	81.4	14.15	8.11
28	0.72676	1194.9	0.02829	238.77	413.95	1.1338	1.7155	1.438	1.031	1.238	493	144	205.5	12.36	80.5	14.35	7.84

30	0.77008	1187.2	0.02667	241.65	414.94	1.1432	1.7149	1.447	1.044	1.244	484	143	200.7	12.48	79.6	14.56	7.7
32	0.8153	1179.3	0.02516	244.55	415.9	1.1527	1.7142	1.457	1.058	1.251	474	143	196	12.6	78.7	14.76	7.3
34	0.8625	1171.3	0.02374	247.47	416.85	1.1621	1.7135	1.467	1.073	1.259	465	142	191.4	12.72	77.7	14.97	7.0
36	0.91172	1163.2	0.02241	250.41	417.78	1.1715	1.7129	1.478	1.088	1.267	455	142	186.9	12.84	76.8	15.19	6.7
38	0.9631	1154.9	0.02116	253.37	418.69	1.1809	1.7122	1.489	1.104	1.276	445	141	182.5	12.97	75.9	15.41	7.5
40	1.0165	1146.5	0.01999	256.35	419.58	1.1903	1.7115	1.5	1.12	1.285	436	140	178.2	13.1	75.5	15.64	6.2
42	1.0721	1137.9	0.0189	259.35	420.44	1.1997	1.7108	1.513	1.138	1.295	426	14	174	13.24	74.1	15.86	6.0
44	1.13	1129.2	0.01786	262.38	421.28	1.2091	1.7101	1.525	1.156	1.306	416	139	169.8	13.38	73.1	16.1	5.7
46	1.1901	1120.3	0.01689	265.42	422.09	1.2185	1.7094	1.539	1.175	1.318	407	138	165.7	13.52	72.2	16.34	5.5
48	1.2527	1111.3	0.01598	268.49	422.88	1.2279	1.7086	1.553	1.196	1.331	397	137	161.7	13.67	71.3	16.59	5.2
50	1.3177	1102	0.01511	271.59	423.63	1.2373	1.7078	1.569	1.218	1.345	387	137	157.7	13.83	70.4	16.84	5.0
52	1.3852	1092.6	0.0143	274.71	424.35	1.2468	1.707	1.585	1.241	1.36	377	136	153.8	13.99	69.5	17.1	4.7
54	1.4553	1082.9	0.01353	277.86	425.03	1.2562	1.7061	1.602	1.266	1.377	367	135	149.9	14.16	68.5	17.36	4.5
56	1.528	1073	0.0128	281.04	425.68	1.2657	1.7051	1.621	1.293	1.395	358	134	146.1	14.33	67.6	17.63	4.2
56	1.6033	1062.8	0.01212	284.25	426.29	1.2752	1.7041	1.641	1.322	1.416	348	133	142.3	14.51	66.7	17.91	4.0
60	1.6815	1052.4	0.01146	287.49	426.86	1.2847	1.7031	1.663	1.354	1.438	338	132	138.6	14.71	65.82	18.19	3.8
62	1.7625	1041.7	0.01085	290.77	427.37	1.2943	1.7019	1.686	1.388	1.463	328	132	134.9	14.91	64.9	18.48	3.5
64	1.8464	1030.7	0.01026	294.08	427.84	1.3039	1.7007	1.712	1.426	1.49	318	129	131.2	15.12	63.9	18.78	3.3
66	1.9334	1019.4	0.0097	297.44	428.25	1.3136	1.6993	1.74	1.468	1.522	308	128	127.5	15.35	63	19.09	4.12
68	2.0234	1007.7	0.00917	300.84	428.61	1.3234	1.6979	1.772	1.515	1.557	298	127	123.9	15.59	62.1	19.4	2.85
70	2.1165	995.6	0.00867	304.29	428.89	1.3332	1.6963	1.806	1.567	1.597	287	126	120.3	15.88	61.2	19.72	2.67
72	2.213	983.1	0.00818	307.79	429.1	1.343	1.6945	1.846	1.626	1.642	277	124	116.7	16.12	60.3	20.05	2.46
74	2.3195	970	0.00772	311.034	429.23	1.353	1.6926	1.89	1.693	1.695	267	123	113.1	16.41	59.3	20.39	2.24
76	2.4159	956.5	0.00728	314.96	429.27	1.3631	1.6905	1.941	1.77	1.757	256	121	109.4	16.73	58.4	20.74	2.02
78	2.5227	942.3	0.00686	318.65	429.2	1.3733	1.6881	2	1.861	1.83	246	120	105.8	17.08	57.5	21.09	1.83
80	2.6331	927.4	0.00646	322.41	429.02	1.3837	1.6855	2.069	1.967	1.917	235	118	102.1	17.46	56.6	21.46	1.62
85	2.9259	886.2	0.0055	322.27	427.91	1.4105	1.6775	2.313	2.348	2.231	207	113	92.7	18.59	54.3	22.41	1.15
90	3.2445	836.9	0.00461	343.01	425.48	1.4392	1.6663	2.766	3.064	2.832	178	108	82.6	20.15			0.72
95	3.5916	771.6	0.00374	355.43	420.6	1.472	1.649	3.961	4.942	4.424	145	102	70.9	22.59			0.33
100	3.9721	646.7	0.00265	374.02	407.08	1.5207	1.6093				105	94	53	28.86			0.02
101.03	4.056	513.3	0.00195	389.79	389.79	1.5593	1.5593				0	0					0

ตาราง ข.3 แสดงค่าความจุความร้อนจำเพาะ

Table 3. Dependence of specific heat on moisture content and temperature.

Material	Moisture content (% w.b.)	Temp. range (°C)	Specific heat (kJkg ⁻¹ K ⁻¹)	Equation	Reference
Alfalfa pellets		2 - 110	0.962 - 2.114	$0.941 + 0.01072T$ $T = °C$	Fasina and Sokhansanj (1996)
Apples 'Golden Delicious'	87.3	20 - 50 -30 - -80	3.69 1.95	$3.36 + 0.0075T$ for $-1 < T < 60°C$ $2.18 - 1.48T$ for $-10 < T ≤ -1°C$ $24.4 + 0.791T$ for $-25 < T ≤ -10°C$ $2.89 + 0.0138T$ for $T ≤ -25°C$	Ramaswamy and Tung (1978)
'Granny Smith'	85.8	20 - 50 -30 - -80	3.58 1.68	$3.40 + 0.0049T$ for $-1 < T < 60°C$ $2.65 - 1.42T$ for $-10 < T ≤ -1°C$ $2.49 + 0.760T$ for $-25 < T ≤ -10°C$ $2.50 + 0.0118T$ for $T ≤ -25°C$	Ramaswamy and Tung (1978)
Baked products - bread solids	0	25 - 85		$0.98 + 0.0049T$	Christenson (1989)
Baked products - muffin solids	0	25 - 85		$0.40 + 0.0039T$	Christenson (1989)
Baked products - biscuit solids	0	58 - 85		$0.80 + 0.0030T$	Christenson (1989)
Barley	0 - 15	30 - 95		$1.186 - 0.0128M_w + 23.0 M_w^2$	Otten and Samaan (1980)
Barley var. 'Larker'				$0.8784 + 3.4750M_w$	Rao and Pfof (1980)
Bean	0 - 100	20		$1.430 + 2.757M_w$	Niesteruk (1996)
Beet root	0 - 100	20	1.380 - 1.465	$1.401 + 2.786M_w$	Niesteruk (1996)

Oats				$0.1415 + 12.5604M_w$	Rao and Pfof (1980)
Onion	0 - 100	20	1.382	$1.396 + 2.791M_w$	Niesteruk (1996)
Onion (white) slices	0 - 69.2	20	1.82 - 3.45	$1.840 + 2.34M_w$	Rapusas and Driscoll (1995)
Parsley	0 - 100	20		$1.373 + 2.814M_w$	Niesteruk (1996)
Pea (green)	0 - 100	20	1.234	$1.430 + 2.757M_w$	Niesteruk (1996)
Peanuts				$1.0978 + 4.4799M_w$	Rao and Pfof (1980)
Peas (dry)	0 - 22	30 - 95		$1.241 + 4.19M_w$	Otten and Samaan (1980)
Pigeon pea (Tuvar)				$1.1497 + 2.4283M_w$	Rao and Pfof (1980)
Potato	0 - 100	20	1.256 - 1.424	$1.381 + 2.806M_w$	Niesteruk (1996)
Pumpkin	0 - 100	20		$1.385 + 2.802M_w$	Niesteruk (1996)
Rapeseed				$1.2447 + 3.3076M_w$	Rao and Pfof (1980)
Rough rice (paddy)				$1.1363 + 1.7585M_w$	Rao and Pfof (1980)
Rye	0 - 13	30 - 95		$1.242 + 5.20M_w$	Otten and Samaan (1980)
Rye				$1.0333 + 4.0612M_w$	Rao and Pfof (1980)
Soybeans	0 - 17	30 - 95		$1.296 + 7.50M_w - 16 M_w^2$	Otten and Samaan (1980)
Soybeans				$1.1212 + 2.5539M_w$	Rao and Pfof (1980)
Soymilk (Doko)	2 - 12.4% total solids	25 initial sample temp.		$4.18 + 0.25X_s$	Ogunfunde and Akintoye (1991)
Soymilk (TGX)	2 - 12.4% total solids	25 initial sample temp.		$4.18 + 0.50X_s$	Ogunfunde and Akintoye (1991)
Spinach	0 - 100	20		$1.342 + 2.845M_w$	Niesteruk (1996)



ภาคผนวก ค.

อื่นๆ

มหาวิทยาลัยพระนคร

ตาราง ค. 1 แสดงราคาท่อทองแดงชนิดเส้นตรง

TYPE M	ท่อทองแดงชนิดเส้นตรง ASTM-B88 (ความยาว 6 เมตร)											
SIZE (OD)	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1 1/8"	1 3/8"	1 5/8"	2 1/8"	2 5/8"	3 1/8"	4 1/8"
WALL	.022"	.025"	.028"	.030"	.032"	.035"	.042"	.050"	.060"	.070"	.080"	.095"
PRICE	170	220	320	420	630	900	1,450	2,100	3,160	4,800	6,300	11,600

TYPE L	ท่อทองแดงชนิดเส้นตรง ASTM-B88 (ความยาว 6 เมตร)											
SIZE (OD)	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1 1/8"	1 3/8"	1 5/8"	2 1/8"	2 5/8"	3 1/8"	4 1/8"
WALL	.030"	.035"	.040"	.042"	.045"	.050"	.055"	.060"	.070"	.080"	.090"	.110"
PRICE	280	420	600	770	920	1,300	1,750	2,210	3,500	5,100	6,960	11,920

TYPE K	ท่อทองแดงชนิดเส้นตรง ASTM-B88 (ความยาว 6 เมตร)											
SIZE (OD)	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1 1/8"	1 3/8"	1 5/8"	2 1/8"	2 5/8"	3 1/8"	4 1/8"
WALL	.035"	.049"	.049"	.049"	.065"	.065"	.065"	.072"	.083"	.095"	.109"	.134"
PRICE	400	700	870	1,270	1,580	2,100	2,850	3,650	5,490	9,000	13,200	23,170

ตาราง ค. 2 แสดงช่วงอุณหภูมิการทำงานของสารต่าง ๆ

Working Fluid	Melting Point, K at 1 atm	Boiling Point, K at 1atm	Useful Range, K
helium	1	4.21	2 - (4)
hydrogen	13.8	20.38	14-31
neon	24.4	27.09	27-37
nitrogen	63.1	77.35	70-103
argon	83.9	87.29	84-116
oxigen	54.7	90.18	73-119
methane	90.6	11.4	91-150
krypton	115.8	119.7	116-160
ethane	98.9	184.6	150-240
Freon 22	113.1	232.2	193-297
ammonia	195.5	239.9	213-373
Freon 21	138.1	282	233-360
Freon 11	162.1	296.8	233-393
pentane	143.1	309.2	253-393
Freon 113	236.5	320.8	263-373
acetone	180	329.4	273-393
mathanol	175.1	337.8	283-403
Flutec PP2	223.1	349.1	283-433
ethanol	158.7	351.5	273-403
haptane	182.5	371.5	273-423
water	273.1	373.1	303-473
toluene	178.1	383.7	323-473
Flutec 119	203.1	433.1	273-498
naphthalene	353.4	490	408-478
Dowtherm	285.1	527	423-668
mercury	234.2	630	523-923
sulphur	385.9	717.8	530-947
cesium	301.6	943	723-1173
rubidium	312.7	959.2	800-1275
potassium	336.4	1032	773-1273
sodium	371	1151	873-1473
lithium	453.7	1615	1273-2073
calcium	1112	1762	1400-2100
lead	600.6	2013	1670-220
indium	426.7	2353	2000-3000
silver	1234	2485	2073-2573

ตาราง ก. 3 แสดงปริมาณการทำลายชั้นบรรยากาศของสารทำงานต่าง ๆ

Refrigerants	ODP
R-11	1.0
R-12	1.0
R-22	0.05
R-113	0.8
R-114	1.0
R-123	0.02
R-134a	0.0
R-500	0.74

ตาราง ก. 4 แสดงขนาดของท่อทองแดง

ท่อ	Do (m)	Di (m)
1/8"	0.0103	0.0072
1/4"	0.0137	0.00948
3/8"	0.017	0.0124
1/2"	0.021	0.0155
3/4"	0.02667	0.0202
1"	0.0334	0.02695
1 1/4"	0.0422	0.0347
1 1/2"	0.0483	0.04068
2"	0.0603	0.0523
2 1/2"	0.07303	0.0635
3"	0.0889	0.0777