

А. В. Фафурин, И. Р. Чигвинцева

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА ПИРОЛИЗА ЭТАНА

Ключевые слова: состав, молекулярная масса, давление, плотность смеси, потери.

Приведены математическая модель, алгоритм и программа расчетов величин, определяющих потери давления в печи пиролиза.

Keywords: composition, molecular weight, pressure, density of the mixture, the loss.

A mathematical model, an algorithm and program calculations quantities determining the pressure loss in the pyrolysis furnace.

Под ними мы понимаем величины полного и статического давления и их потери, необходимые на прокачку продуктов химических реакций при движении по длине печи пиролиза. Известно, что перепад давления определяется как [1]

$$\Delta P = \zeta (\rho v^2) / 2g \quad (1)$$

Здесь ζ – суммарный коэффициент сопротивления, ρ – плотность кг/м³, v – скорость – м/с, $g = 9,8$ м/сек². Печь пиролиза [2] представляет собою секцию прямолинейных участков трубы, связанных между собой поворотами.

Коэффициент сопротивления в этом случае равен сумме потерь на линейном участке

$$\lambda = 0,3164 / Re^{0,25} \quad l/D \quad (2)$$

l – прямой участок трубы, D – ее диаметр, Re – число Рейнольдса потока реагирующей смеси

$$Re = 4G / \pi \eta D \mu \quad (3)$$

Поворот потока на 180°, согласно [1] определяется цифрой в зависимости от числа участков.

Вне зависимости от химических реакций, протекающих в печи, расход «G» поддерживается постоянным. В то же время, в силу изменения состава меняется вязкость смеси « μ » и ее плотность « ρ ». Согласно [3] вязкость смеси определяется по зависимости:

$$M_{cm} \rightarrow M_{cm} = (\sum_{i=1}^n g_i / \mu_i)^{-1} \quad (4)$$

μ_i – вязкость конкретного компонента смеси.

Газовая постоянная смеси

$$R_{cm} = \sum_{i=1}^n (848 g_i) / m_i \quad (5)$$

m_i – молекулярная масса i компонента.

Плотность смеси

$$\rho_{cm} = P_{st} * M_{cm} / 848 T \quad (6)$$

Как следует из (4) и (5) для оценки вязкости и плотности необходимо знать состав реагирующей смеси в функции продольной координаты. С этой целью воспользуемся системой уравнений химической кинетики. Применительно к пакету Mathematica запишем процедуру NDSolve в виде:

```
Sol=NDSolve[{c1'[t]=k10[W]*c3[t]*c6[t]+k13[W]*c3[t]^2-k1[W]*c1[t]-k2[W]*c1[t]*c2[t]-k4[W]*c1[t]*c6[t],
c2'[t]=-k12[W]*c2[t]*c3[t]+2*k1[W]*c1[t]-k2[W]*c1[t]*c2[t]-k5[W]*c2[t]*c5[t]-k6[W]*c2[t]*c6[t]-k7[W]*c2[t],
c3'[t]=-k10[W]*c3[t]*c6[t]-2*k11[W]*c3[t]^2-k12[W]*c2[t]*c3[t]-2*k13[W]*c3[t]^2+k2[W]*c1[t]*c2[t]-k3[W]*c3[t]+k4[W]*c1[t]*c6[t],
c4'[t]=k2[W]*c1[t]*c2[t]+k5[W]*c2[t]*c5[t],
c5'[t]=k13[W]*c3[t]^2+k3[W]*c3[t]-5[W]*c2[t]*c5[t],
```

```
c6'[t]=-k10[W]*c3[t]*c6[t]-k14[W]*c6[t]*c11[t]+k3[W]*c3[t]-k4[W]*c1[t]*c6[t]-k6[W]*c2[t]*c6[t]-k8[W]*c6[t]*c10[t]+k9[W]*c8[t],
c7'[t]=k14[W]*c6[t]*c11[t]+k4[W]*c1[t]*c6[t]+k6[W]*c2[t]*c6[t]+k7[W]*c2[t]+k8[W]*c6[t]*c10[t],
c8'[t]=k5[W]*c2[t]*c5[t]-k9[W]*c8[t],
c9'[t]=k9[W]*c8[t],
c10'[t]=k6[W]*c2[t]*c6[t]-k8[W]*c6[t]*c10[t],
c11'[t]=-k14[W]*c6[t]*c11[t]+k7[W]*c2[t]+k8[W]*c6[t]*c10[t],
c12'[t]=k11[W]*c3[t]^2,
c13'[t]=k12[W]*c2[t]*c3[t],
c14'[t]=k14[W]*c6[t]*c11[t],
```

Краевые условия к системе являются

```
c1[0]=0.0214, c2[0]=0, c3[0]=0, c4[0]=0, c5[0]=0, c6[0]=0, c7[0]=0, c8[0]=0, c9[0]=0, c10[0]=0, c11[0]=0, c12[0]=0, c13[0]=0, c14[0]=0, {c1, c2, c3, c4, c5, c6, c7, c8, c9, c10, c11, c12, c13, c14}, {t, 0, 0.5}]
Tab1=Table[Evaluate[{(c1[t]*gc2h6)/c1[0], (c2[t]*15*gc2h6)/(c1[0]*30), (c3[t]*29*gc2h6)/(c1[0]*30), (c4[t]*16*gc2h6)/(c1[0]*30), (c5[t]*28*gc2h6)/(c1[0]*30), (c6[t]*1*gc2h6)/(c1[0]*30), (c7[t]*2*gc2h6)/(c1[0]*30), (c8[t]*27*gc2h6)/(c1[0]*30), (c9[t]*26*gc2h6)/(c1[0]*30), (c10[t]*14*gc2h6)/(c1[0]*30), (c11[t]*13*gc2h6)/(c1[0]*30), (c12[t]*58*gc2h6)/(c1[0]*30), (c13[t]*44*gc2h6)/(c1[0]*30), (c14[t]*12*gc2h6)/(c1[0]*30)}/.%, {t, 0, 0.5, 0.1}]
```

Здесь: C1 – C2H6; C2 – CH3; C3 – C2H5; C4 – CH4; C5 – C2H4; C6 – H; C7 – H2; C8 – C2H3; C9 – C2H2; C10 – CH2; C11 – CH; C12 – C4H10; C13 – C3H8; C14 – C.

Результаты решения системы представим в виде согласно с пакетом «Mathematica». Весь интервал времени пиролиза 0,5 сек разделим на участки, равные 0,1 сек. При скорости потока V м/сек потоку проходит расстояние $S = V * 0,1$. На границе участков изменяются все параметры, которые и отображаются на печать. При этом введены следующие обозначения:

m_i – M_{cm} / M_{1cm} ; ρ_{sm} – ρ_{cm} плотность смеси; ω – ρ / ρ_1 ; $V_{вх i}$ – скорость на входе в i участок; Y_i – V_i / V_1 отношение скоростей; m_{ii} – изменение вязкости с температурой; P_i – давление торможения; P_{sti} – статическое давление; W – температура.

Имеем:

```
g1=Tab1[[1]][[1]][[1]];
g2=Tab1[[1]][[1]][[2]];
g3=Tab1[[1]][[1]][[3]];
g4=Tab1[[1]][[1]][[4]];
```

```

g5=Tab1[[1]][[1]][[5]];
g6=Tab1[[1]][[1]][[6]];
g7=Tab1[[1]][[1]][[7]];
g8=Tab1[[1]][[1]][[8]];
g9=Tab1[[1]][[1]][[9]];
g10=Tab1[[1]][[1]][[10]];
g11=Tab1[[1]][[1]][[11]];
g12=Tab1[[1]][[1]][[12]];
g13=Tab1[[1]][[1]][[13]];
g14=Tab1[[1]][[1]][[14]];
Print["g1=",g1,"      ","g2=",g2,"      ","g3=",g3,"
","g4=",g4,"      ","g5=",g5,"      ","g6=",g6,"      ","g7=",g7,"
","g8=",g8,"      ","g9=",g9,"      ","g10=",g10,"
","g11=",g11,"      ","g12=",g12,"      ","g13=",g13,"
","g14=",g14]
g1= 0.750032   g2= 17.5241   g3= 33.88   g4=
3.03752*10-31   g5= 0.   g6= 0.   g7= 2.07584*10-42
g8= 0.   g9= 0.   g10= 0.   g11= 1.3493*10-41
g12= 0.   g13= 0.   g14= 0.

```

```

m1=30;m2=15;m3=29;m4=16;m5=28;m6=1;m7=2;
m8=27;m9=26;m10=58;m11=44;m12=58;m13=44;
m14=12;
Rcm1=g1*848/m1+g4*848/m4+g5*848/m5+g6*848/
/m6+g7*848/m7+g8*848/m8+g9*848/m9+g10*848/
m10+g11*848/m11+g12*848/m12+g13*848/m13+
g14*848/m14+gh2o*848/18;
Mcm1=1/(g1/m1+g4/m4+g5/m5+g6/m6+g7/m7+g8/
m8+g9/m9+g10/m10+g11/m11+g12/m12+g13/m13
+g14/m14+gh2o/18);
mu1=Mcm1/Mcm1;
rosm1=(P*Mcm1)/(848*W);
ur1=rosm1/rosm1;
Ftp=(3.14)*(L/2)^2;
Vbx1=Gcm/(rosm1*Ftp);
Y1=Vbx1/Vbx1;
Pst1=P-rosm1*Vbx1*Vbx1/(2*9.8);
pu1=Pst1/P;
Print["Rcm1=",Rcm1,"      ","Mcm1=",Mcm1,"
","rosm1=",rosm1,"      ","ur1=",ur1,"      ","Ftp=",Ftp,"
","Vbx1=",Vbx1,"      ","Y1=",Y1,"      ","Pst1=",Pst1,"
","pu1=",pu1]
Rcm1=g1*848/m1+g4*848/m4+g5*848/m5+g6*848/
/m6+g7*848/m7+g8*848/m8+g9*848/m9+g10*848/
m10+g11*848/m11+g12*848/m12+g13*848/m13+
g14*848/m14+gh2o*848/18;
Mcm1=1/(g1/m1+g4/m4+g5/m5+g6/m6+g7/m7+g8/
m8+g9/m9+g10/m10+g11/m11+g12/m12+g13/m13
+g14/m14+gh2o/18);
mu1=Mcm1/Mcm1;
rosm1=(P*Mcm1)/(848*W);
ur1=rosm1/rosm1;
Ftp=(3.14)*(L/2)^2;
Vbx1=Gcm/(rosm1*Ftp);
Y1=Vbx1/Vbx1;
Pst1=P-rosm1*Vbx1*Vbx1/(2*9.8);
pu1=Pst1/P;
Print["Rcm1=",Rcm1,"      ","Mcm1=",Mcm1,"
","rosm1=",rosm1,"      ","ur1=",ur1,"      ","Ftp=",Ftp,"
","Vbx1=",Vbx1,"      ","Y1=",Y1,"      ","Pst1=",Pst1,"
","pu1=",pu1]
Print["g1=",g1,"      ","g2=",g2,"      ","g3=",g3,"
","g4=",g4,"      ","g5=",g5,"      ","g6=",g6,"      ","g7=",g7,"
","g8=",g8,"      ","g9=",g9,"      ","g10=",g10,"
","g11=",g11,"      ","g12=",g12,"      ","g13=",g13,"
","g14=",g14]

```

```

","g8=",g8,"      ","g9=",g9,"      ","g10=",g10,"
","g11=",g11,"      ","g12=",g12,"      ","g13=",g13,"
","g14=",g14]
Rcm3=g1*848/m1+g4*848/m4+g5*848/m5+g6*848/
/m6+g7*848/m7+g8*848/m8+g9*848/m9+g10*848/
m10+g11*848/m11+g12*848/m12+g13*848/m13+
g14*848/m14+gh2o*848/18;
Mcm3=1/(g1/m1+g4/m4+g5/m5+g6/m6+g7/m7+g8/
m8+g9/m9+g10/m10+g11/m11+g12/m12+g13/m13
+g14/m14+gh2o/18);
mu3=Mcm3/Mcm1;
rosm3=(Pst2*Mcm3)/(848*W);
ur3=rosm3/rosm1;
Ftp=(3.14)*(L/2)^2;
Vbx3=Gcm/(rosm3*Ftp);
Y3=Vbx3/Vbx1;
muu=(10^-6)*(W/W1)^0.75;
Re3=4*Gcm/(3.14*9.8*L*muu);
□ =0.3164/Re3^0.25;
P3=P2-(□*Vbx3*0.1/L+2)*((rosm3*Vbx3^2)/
2*9.8));
P3/P;
Pst3=P3-rosm3*Vbx3*Vbx3/(2*9.8);
Pst3/Pst1;
Print["Rcm3=",Rcm3,"      ","Mcm3=",Mcm3,"
","mu3=",mu3,"      ","rosm3=",rosm3,"      ","ur3=",ur3,"
","Ftp=",Ftp,"      ","Vbx3=",Vbx3,"      ","Y3=",Y3,"
","muu=",muu,"      ","Re3=",Re3,"      ","□ =",□,"
","P3=",P3,"      ","Pst3=",Pst3,"
","Pst3/Pst1=",Pst3/Pst1,"      ","P3/P=",P3/P,"      "]

```

```

g1= 0.238146      g2= 17.5241
InterpolatingFunction[{{0.,0.5}},<>]      g3= 33.88
InterpolatingFunction[{{0.,0.5}},<>]      g4=
0.0800398   g5= 0.365775   g6= 0.000070065
g7= 0.0270628   g8= 1.08195*10-6   g9=
0.0379498   g10= 6.58627*10-8   g11=
1.15588*10-8   g12= 2.67089*10-6   g13=
0.000315011   g14= 0.000650706
Rcm3= 46.6516      Mcm3= 18.1773      mu3=
0.706881      rosm3= 0.51553      ur3= 0.680029
Ftp= 0.0140955   Vbx3= 107.023   Y3= 1.47053
muu= 2.61353*10-6   Re3= 288659.   = 0.0136502
P3= 25303.6      Pst3= 25002.3      Pst3/Pst1=
0.933091   P3/P= 0.937169
g1=Tab1[[4]][[1]][[1]];
g2=Tab1[[4]][[1]][[2]];
g3=Tab1[[4]][[1]][[3]];
g4=Tab1[[4]][[1]][[4]];
g5=Tab1[[4]][[1]][[5]];
g6=Tab1[[4]][[1]][[6]];
g7=Tab1[[4]][[1]][[7]];
g8=Tab1[[4]][[1]][[8]];
g9=Tab1[[4]][[1]][[9]];
g10=Tab1[[4]][[1]][[10]];
g11=Tab1[[4]][[1]][[11]];
g12=Tab1[[4]][[1]][[12]];
g13=Tab1[[4]][[1]][[13]];
g14=Tab1[[4]][[1]][[14]];
Print["g1=",g1,"      ","g2=",g2,"      ","g3=",g3,"
","g4=",g4,"      ","g5=",g5,"      ","g6=",g6,"      ","g7=",g7,"
","g8=",g8,"      ","g9=",g9,"      ","g10=",g10,"
","g11=",g11,"      ","g12=",g12,"      ","g13=",g13,"
","g14=",g14]

```

```

", "g11=", g11, " ", "g12=", g12, " ", "g13=", g13, "
", "g14=", g14]
Rcm4=g1*848/m1+g4*848/m4+g5*848/m5+g6*848
/m6+g7*848/m7+g8*848/m8+g9*848/m9+g10*848/
m10+g11*848/m11+g12*848/m12+g13*848/m13+
g14*848/m14+gh2o*848/18;
Mcm4=1/(g1/m1+g4/m4+g5/m5+g6/m6+g7/m7+g8/
m8+g9/m9+g10/m10+g11/m11+g12/m12+g13/m13
+g14/m14+gh2o/18);
mu4=Mcm4/Mcm1;
rosm4=(Pst3*Mcm4)/(848*W);
ur4=rosm4/rosm1;
Ftp=(3.14)*(L/2)^2;
Vbx4=Gcm/(rosm4*Ftp);
Y4=Vbx4/Vbx1;
muu=(10^-6)*(W/W1)^0.75;
Re4=4*Gcm/(3.14*9.8*L*muu);
□=0.3164/Re4^0.25;
P4=P3-
(□*Vbx4*0.1/L+2)*((rosm4*Vbx4^2)/(2*9.8));
P4/P;
Pst4=P4-rosm4*Vbx4*Vbx4/(2*9.8);
Pst4/Pst1;
Print["Rcm4=", Rcm4, " ", "Mcm4=", Mcm4, "
", "mu4=", mu4, " ", "rosm4=", rosm4, " ", "ur4=", ur4, "
", "Ftp=", Ftp, " ", "Vbx4=", Vbx4, " ", "Y4=", Y4, "
", "muu=", muu, " ", "Re4=", Re4, " ", "□=", □, "
", "P4=", P4, " ", "Pst4=", Pst4, "
", "Pst4/Pst1=", Pst4/Pst1, " ", "P4/P=", P4/P, " "]
g1= 0.138053 g2= 17.5241
InterpolatingFunction[{{0.,0.5}},<>] g3= 33.88
InterpolatingFunction[{{0.,0.5}},<>] g4=
0.0965764 g5= 0.42487 g6= 0.0000717597
g7= 0.033097 g8= 7.81068*10^-7 g9=
0.0561866 g10= 4.09333*10^-8 g11=
7.18372*10^-9 g12= 2.85333*10^-6 g13=
0.000342526 g14= 0.000819167
Rcm4= 49.6557 Mcm4= 17.0776 mu4=
0.664117 rosm4= 0.466216 ur4= 0.614979
Ftp= 0.0140955 Vbx4= 118.344 Y4= 1.62607
muu= 2.61353*10^-6 Re4= 288659. □ =
0.0136502 P4= 24235.7 Pst4= 23902.5
Pst4/Pst1= 0.892048 P4/P= 0.897618
g1=Tab1[[5]][[1]][[1]];
g2=Tab1[[5]][[1]][[2]];
g3=Tab1[[5]][[1]][[3]];
g4=Tab1[[5]][[1]][[4]];
g5=Tab1[[5]][[1]][[5]];
g6=Tab1[[5]][[1]][[6]];
g7=Tab1[[5]][[1]][[7]];
g8=Tab1[[5]][[1]][[8]];
g9=Tab1[[5]][[1]][[9]];
g10=Tab1[[5]][[1]][[10]];
g11=Tab1[[5]][[1]][[11]];
g12=Tab1[[5]][[1]][[12]];
g13=Tab1[[5]][[1]][[13]];
g14=Tab1[[5]][[1]][[14]];
Print["g1=", g1, " ", "g2=", g2, " ", "g3=", g3, "
", "g4=", g4, " ", "g5=", g5, " ", "g6=", g6, " ", "g7=", g7, "
", "g8=", g8, " ", "g9=", g9, " ", "g10=", g10, "
", "g11=", g11, " ", "g12=", g12, " ", "g13=", g13, "
", "g14=", g14]

```

```

Rcm5=g1*848/m1+g4*848/m4+g5*848/m5+g6*848
/m6+g7*848/m7+g8*848/m8+g9*848/m9+g10*848/
m10+g11*848/m11+g12*848/m12+g13*848/m13+
g14*848/m14+gh2o*848/18;
Mcm5=1/(g1/m1+g4/m4+g5/m5+g6/m6+g7/m7+g8/
m8+g9/m9+g10/m10+g11/m11+g12/m12+g13/m13
+g14/m14+gh2o/18);
mu5=Mcm5/Mcm1;
rosm5=(Pst4*Mcm5)/(848*W);
ur5=rosm5/rosm1;
Ftp=(3.14)*(L/2)^2;
Vbx5=Gcm/(rosm5*Ftp);
Y5=Vbx5/Vbx1;
muu=(10^-6)*(W/W1)^0.75;
Re5=4*Gcm/(3.14*9.8*L*muu);
□ =0.3164/Re5^0.25;
P5=P4-(□*Vbx5*0.1/L+2)*((rosm5*Vbx5^2)/
2*9.8));
P5/P;
Pst5=P5-rosm5*Vbx5*Vbx5/(2*9.8);
Pst5/Pst1;
Print["Rcm5=", Rcm5, " ", "Mcm5=", Mcm5, "
", "mu5=", mu5, " ", "rosm5=", rosm5, " ", "ur5=", ur5, "
", "Ftp=", Ftp, " ", "Vbx5=", Vbx5, " ", "Y5=", Y5, "
", "muu=", muu, " ", "Re5=", Re5, " ", "□ =", □, "
", "P5=", P5, " ", "Pst5=", Pst5, "
", "Pst5/Pst1=", Pst5/Pst1, " "]
g1= 0.0808824 g2= 17.5241
InterpolatingFunction[{{0.,0.5}},<>] g3= 33.88
InterpolatingFunction[{{0.,0.5}},<>] g4= 0.106205
g5= 0.456174 g6= 0.0000728394 g7=
0.0366856 g8= 5.1472*10^-7 g9= 0.068724
g10= 2.51237*10^-8 g11= 4.40917*10^-9 g12=
2.91232*10^-6 g13= 0.000352199 g14=
0.000925294
Rcm5= 51.4371 Mcm5= 16.4861 mu5=
0.641116 rosm5= 0.430273 ur5= 0.567567
Ftp= 0.0140955 Vbx5= 128.23 Y5= 1.76191
muu= 2.61353*10^-6 Re5= 288659. □ =
0.0136502 P5= 23042.2 Pst5= 22681.3
Pst5/Pst1= 0.84647
g1=Tab1[[6]][[1]][[1]];
g2=Tab1[[6]][[1]][[2]];
g3=Tab1[[6]][[1]][[3]];
g4=Tab1[[6]][[1]][[4]];
g5=Tab1[[6]][[1]][[5]];
g6=Tab1[[6]][[1]][[6]];
g7=Tab1[[6]][[1]][[7]];
g8=Tab1[[6]][[1]][[8]];
g9=Tab1[[6]][[1]][[9]];
g10=Tab1[[6]][[1]][[10]];
g11=Tab1[[6]][[1]][[11]];
g12=Tab1[[6]][[1]][[12]];
g13=Tab1[[6]][[1]][[13]];
g14=Tab1[[6]][[1]][[14]];
Print["g1=", g1, " ", "g2=", g2, " ", "g3=", g3, "
", "g4=", g4, " ", "g5=", g5, " ", "g6=", g6, " ", "g7=", g7, "
", "g8=", g8, " ", "g9=", g9, " ", "g10=", g10, "
", "g11=", g11, " ", "g12=", g12, " ", "g13=", g13, "
", "g14=", g14]
Rcm6=g1*848/m1+g4*848/m4+g5*848/m5+g6*848
/m6+g7*848/m7+g8*848/m8+g9*848/m9+g10*848/

```

```

m10+g11*848/m11+g12*848/m12+g13*848/m13+
g14*848/m14+gh2o*848/18;
Mcm6=1/(g1/m1+g4/m4+g5/m5+g6/m6+g7/m7+g8/
m8+g9/m9+g10/m10+g11/m11+g12/m12+g13/m13
+g14/m14+gh2o/18);
mu6=Mcm6/Mcm1;
rosm6=(Pst5*Mcm6)/(848*W);
ur6=rosm6/rosm1;Ftp=(3.14)*(L/2)^2;
Vbx6=Gcm/(rosm6*Ftp);
Y6=Vbx6/Vbx1;
muu=(10^-6)*(W/W1)^0.75;
Re6=4*Gcm/(3.14*9.8*L*muu);
□=0.3164/Re6^0.25;
P6=P5-
(□*Vbx6*0.1/L+2)*((rosm6*Vbx6^2)/(2*9.8));
P6/P;
Pst6=P6-rosm6*Vbx6*Vbx6/(2*9.8);
Pst6/Pst1;
Print["Rcm6=",Rcm6,"          ","Mcm6=",Mcm6,"
","mu6=",mu6,"  ","rosm6=",rosm6,"  ","ur6=",ur6,"
","Ftp=",Ftp,"      ","Vbx6=",Vbx6,"      ","Y6=",Y6,"
","muu=",muu,"      ","Re6=",Re6,"      " □ =" , □ ,"
","P6=",P6,"          ","Pst6=",Pst6,"
","Pst6/Pst1=",Pst6/Pst1," "]
g1= 0.0477023      g2= 17.5241
InterpolatingFunction[{{0.,0.5}},<>]      g3= 33.88
InterpolatingFunction[{{0.,0.5}},<>]      g4= 0.111862
g5= 0.473419      g6= 0.0000735135      g7=
0.038822      g8= 3.24559*10^-7      g9= 0.0767994
g10= 1.52647*10^-8      g11= 2.67894*10^-9      g12=
2.93206*10^-6      g13= 0.000355619      g14=
0.000990903      Rcm6= 52.4958      Mcm6= 16.1537
mu6= 0.628187      rosm6= 0.400054      ur6=
0.527706      Ftp= 0.0140955      Vbx6= 137.916
Y6= 1.89499      muu= 2.61353*10^-6      Re6=
288659.      □= 0.0136502      P6= 21720.3      Pst6=
21332.1      Pst6/Pst1= 0.796119

```

На следующих рисунках показана графическая информация проведенных расчетов.

Молекулярная масса смеси, рассчитанная по зависимости (4) изменяется по длине печи пиролиза. При этом она уменьшается тем интенсивнее, чем выше температуры процесса.

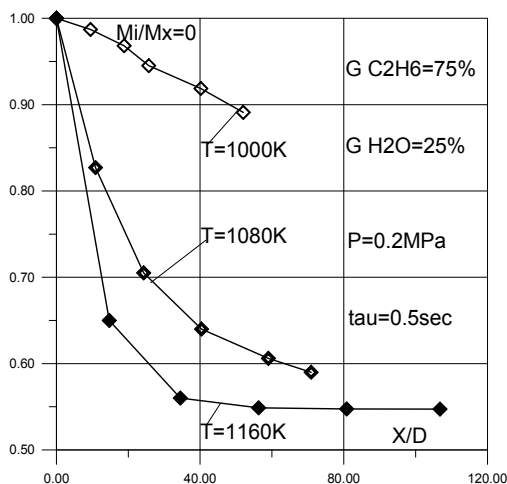


Рис. 1

На рис. 1 показана эволюция относительной молекулярной массы смеси в функции продольной координаты. Ранее было установлено, что рост температуры способствует увеличению скорости химических реакций. Этот же эффект следует из данных рис. 1.

Плотность смеси также уменьшается в функции продольной координаты (рис.2). Так как расход этана является постоянной величиной, то при неизменной площади поперечного сечения печи скорость потока (рис.3) возрастает по длине.

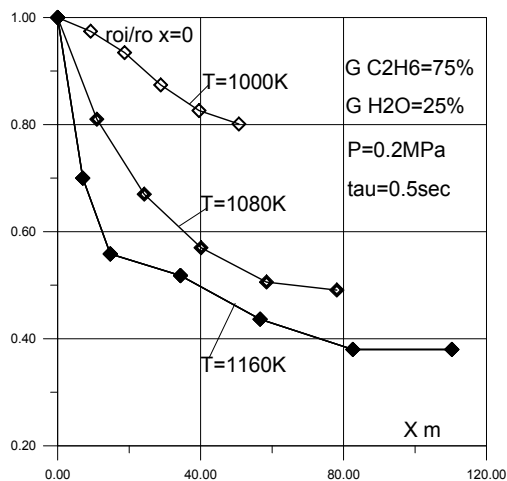


Рис. 2

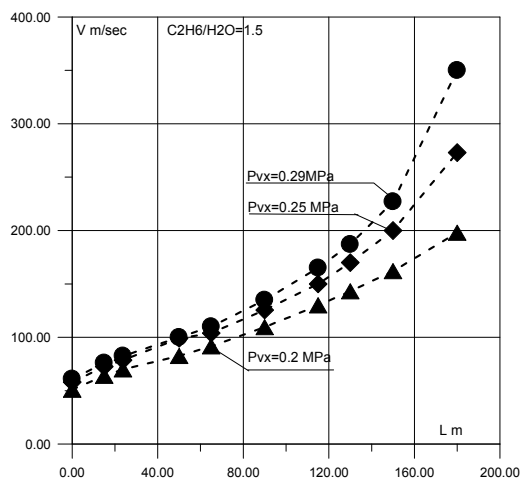


Рис. 3

Согласно зависимости (1) потери полного и, соответственно, статического давлений уменьшаются пропорционально квадрату скорости. Их эволюция по длине печи пиролиза для трех значений возможных температур показана на рис.4.

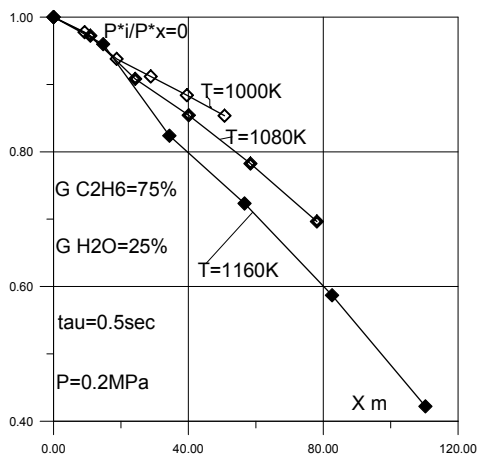


Рис. 4

Непосредственно процесс пиролиза протекает при статическом давлении. Ранее было показано, что с ростом давления возрастает выход этилена и водорода. Отсюда можно сделать вывод, что основная масса конечного продукта образуется на начальных калибрах трубчатой печи.

Литература

1. И.Е. Млечик, Справочник по гидравлическим сопротивлениям. Машиностроение, Москва, 1975, 559 с.
2. М.М.Андреева, Оценка оптимальных параметров работы печи пиролиза этана. Дисс.канд. техн. наук, КНИТУ, Казань, 2008.
3. В.В.Нащокин, Техническая термодинамика и теплопередача. Высшая школа, Москва, 1975, 496 с.
4. Фафурин, А.В. Компьютерное моделирование процесса пиролиза этана на базе пакета MATHEMATICS / А.В. Фафурин, И.Р. Чигвинцева Вестник Казанского технологического университета. Т. 14. № 14; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : КНИТУ, 2011. – 318 с.
5. Фафурин А.В., Андреева М.М., Чигвинцева И.Р. Аналитическое исследование процесса пиролиза этана. Вестник Казанского технологического университета: Т.15. №8 М-во образ. и науки России, Казан.нац.исслед.технолог. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2012. – 488 с.

© А. В. Фафурин - д.т.н., советник ректора, проф. каф. автоматизированных систем сбора и обработки информации КНИТУ;
И. Р. Чигвинцева - ст. препод. той же кафедры, ait@kstu.ru.