

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

Кафедра морского  
нефтегазового дела

### **Построение фазового портрета**

*Методические указания к выполнению расчетно-  
графической работе по дисциплине «Физические  
процессы при добыче полезных ископаемых» для  
обучающихся по специальности 21.05.05 Физические  
процессы горного или нефтегазового производства и  
по направлению 21.03.01 Нефтегазовое дело  
очной и заочной формы обучения*

Мурманск  
2019

Составители – Коротаев Борис  
Александрович, доцент кафедры морского  
нефтегазового дела, Дворников, Коротаев  
Александр Борисович, старший  
преподаватель

Методические указания рассмотрены и  
одобрены кафедрой морского нефтегазового  
дела 17 января 2019 г., протокол №5/18.

Рецензент – Васёха Михаил Викторович,  
доктор технических наук, директор  
Института арктических технологий МГТУ.

*Электронное издание подготовлено в  
авторской редакции*

Мурманский государственный технический университет  
183010, Мурманск, ул. Спортивная д. 13 тел. (8152) 25-40-72  
Уч.-изд. л. 1,125. Заказ -

Мурманский государственный технический университет, 2019

© Б. А. Коротаев, 2019

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	3
Расчет и построение фазового портрета .....	4
Исходные данные для построения фазового портрета ф-ф методом .....	4
Расчет коэффициентов входящих в расчет.....	4
Задание начального давления.....	5
Задание исходных долей компонент газа .....	5
Вычисление долей у-фазы .....	6
Расчет кривой испарения .....	6
Задание долей у - фазы .....	8
Вычисление х долей.....	8
Формирование матрицы расчетных данных.....	10
Построение линии конденсации газа .....	10
Создание обобщенной матрицы графиков .....	11
Расчет и построение левой веточки кривой.....	11
Расчет и построение правой веточки кривой .....	12
Совмещение веточек .....	12
Находим аппроксимацию веточек.....	12
Строим график полученной аппроксимации .....	13
Проверка, совмещения.....	13
Построение расчетного графика фазового портрета.....	13
Варианты заданий .....	14
Список литературы .....	14

## ВВЕДЕНИЕ

В процессе разработки газоконденсатных месторождений в пластах непрерывно изменяются РТ условия, количественное соотношение газа и конденсата. Это сопровождается непрерывными изменениями состава газовой и жидкой фаз и переходом различных углеводородов из одной фазы в другую.

Процессы фазовых превращений углеводородной смеси исследуют экспериментально в лабораторных установках. При этом соблюдают термодинамическое подобие тем процессам, которые происходят в пласте.

Экспериментальный способ изучения газоконденсатных характеристик трудоемок и требует много времени (для этого используется аппаратура высокого давления), в связи с этим огромное внимание уделяется развитию расчетных методов оценки фазового состава газоконденсата.

Одной из задач данной работы является расчет фазового портрета и сопоставление полученных результатов с PVTsim. Режим разработки залежи на истощение характеризуется снижением среднего пластового давления, причем снижение пластового давления ниже давления начала конденсации вызывает явление ретроградной конденсации, в результате чего часть высококипящих углеводородов выделяется из газа в жидкое состояние. В результате ретроградной конденсации происходит уменьшение плотности конденсата.

## Расчет и построение фазового портрета

По исходным данным необходимо рассчитать и построить фазовый портрет ф-ф методом. На рис.1. приведен примерный график результатов расчета.

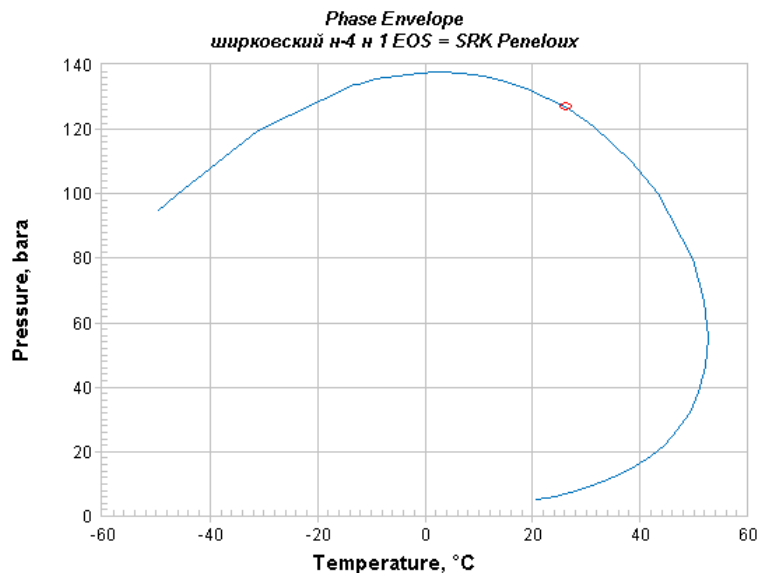


Рис. 1. Фазовый портрет

## Исходные данные для построения фазового портрета ф-ф методом

1 метан, 2 этан, 3 пропан, 4 н-бутан, 5 водород, 6 гелий, 7 углекислый газ, 8 азот.

$P_c[1]=681.67$ ;  $T_c[1]=342.9$ ;  $\omega[1]=0.013$ ;  
 $P_c[2]=710.68$ ;  $T_c[2]=550.8$ ;  $\omega[2]=0.105$ ;  
 $P_c[3]=623.66$ ;  $T_c[3]=665.28$ ;  $\omega[3]=0.1520$ ;  
 $P_c[4]=551.14$ ;  $T_c[4]=756$ ;  $\omega[4]=0.201$  ;  
 $P_c[5]=188.11$ ;  $T_c[5]=59.4$ ;  $\omega[5]=0.243$ ;  
 $P_c[6]=29.3919$ ;  $T_c[6]=9.36$ ;  $\omega[6]=0.343$ ;  
 $P_c[7]=1070.67$ ;  $T_c[7]=547.542$  ; $\omega[7]=0.420$ ;  
 $P_c[8]=492.98$ ;  $T_c[8]=226.98$ ;  $\omega[8]=0.040$ ;

## Расчет коэффициентов входящих в расчет

Off[General::"spell1"]

Off[FindRoot::"lstol"]

Off[Unset::"norep"]

$Tre[i_] := T/Tc[i]$

$Pre[i_] := P/Pc[i]$

$$Ap[i\_]:= 0.42747a[i] Pre[i]/Tre[i]^2$$

$$Bp[i\_]:= 0.08664 Pre[i]/Tre[i]$$

$$a[i\_]:= (1 + m[i](1 - Tre[i]^0.5))^2$$

$$m[i\_]:= 0.48 + 1.574\omega[i] - 0.176\omega[i]^2$$

$$A_v = \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 y[i]y[j]Ab[i, j];$$

$$Ab[i, j] = (Ap[i]Ap[j])^0.5;$$

$$B_v = \sum_{i=1}^8 y[i]Bp[i];$$

$$A_l = \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 x[i]x[j]Ab[i, j];$$

$$B_l = \sum_{i=1}^8 x[i]Bp[i];$$

Понятие летучести в практику расчетов парожидкостного равновесия было введено Льюисом[2].

$$\phi_v[i\_]:= \text{Exp}[(Z_v - 1) Bp[i]/B_v - \text{Log}[Z_v - B_v] - A_v/B_v (2 Ap[i]^0.5/A_v^0.5 - Bp[i]/B_v)\text{Log}[(Z_v + B_v)/Z_v]];$$

$$\phi_l[i\_]:= \text{Exp}[(Z_l - 1) Bp[i]/B_l - \text{Log}[Z_l - B_l] - A_l/B_l (2 Ap[i]^0.5/A_l^0.5 - Bp[i]/B_l)\text{Log}[(Z_l + B_l)/Z_l]];$$

$$K[i\_]:= \phi_l[i]/\phi_v[i];$$

### Задание начального давления

$$P = 5 * 14.69;$$

### Задание исходных долей компонент газа

$$x[1] = 0.87; x[2] = 0.015; x[3] = 0.015; x[4] = 0.004; x[5] = 0.02; x[6] = 0.006; x[7] = 0.01; x[8] = 0.06;$$

$$x[1] + x[2] + x[3] + x[4] + x[5] + x[6] + x[7] + x[8]$$

$$y[1] = .; y[2] = .; y[3] = .; y[4] = .; y[5] = .; y[6] = .; y[7] = .; y[8] = .;$$

## Вычисление долей у-фазы

$T =$ .

```
sol[1] = FindRoot[{y[1] == K[1]x[1], y[2] == K[2]x[2], y[3] == K[3]x[3], y[4] == K[4]x[4], y[5]
== K[5]x[5], y[6] == K[6]x[6], y[7] == K[7]x[7], y[8] =
= K[8]x[8], y[1] + y[2] + y[3] + y[4] + y[5] + y[6] + y[7] + y[8] =
= 1, Z_l^3 - Z_l^2 + Z_l(A_l - B_l - B_l^2) - A_l B_l == 0, Z_v^3 - Z_v^2 + Z_v(A_v - B_v - B_v^2) - A_v B_v =
= 0}, {y[1], 0.1}, {y[2], 0.1}, {y[3], 0.1}, {y[4], 0.1}, {y[5], 0.1}, {y[6], 0.1}, {y[7], 0.1}, {y[8], 0.1}, {T, 350}, {Z_l, 0.05},
→ 1000000]//Chop
```

```
{y[1] → 0.8700001773164548, y[2] → 0.01499971517020482, y[3]
→ 0.014999480247499834, y[4] → 0.003999798787626469, y[5]
→ 0.020000451816034506, y[6] → 0.006000116862063678, y[7]
→ 0.009999829212797181, y[8] → 0.0600004305873187, T
→ 162.18831840988472, Z_l → 0.5314740329633598, Z_v → 0.5314867975243585}
```

$$Te[1] = \frac{T}{.sol[1]}; Pe[1] = 5 * 14.69;$$

$i =$ .

## Расчет кривой испарения

```
For[i = 2, i < 65, P = (4 + i)14.69; x[1] = 0.87; x[2] = 0.015; x[3] = 0.015; x[4] = 0.004; x[5]
= 0.02; x[6] = 0.006; x[7] = 0.01; x[8] = 0.06; sol[i] = FindRoot[{y[1] =
= K[1]x[1], y[2] == K[2]x[2], y[3] == K[3]x[3], y[4] == K[4]x[4], y[5] =
= K[5]x[5], y[6] == K[6]x[6], y[7] == K[7]x[7], y[8] =
= K[8]x[8], y[1] + y[2] + y[3] + y[4] + y[5] + y[6] + y[7] + y[8] =
= 1, Z_l^3 - Z_l^2 + Z_l(A_l - B_l - B_l^2) - A_l B_l =
= 0, Z_v^3 - Z_v^2 + Z_v(A_v - B_v - B_v^2) - A_v B_v =
= 0}, {y[1], y[1]/.sol[i - 1]}, {y[2], y[2]/.sol[i - 1]}, {y[3], y[3]/.sol[i
- 1]}, {y[4], y[4]/.sol[i - 1]}, {y[5], y[5]/.sol[i - 1]}, {y[6], y[6]/.sol[i
- 1]}, {y[7], y[7]/.sol[i - 1]}, {y[8], y[8]/.sol[i - 1]}, {T, 220}, {Z_l, Z_l/.sol[i
- 1]}, {Z_v, Z_v/.sol[i - 1]}, MaxIterations → 1000000]//Chop; Te[i] = T/.sol[i]; Pe[i]
= P; Print[i, "", Te[i], "", Pe[i], "", Z_l/.sol[i], "", Z_v/.sol[i]]; i + +]
```

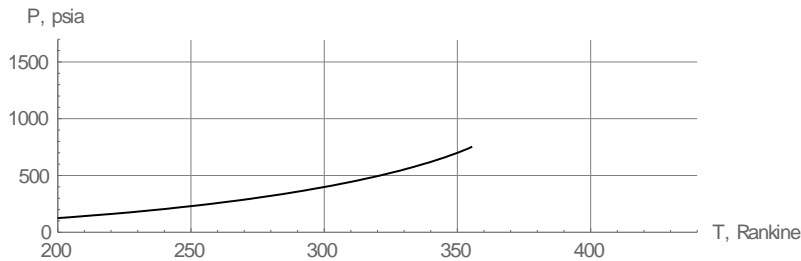
2	174.456	88.14	0.531031	0.531043
3	185.371	102.83	0.53058	0.530591
4	195.228	117.52	0.530122	0.53013
5	204.227	132.21	0.529653	0.529661
6	212.514	146.9	0.529172	0.529184
7	220.199	161.59	0.528688	0.528692
8	227.364	176.28	0.528185	0.528196
9	234.078	190.97	0.527676	0.527686
10	240.394	205.66	0.527155	0.527165
11	246.355	220.35	0.526622	0.526632
12	251.998	235.04	0.526078	0.526086
13	257.353	249.73	0.525523	0.525526

14	262.448	264.42	0.524952	0.524955
15	267.303	279.11	0.524368	0.524371
16	271.939	293.8	0.52377	0.523773
17	276.372	308.49	0.523158	0.523161
18	280.617	323.18	0.52253	0.522533
19	284.72	337.87	0.521626	0.521628
20	288.659	352.56	0.520705	0.520708
21	292.444	367.25	0.51977	0.519772
22	296.085	381.94	0.518817	0.51882
23	299.589	396.63	0.517847	0.517849
24	302.964	411.32	0.516858	0.51686
25	306.218	426.01	0.515848	0.515851
26	309.356	440.7	0.514819	0.514821
27	312.383	455.39	0.513763	0.51377
28	315.305	470.08	0.512687	0.512694
29	318.127	484.77	0.511585	0.511594
30	320.853	499.46	0.510457	0.510467
31	323.486	514.15	0.509302	0.509312
32	326.03	528.84	0.508117	0.508128
33	328.489	543.53	0.506902	0.506913
34	330.866	558.22	0.505653	0.505665
35	333.162	572.91	0.50437	0.504383
36	335.382	587.6	0.503051	0.503063
37	337.526	602.29	0.501692	0.501705
38	339.598	616.98	0.500292	0.500306
39	341.598	631.67	0.498848	0.498862
40	343.53	646.36	0.497357	0.497372
41	345.393	661.05	0.495816	0.495831
42	347.191	675.74	0.494221	0.494237
43	348.923	690.43	0.492568	0.492586
44	350.59	705.12	0.490854	0.490872
45	352.195	719.81	0.489074	0.489091
46	353.736	734.5	0.487221	0.487238
47	355.215	749.19	0.485291	0.485306
48	356.632	763.88	0.483276	0.483287
49	357.987	778.57	0.481165	0.481176
50	359.279	793.26	0.478953	0.47896
51	360.507	807.95	0.476625	0.47663
52	361.671	822.64	0.474166	0.474175
53	362.769	837.33	0.471566	0.471574
54	363.799	852.02	0.468801	0.46881
55	364.759	866.71	0.46585	0.46586
56	365.644	881.4	0.462681	0.462692
57	366.449	896.09	0.459256	0.459268
58	367.168	910.78	0.455524	0.455536
59	367.789	925.47	0.451411	0.451423
60	368.3	940.16	0.446815	0.446828
61	368.677	954.85	0.441576	0.441587
62	368.882	969.54	0.43542	0.435428
63	368.839	984.23	0.427801	0.427809
64	368.351	998.92	0.417264	0.41727

Формирование матрицы расчетных данных и построение графика

```
tbl1 = Table[{Te[i], Pe[i]}, {i, 2, 64}];
```

```
plt1 = ListPlot[tbl1, Joined → True, PlotStyle → RGBColor[0,0,0], PlotRange
→ {{200,440}, {0,1700}}, DisplayFunction → Identity, AspectRatio → 0.3, AxesLabel
→ {"T, Rankine", "P, psia"}, GridLines → Automatic]
```



### Задание долей $y$ - фазы

$$P = 5 * 14.69;$$

$$y[1] = 0.87; y[2] = 0.015; y[3] = 0.015; y[4] = 0.004; y[5] = 0.02; y[6] = 0.006; y[7] = 0.01; y[8] = 0.06;$$

$$T = .$$

$$x[1] = .; x[2] = .; x[3] = .; x[4] = .; x[5] = .; x[6] = .; x[7] = .; x[8] = .;$$

```
sol[1] = FindRoot[{y[1] == K[1]x[1], y[2] == K[2]x[2], y[3] == K[3]x[3], y[4] == K[4]x[4], y[5]
== K[5]x[5], y[6] == K[6]x[6], y[7] == K[7]x[7], y[8] =
= K[8]x[8], x[1] + x[2] + x[3] + x[4] + x[5] + x[6] + x[7] + x[8] =
= 1, Zl^3 - Zl^2 + Zl(A_l - B_l - B_l^2) - A_l B_l == 0, Zv^3 - Zv^2 + Zv(A_v - B_v - B_v^2) - A_v B_v =
= 0}, {x[1], 0.5}, {x[2], 0.05}, {x[3], 0.5}, {x[4], 0.5}, {x[5], 0.5}, {x[6], 0.5}, {x[7], 0.5}, {x[8], 0.5}, {T, 600}, {Zl, 0.05}
→ 1000000]//Chop
```

```
{x[1] → 0.8699998376495345, x[2] → 0.015000260730120901, x[3]
→ 0.015000475783512114, x[4] → 0.004000184193445171, x[5]
→ 0.019999586426792174, x[6] → 0.005999893029185521, x[7]
→ 0.010000156336379604, x[8] → 0.05999960585102994, T
→ 162.1886099276124, Zl → 0.5314751462805966, Zv → 0.5314868306759837}
```

$$Tro[1] = T /. sol[1]; Pr[1] = 5 * 14.69;$$

### Вычисление $x$ долей

$$i = .$$



```

For[i = 2, i < 80, P = (4 + i)14.69; y[1] = 0.87; y[2] = 0.015; y[3] = 0.015; y[4] = 0.004; y[5]
= 0.02; y[6] = 0.006; y[7] = 0.01; y[8] = 0.06; sol[i] = FindRoot[{y[1] =
= K[1]x[1], y[2] == K[2]x[2], y[3] == K[3]x[3], y[4] == K[4]x[4], y[5] =
= K[5]x[5], y[6] == K[6]x[6], y[7] == K[7]x[7], y[8] =
= K[8]x[8], x[1] + x[2] + x[3] + x[4] + x[5] + x[6] + x[7] + x[8] =
= 1, Zl3 - Zl2 + Zl(Al - Bl - Bl2) - AlBl =
= 0, Zv3 - Zv2 + Zv(Av - Bv - Bv2) - AvBv =
= 0}, {x[1], x[1]/.sol[i - 1]}, {x[2], x[2]/.sol[i - 1]}, {x[3], x[3]/.sol[i
- 1]}, {x[4], x[4]/.sol[i - 1]}, {x[5], x[5]/.sol[i - 1]}, {x[6], x[6]/.sol[i
- 1]}, {x[7], x[7]/.sol[i - 1]}, {x[8], x[8]/.sol[i - 1]}, {T, 200}, {Zl, Zl/sol[i
- 1]}, {Zv, Zv/sol[i - 1]}, MaxIterations → 1000000]//Chop; Tro[i]
= T/.sol[i]; Pr[i] = P; Print[i, "", Tro[i], "", Pr[i], "", Zl/sol[i], "", Zv/sol[i]]; i + +]

```

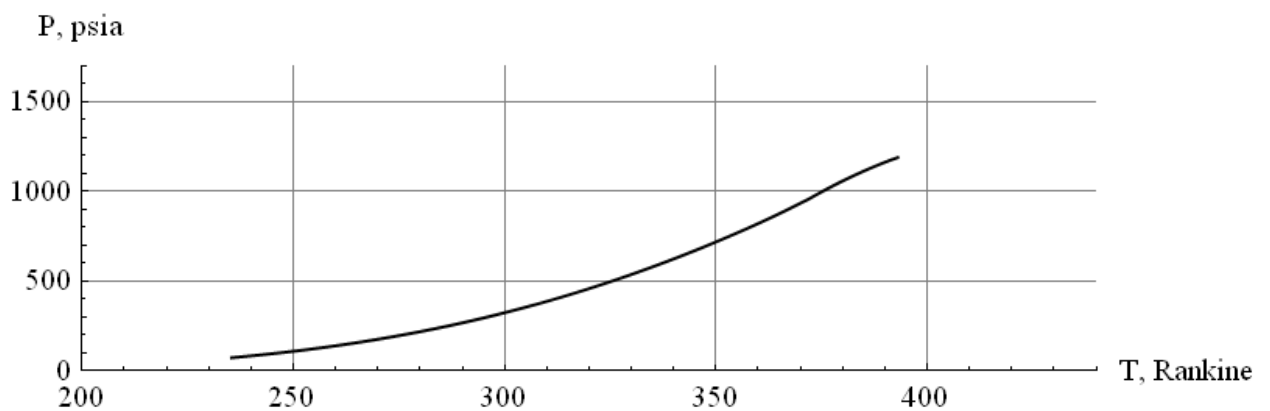
2	174.456	88.14	0.531032	0.531042
3	185.372	102.83	0.530581	0.530591
4	195.228	117.52	0.530121	0.530132
5	204.227	132.21	0.529652	0.529662
6	212.514	146.9	0.529173	0.529184
7	220.199	161.59	0.528685	0.528695
8	227.365	176.28	0.528188	0.528194
9	234.079	190.97	0.527679	0.527683
10	240.394	205.66	0.527158	0.527162
11	246.355	220.35	0.526626	0.526629
12	251.998	235.04	0.526081	0.526084
13	257.354	249.73	0.525523	0.525526
14	262.448	264.42	0.524952	0.524956
15	267.303	279.11	0.524368	0.524372
16	271.939	293.8	0.52377	0.523774
17	276.372	308.49	0.523158	0.523161
18	280.617	323.18	0.52253	0.522533
19	284.72	337.87	0.521625	0.521629
20	288.659	352.56	0.520708	0.520705
21	292.444	367.25	0.519776	0.519766
22	296.084	381.94	0.518823	0.518813
23	299.589	396.63	0.517853	0.517843
24	302.964	411.32	0.516864	0.516854
25	306.218	426.01	0.515855	0.515844
26	309.355	440.7	0.514825	0.514813
27	312.383	455.39	0.513773	0.513761
28	315.305	470.08	0.512697	0.512684
29	318.127	484.77	0.511596	0.511583
30	320.853	499.46	0.510468	0.510455
31	323.486	514.15	0.509314	0.5093
32	326.03	528.84	0.508129	0.508115
33	328.489	543.53	0.506914	0.5069
34	330.866	558.22	0.505666	0.505652
35	333.162	572.91	0.504383	0.50437
36	335.382	587.6	0.503062	0.503052
37	337.526	602.29	0.501703	0.501694
38	339.598	616.98	0.500304	0.500294
39	341.599	631.67	0.498859	0.498851
40	343.53	646.36	0.497369	0.497361

41	345.394	661.05	0.495829	0.495819
42	347.191	675.74	0.494231	0.494228
43	348.923	690.43	0.492579	0.492576
44	350.591	705.12	0.490866	0.490862
45	352.195	719.81	0.489087	0.489079
46	353.737	734.5	0.487233	0.487228
47	355.216	749.19	0.485303	0.485295
48	356.632	763.88	0.483286	0.483277
49	357.987	778.57	0.481176	0.481165
50	359.278	793.26	0.478962	0.47895
51	360.507	807.95	0.476634	0.47662
52	361.671	822.64	0.474177	0.474162
53	362.769	837.33	0.471577	0.471561
54	363.799	852.02	0.468814	0.468796
55	364.758	866.71	0.465864	0.465844
56	365.643	881.4	0.462696	0.462675
57	366.449	896.09	0.45927	0.459253
58	367.168	910.78	0.455535	0.455524
59	367.79	925.47	0.451421	0.451415
60	368.301	940.16	0.446825	0.446819
61	368.677	954.85	0.441585	0.44158
62	368.882	969.54	0.435427	0.435423
63	368.84	984.23	0.427807	0.427806
64	368.351	998.92	0.41727	0.417268

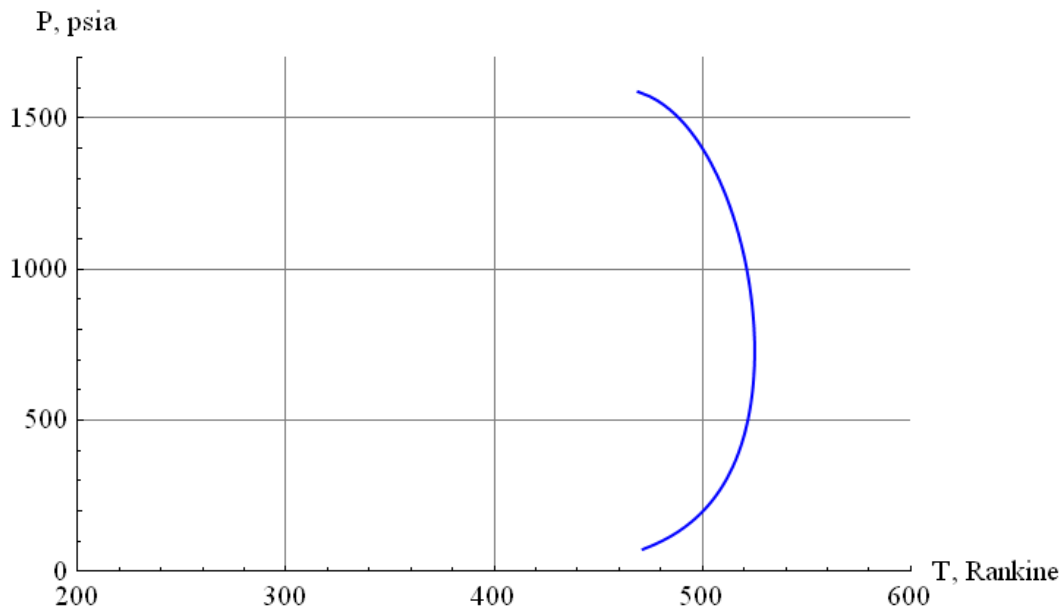
### Формирование матрицы расчетных данных

```
tbl2 = Table[{Tro[i], Pr[i]}, {i, 1, 107}];
plt2 = ListPlot[tbl2, Joined → True, PlotStyle → RGBColor[0,0,1], PlotRange
→ {{200,600}, {0,1700}}, DisplayFunction → Identity, AxesLabel
→ {"T, Rankine", "P, psia"}, GridLines → Automatic]
```

### Построение линии конденсации газа



```
plt3 = Graphics[{PointSize[0.012], Point[{340.038,647.1584}]}];
Show[plt1, plt2, plt3]
```



### Создание обобщенной матрицы графиков

```

tyt = {{435.92,20.}, {441.62,24.95}, {446.48,29.99}, {451.54,36.18}, {456.69,43.65},
{461.93,52.67}, {467.24,63.55}, {468.,65.26}, {472.62,76.68}, {475.2,83.84}, {478.05,92.52},
{482.4,107.46}, {483.51,111.63}, {488.96,134.7}, {489.6,137.7}, {494.37,162.52},
{496.8,176.96}, {499.69,196.1}, {504.,229.23}, {504.86,236.61}, {509.78,285.48},
{511.2,302.16}, {514.34,344.46}, {518.39,415.62}, {518.4,415.73}, {521.73,501.47},
{524.37,628.23}, {524.95,728.49}, {524.92,752.33}, {524.2,848.41}, {522.76,934.04},
{518.4,1086.84}, {514.63,1176.47}, {511.2,1242.66}, {504.,1351.67}, {502.27,1373.39},
{496.8,1433.26}, {490.8,1485.84}, {489.6,1494.97}, {482.4,1540.82}, {475.2,1572.92},
{468.,1592.7}, {461.49,1601.}, {458.35,1601.97}, {429.1,1523.08}, {408.56,1380.53},
{396.18,1262.29}, {383.14,1113.46}, {377.25,1039.09}, {372.96,983.49}, {371.7,967.13},
{368.62,928.56}, {365.96,896.82}, {350.22,729.23}, {333.9,578.63}, {319.64,464.03},
{304.87,361.75}, {294.94,302.19}, {285.08,250.02}, {275.39,205.14}, {265.93,167.16},
{256.77,135.47}, {247.96,109.32}, {239.51,87.96}, {231.47,70.65}, {223.81,56.7},
{216.56,45.51}, {209.69,36.57}, {203.2,29.42}};

```

### Расчет и построение левой веточки кривой

```
ListPlot[tyt]
```

```

rightPart = Table[{Tro[i], Pr[i]}, {i, 95,105}]
{{494.453235638885,1454.31}, {492.74152130568814,1469.},
{490.90354801026484,1483.69}, {488.9152148947304,1498.3799999999999},
{486.74304251317454,1513.07}, {484.33810668899656,1527.76},
{481.6237352737003,1542.45}, {478.46669341612295,1557.1399999999999},
{474.59239371776727,1571.83}, {469.1934377861344,1586.52},
{458.87411638431723,1601.21}}

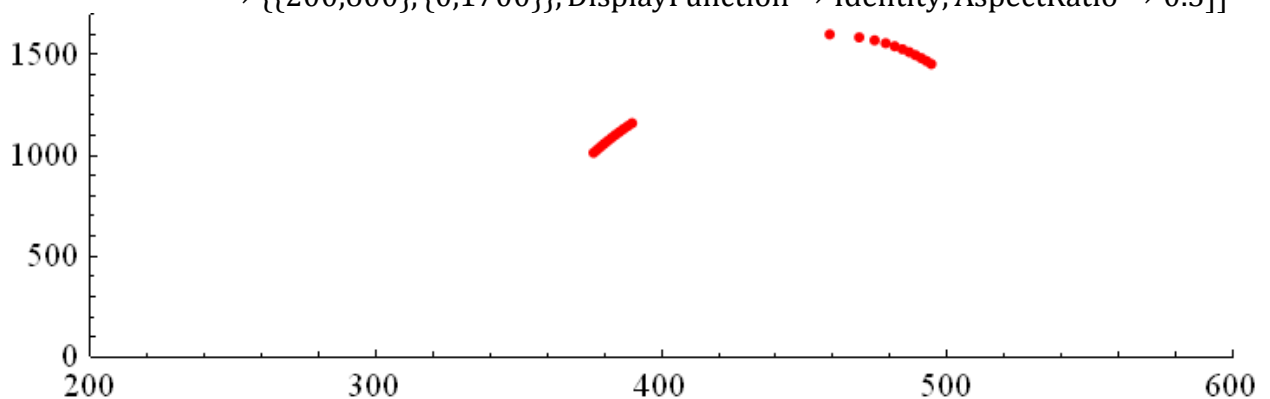
```

## Расчет и построение правой веточки кривой

```
leftPart = Table[{Te[i], Pe[i]}, {i, 65, 75}]  
  
{{376.2113303593096, 1013.61}, {377.39811864162266, 1028.3},  
 {378.6118423120134, 1042.99}, {379.8545788166967, 1057.68},  
 {381.129103400907, 1072.37}, {382.43841596662185, 1087.06},  
 {383.7863563871063, 1101.75}, {385.1771901805244, 1116.44},  
 {386.6164660559074, 1131.1299999999999}, {388.1109350109328, 1145.82},  
 {389.669310172396, 1160.51}}
```

## Совмещение веточек

```
Show[ListPlot[{rightPart, leftPart}, PlotStyle → RGBColor[1, 0, 0], PlotRange  
 → {{200, 600}, {0, 1700}}, DisplayFunction → Identity, AspectRatio → 0.3]]
```



```
data10 = Join[leftPart, rightPart]
```

```
{{376.2113303593096, 1013.61}, {377.39811864162266, 1028.3}, {378.6118423120134, 1042.99},  
 {379.8545788166967, 1057.68}, {381.129103400907, 1072.37}, {382.43841596662185, 1087.06},  
 {383.7863563871063, 1101.75}, {385.1771901805244, 1116.44},  
 {386.6164660559074, 1131.1299999999999}, {388.1109350109328, 1145.82},  
 {389.669310172396, 1160.51}, {494.453235638885, 1454.31}, {492.74152130568814, 1469.},  
 {490.90354801026484, 1483.69}, {488.9152148947304, 1498.3799999999999},  
 {486.74304251317454, 1513.07}, {484.33810668899656, 1527.76},  
 {481.6237352737003, 1542.45}, {478.46669341612295, 1557.1399999999999},  
 {474.59239371776727, 1571.83}, {469.1934377861344, 1586.52},  
 {458.87411638431723, 1601.21}}
```

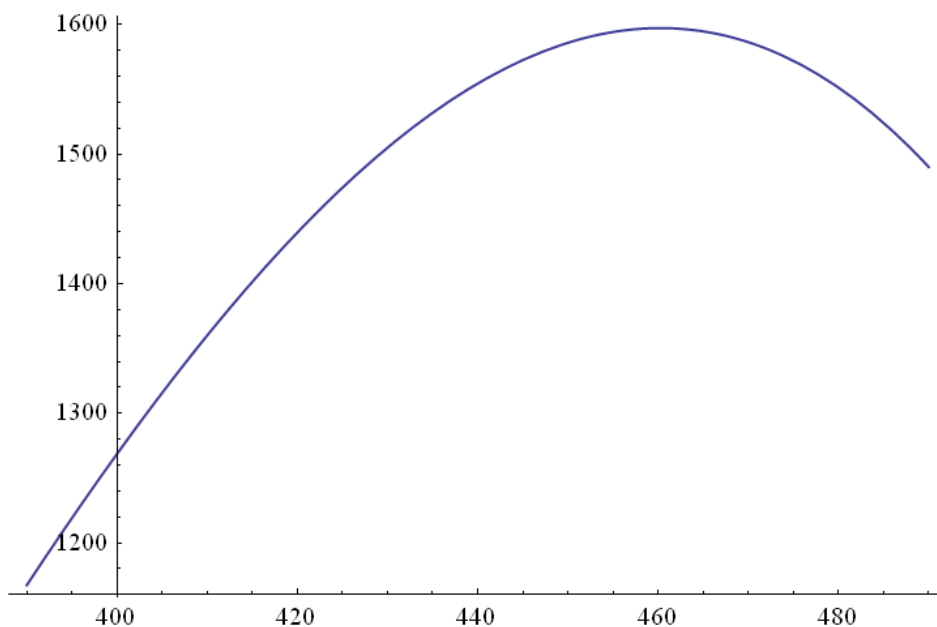
## Находим аппроксимацию веточек

```
xinter = Fit[data10, {x3, x2, x, 1}, x]
```

$$11321.3 - 114.48894x + 0.3597883x^2 - 0.00034x^3$$

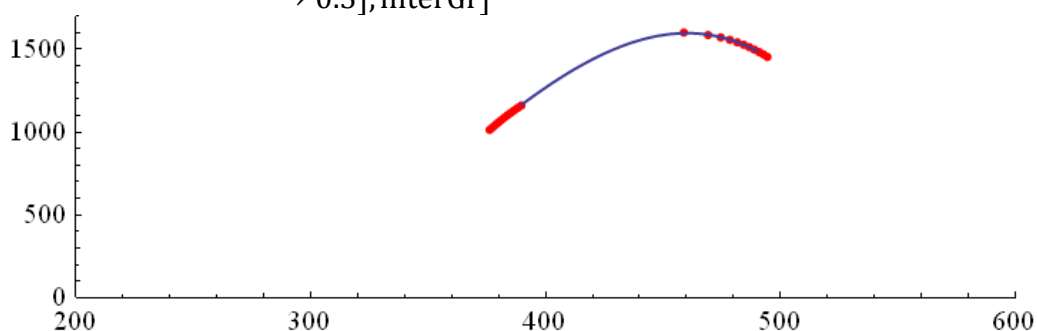
## Строим график полученной аппроксимации

```
interGr = Plot[xinter, {x, 390, 490}]
```



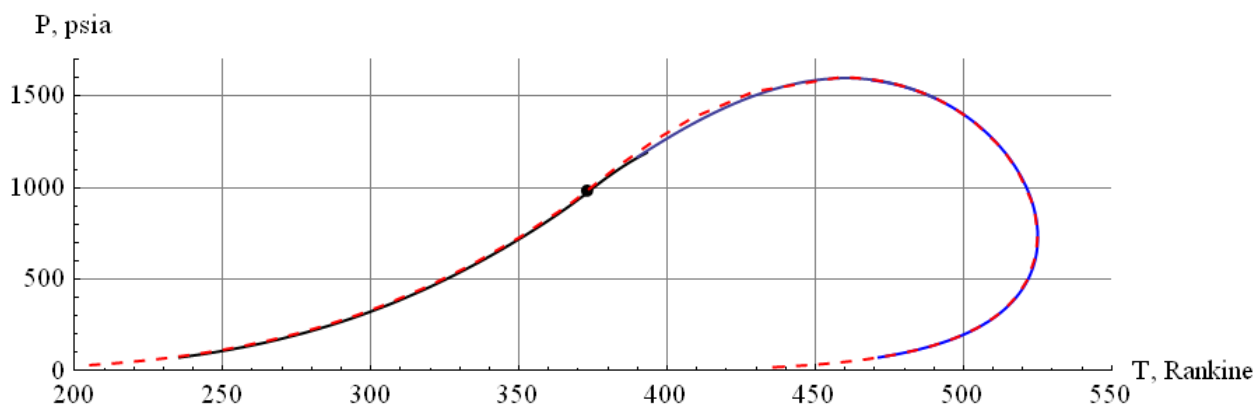
## Проверка, совмещения

```
Show[ListPlot[{rightPart, leftPart}, PlotStyle → RGBColor[1,0,0], PlotRange  
→ {{200,600}, {0,1700}}, DisplayFunction → Identity, AspectRatio  
→ 0.3], interGr]
```



## Построение расчетного графика фазового портрета

```
Show[plt1, plt2, interGr, plt3, plt27, PlotRange → {{200,550}, {0,1700}}]
```



## Варианты заданий

Исходные данные для выполнения расчетно-графической работы

Месторождение	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5+</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	N <sub>2</sub>	ρ	№
Уренгойское	89.3	4.9	1.6	0.9	2.7	0.2	-	0.4	0.66	1
Ямбургское	90.2	4.3	1.5	0.7	2.0	0.9	-	0.4	0.63	2
Харасавейское	96.6	2.3	0.1	0.2	-	0.3	-	0.5	0.57	3
Шебелинское	92.0	4.0	1.1	0.5	0.3	0.1	-	2.0	0.61	4
Оренбургское	81.4	4.0	1.6	1.1	2.0	1.1	2.0	6.8	0.68	5
Мессояхское	97.6	0.1	0.1	-	-	0.6	-	1.6	0.58	6
Лак(Франция)	64.9	2.8	1.2	0.7	0.9	9.7	15.3	-	0.77	7
Эмори(США)	39.6	6.4	2.9	2.1	0.7	4.8	42.4	1.0	0.95	8
Самотлорское	86.5	3.2	2.6	3.9	3.1	0.5	-	0.2	0.86	9
Усинское	89.1	4.8	1.7	1.6	0.7	0.1	-	2	0.79	10
Марковское	76.1	12.1	5.3	4.0	2.2	0.1	-	0.2	0.93	11
Мурманское	89.6	1.5	1.5	0.4	-	1	-	6	0.603	12
Кириновское	86.3	3.86	2.03	0.46	4.21	2.94	-	0.2	0.677	13
Мессояхское	97.6	0.1	0.1	-	-	0.6	-	1.6	0.58	14
Лак(Франция)	64.9	2.8	1.2	0.7	0.9	9.7	15.3	-	0.77	15

## Список литературы

1. Макогон, Ю. Ф. Газовые гидраты, предупреждение их образования – М.: Недрa, 1986 – 231с.
2. Ширковский, А. И. Разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений – М.: Недрa, 1987 – 300 с.