

УДК 620

UDC 620

ОБОБЩЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ БЕНЗИНОВЫХ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ

SUMMARY OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF GASOLINE AND OIL FRACTIONS

Харченко Павел Михайлович
к.т.н., доцент, доцент кафедры
1960324@mail.ru

Harchenko Pavel Mikhailovich
Candidate of engineering science, associate professor
1960324@mail.ru

Тимофеев Виталий Павлович
студент
Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

Timofeev Vitaliy Pavlovich
student
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В статье рассматриваются результаты экспериментальных исследований бензиновых нефтяных фракций, их основные физико-химические свойства, плотность и ДНП, жидкая фаза, двухфазная область, критическая область и пограничные кривые

In the article we present the results of pilot studies of petrol and oil fractions; their main physical and chemical properties, density and DNP, a liquid phase, two-phase area, critical area and boundary curves are considered

Ключевые слова: БЕНЗИНОВЫЕ ФРАКЦИИ, НЕФТЯНЫЕ ФРАКЦИИ, ПОГРАНИЧНЫЕ КРИВЫЕ, КРИТИЧЕСКАЯ ОБЛАСТЬ, МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ПАРАФИН, ПРЕДЕЛ ВЫКИПАНИЯ, ПЛОТНОСТЬ, ИЗОТЕРМЫ

Keywords: PETROL FRACTIONS, OIL FRACTIONS, BOUNDARY CURVES, CRITICAL AREA, FIELDS, PARAFFIN, BOILING LIMIT, DENSITY, ISOTHERMS

1. Плотность (удельный объём) на линиях насыщения.

При обобщении зависимости плотности от температуры и давления предполагалось, что все исследованные нами вещества являются членами одного псевдогомологического ряда и для обобщения результатов исследования можно воспользоваться методами теории подобия. В качестве параметров приведения были выбраны критические значения плотности $\rho_{кр}$, давления $P_{кр}$ и температуры $T_{кр}$.

Предварительная обработка данных проводилась с использованием крупномасштабных графиков ρ - τ , π - τ . В координатах наблюдалось расслоение экспериментальных точек, соответствующих линиям насыщения (рис.1).

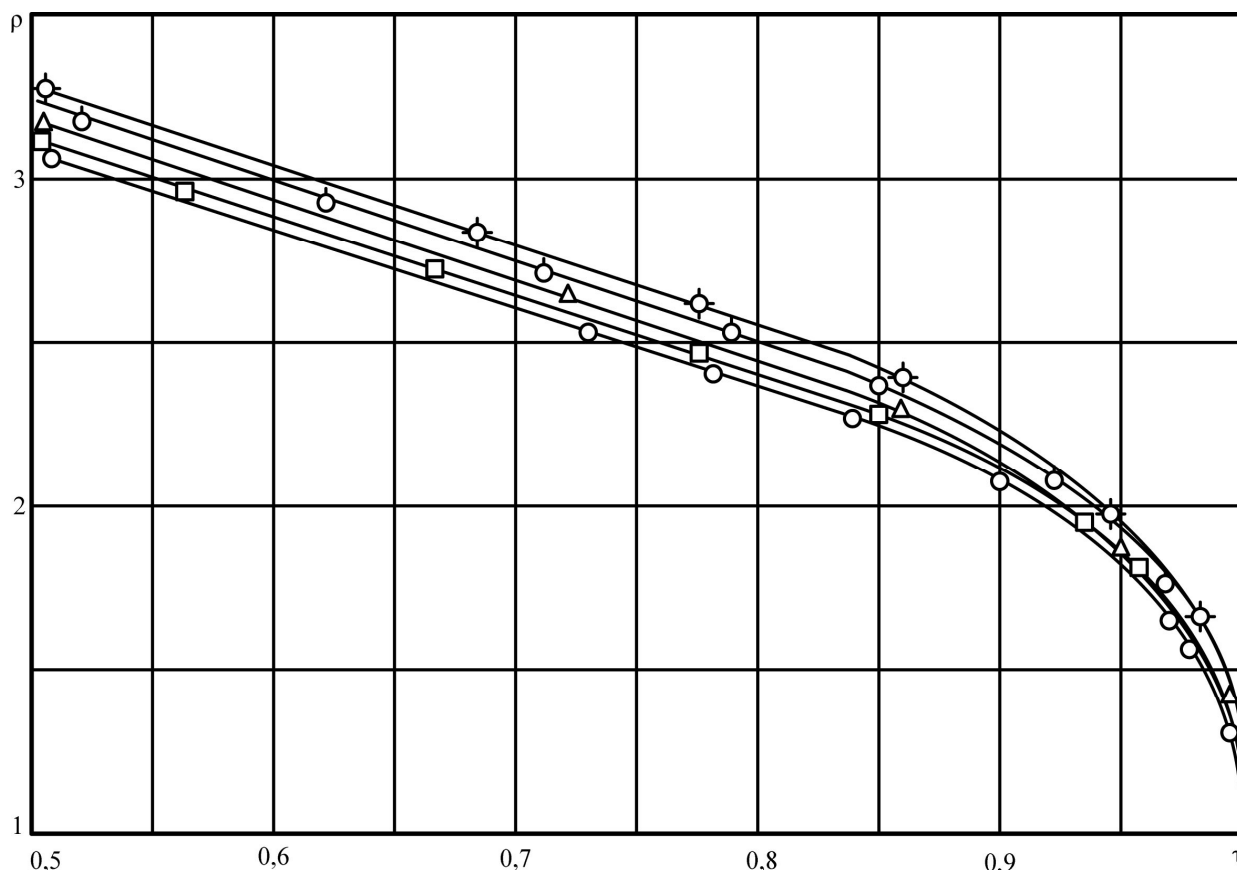


Рис. 1. – Обобщённая зависимость плотности нефтяных фракций на левой пограничной кривой.

Изучение характера расслоения привело к выводу, что основной причиной расслоения является ошибка в определении критических параметров. Анализ зависимостей $\rho(\tau)$ с учётом изменения $\frac{d\rho}{d\tau}$ показал, что критические параметры могут быть скорректированы в пределах погрешности их выделения, корректировка проводилась из условий минимизации среднеквадратического отклонения расчётных и экспериментальных значений плотности.

После уточнения критических параметров все экспериментальные точки удовлетворительно размещаются на одном графике (рис.2).

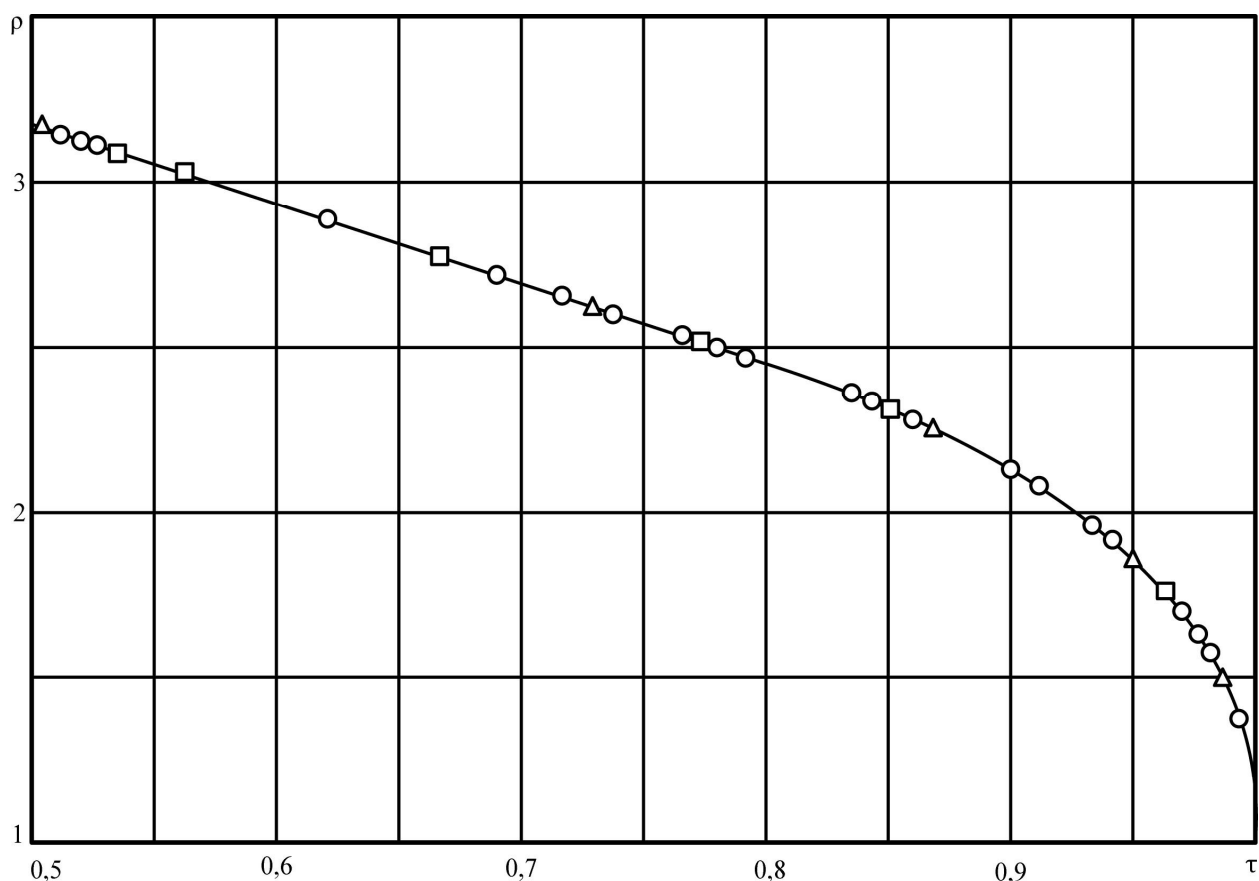


Рис. 2. – Обобщённая зависимость плотности нефтяных фракций на левой пограничной кривой, после уточнения критических параметров.

Правильность выбранного нами метода подтверждается совпадением в координатах ρ - τ прямолинейных диаметров всех фракций.

Аналитическое описание результатов осуществлялось по методу наименьших квадратов уравнением вида:

$$\lg \tau = a_0 + a_1 \rho + a_2 \rho^2 + a_3 \rho^3 \quad (1)$$

Коэффициенты уравнения найдены путём обработки всего массива экспериментальных данных на линиях насыщения. Коэффициенты уравнения и среднеквадратическое отклонение от экспериментальных данных представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Коэффициенты уравнения (1) и среднеквадратическое отклонение от экспериментальных данных

Названия	α_0	α_1	α_2	α_3	$\delta, \%$
Левая погр. кривая	-0,03253335	0,10896239	-0,13758248	0,06489381	0,08
Правая погр. кривая	-0,21225496	1,1107828	-2,0763058	1,3189137	0,9

5.2. Плотность (удельный объём) жидкой фазе.

Как указывалось в аналитическом обзоре, для расчёта плотности нефтепродуктов под давлением наиболее подходящим с точки зрения точности и простоты расчёта является уравнения Тэйта [2]. Значительную трудность представляет корректное выделение температурных коэффициентов K и L , что приводит к большим ошибкам расчёта плотности (1-1,5%). Поэтому было признано целесообразным для расчёта плотности нефтяных фракций в жидкой фазы вблизи линии насыщения использовать уравнение Тэйта вида:

$$v_{T,P} = v_{T,P_0} \left[1 - A \ln \frac{B(T) + P}{B(T) + P_0} \right] \quad (2)$$

Теоретическое обоснование уравнения Тэйта дано в работах [1,3], а рекомендации по его применению для нефтепродуктов приведены в [2]. Коэффициент A считался постоянным для всей группы веществ, независимым от температуры, B – температурная функция, независящая от давления. В качестве опорных значений v_T, P_0 были приняты значения

плотности на линии насыщения, соответствующие каждой изотерме. В ходе обработки всего массива экспериментальных данных из условий минимизации среднеквадратической ошибки расчёта были получены оптимальные значения коэффициентов А и В. Общая среднеквадратическая ошибка расчёта плотности по всем фракциям составила 0,3%.

Однако анализ зависимостей погрешности описания экспериментальных данных показал, что при приведённой температуре $\tau < 0,95$ ошибка описания лежит в пределах погрешности экспериментальных данных, а в околоскритической области возрастает до 0,7-0,8%. Вероятно при температурах, близких критической, коэффициент А тоже является температурной функцией, а коэффициент В начинает зависеть от давления и индивидуальных свойств веществ. Аналитическое описание коэффициента В от τ показало возрастание нелинейного характера этой зависимости при $\tau > 0,95$ (рис.3).

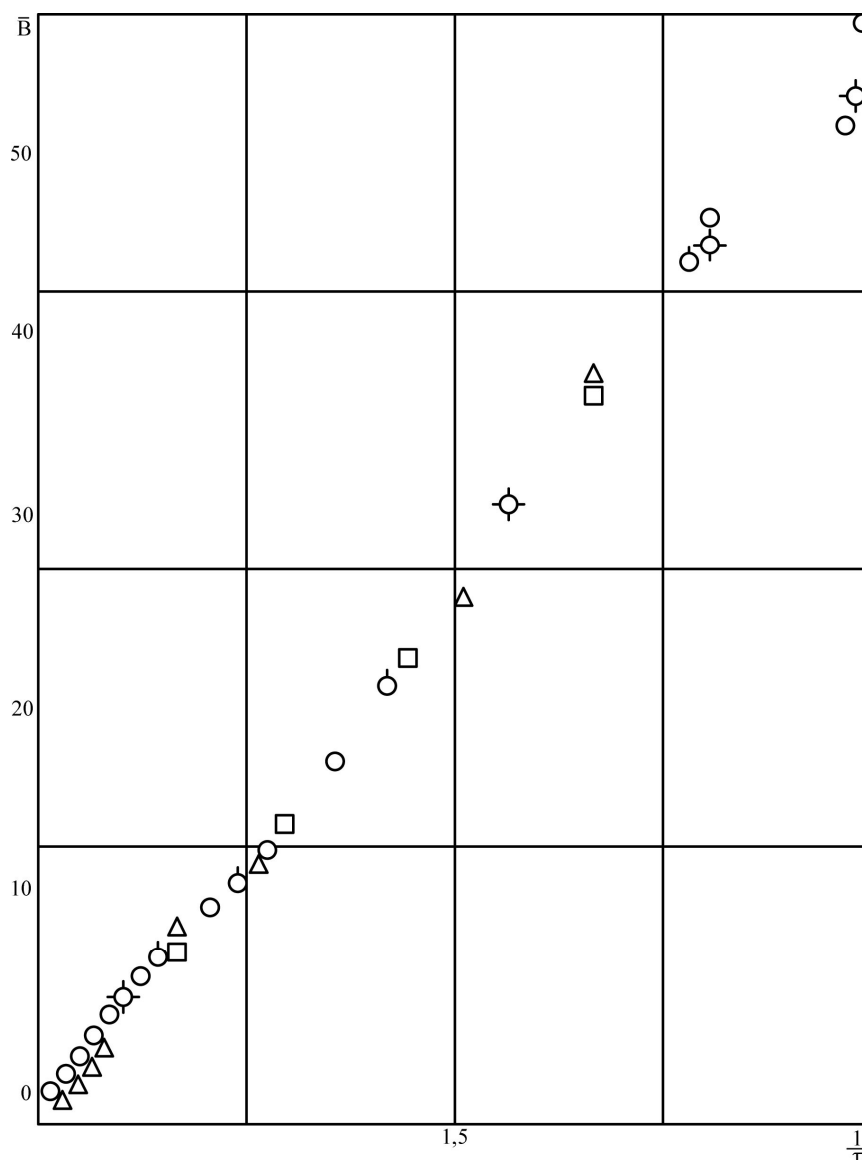


Рис.3. – Температурная зависимость коэффициента В.

Таким образом проводить экстраполяцию В по температуре (как указывалось в [3]) признано нецелесообразным. По нашим данным было получено новое значение τ при В=0, равное 0,925. Путём обработки всего массива экспериментальных данных получено уравнение:

$$B = A + \frac{B}{\tau} + \frac{C}{\tau^2} + \frac{D}{\tau^3} \quad (3)$$

$$A=41,4232; B=-153,817; C=137,208; D=-27,9074.$$

5.3. Давление в двухфазной области и на пограничной кривой.

Давление двухфазной области зависит от температуры и соотношения объёмов φ . Для нахождения аналитической зависимости давления от этих параметров на крупномасштабных графиках в P-V координатах были выделены линии равных значений φ (рис.4).

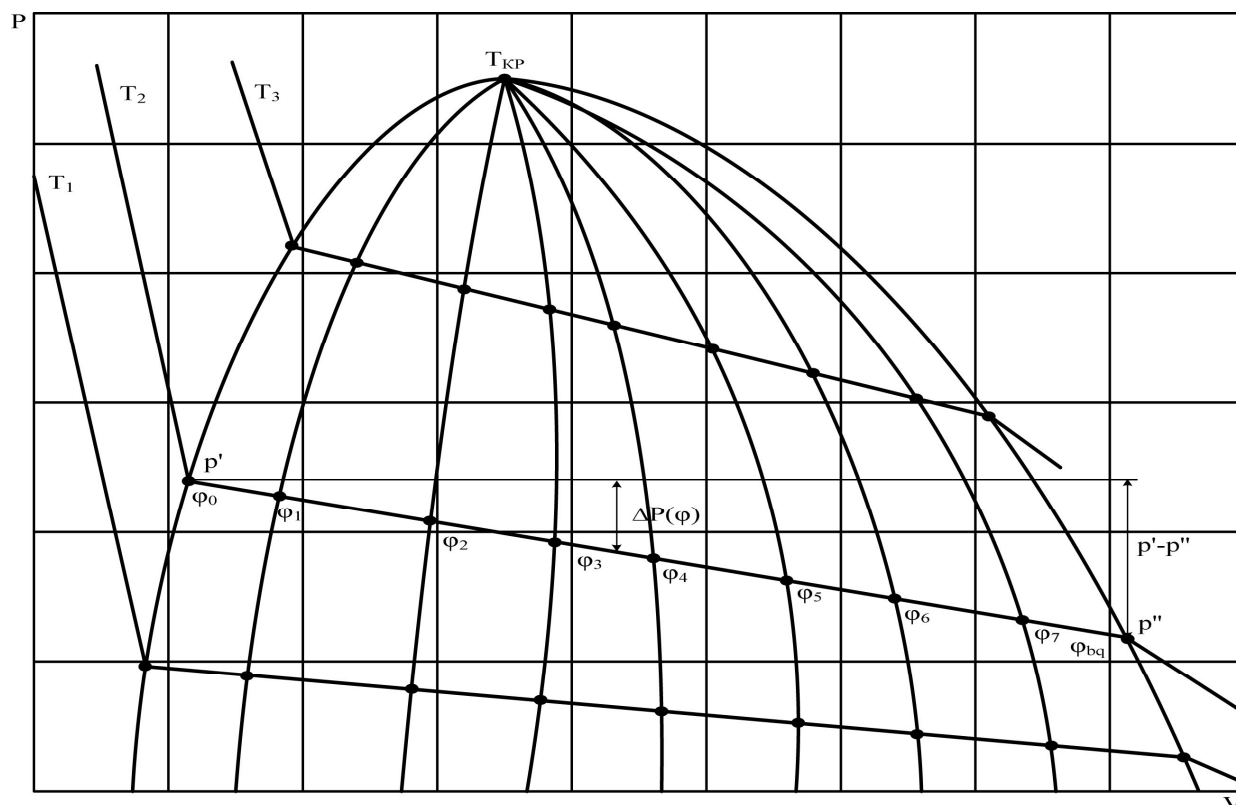


Рис.4. – Линии равных значений φ .

При температурах ниже 230°C значения φ рассчитывались по массе жидкости, слитой из пьезометра, при этом предполагалось, что $\rho_{ж} \gg \rho_{п}$. Равные значения φ наносились на соответствующие изотермы и соединялись плавной кривой. Причём при температурах выше 230°C проводилась экстраполяция линий φ -const вплоть до критической точки.

Были сделаны попытки обобщения давления на различных изотермах при соответствующих значениях φ с использованием в качестве параметров приведения различных комбинаций из критической плотности (критического объёма), критического давления и критической

температуры. Наиболее удачной представляется описание разности

давлений в виде $\Delta\pi(\varphi)=f(\varphi; \pi'-\pi'')$, где $\Delta\pi(\varphi) = \frac{\Delta P(\varphi)}{P'-P''}$, а $\pi' - \pi'' = \frac{P'-P''}{F_{кр}}$.

В результате обработки массива из 350 значений получено двухпараметрическое уравнение вида:

$$\ln \Delta\pi(\varphi) = a_0 + b_1 \ln \varphi + c_1 \ln(\pi' - \pi'') + b_2 (\ln \varphi)^2 + c_2 (\ln(\pi' - \pi''))^2 + b_3 (\ln \varphi)^3 + c_3 (\ln(\pi' - \pi''))^3 \quad (4)$$

Таблица 2.

Коэффициенты уравнения (4)

a_0	b_1	c_1	b_2	c_2	b_3	c_3
71,1959	0,456101	53,345	-0,0817	12,5252	0,00493	0,98661

Среднеквадратическая ошибка описания $\Delta\pi(\varphi)$ по уравнению составляет 3% при максимальных ошибках, не превышающих 5%. В пересчёте на абсолютное давление это соответствует средней ошибке расчёта не превышающей 0,2%. Необходимые для расчёта по уравнению (4) значения π' и π'' получены в результате аналитического описания зависимости приведенного давления от приведённой температуры (π - τ) на пограничной кривой. На рисунке 5 представлен вид этой зависимости для двух фракций различной ширины. Для удобства иллюстрации на графике допущено искажение масштаба, вследствие которого расстояние π' - π'' увеличено в 5 раз.

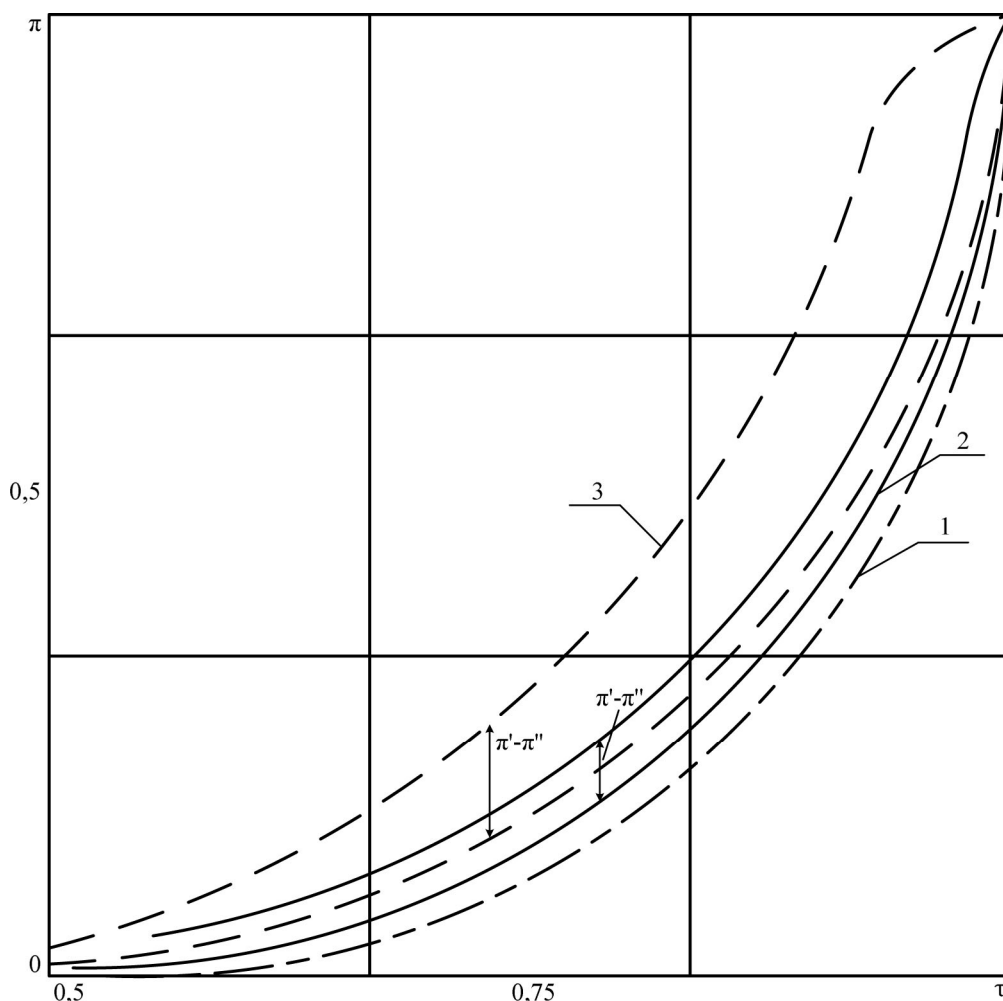


Рис.5. – Пограничные кривые нефтяных фракций.
 1 – опорная кривая, 2 – пограничные кривые узкой фракции, 3 – пограничные кривые широкой фракции.

Анализ графической зависимости π - τ для всех фракций показывает, что линии π' и π'' закономерно расслаиваются. Графики π' - τ , и π'' - τ широких фракций лежат выше соответствующих линий более узких фракций. Разность $\pi' - \pi''$ для всех фракций изменяется в функции от τ , монотонно возрастая практически от нуля при $\tau=0,5$, достигая максимума при $0,85 < \tau < 0,90$ и, затем уменьшается до 0 при $\tau=1$.

При нахождении параметров позволяющих описать расслоение были испытаны фактор ацентричности и различные комбинации параметров состояния и физико-химических характеристик. Наилучшие результаты были получены при использовании в качестве коррелирующего параметра относительно ширины фракции $\Delta\tau = \frac{T_{KK} - T_{HK}}{T_{KF}}$. На рисунке 6 показана

закономерность изменения $\pi'-\pi''$ для фракций с различной относительной шириной, из которой следует, что для некоторой гипотетической фракции с $\Delta\tau=0$, $\pi'-\pi''$ во всех точках должно быть равно 0.

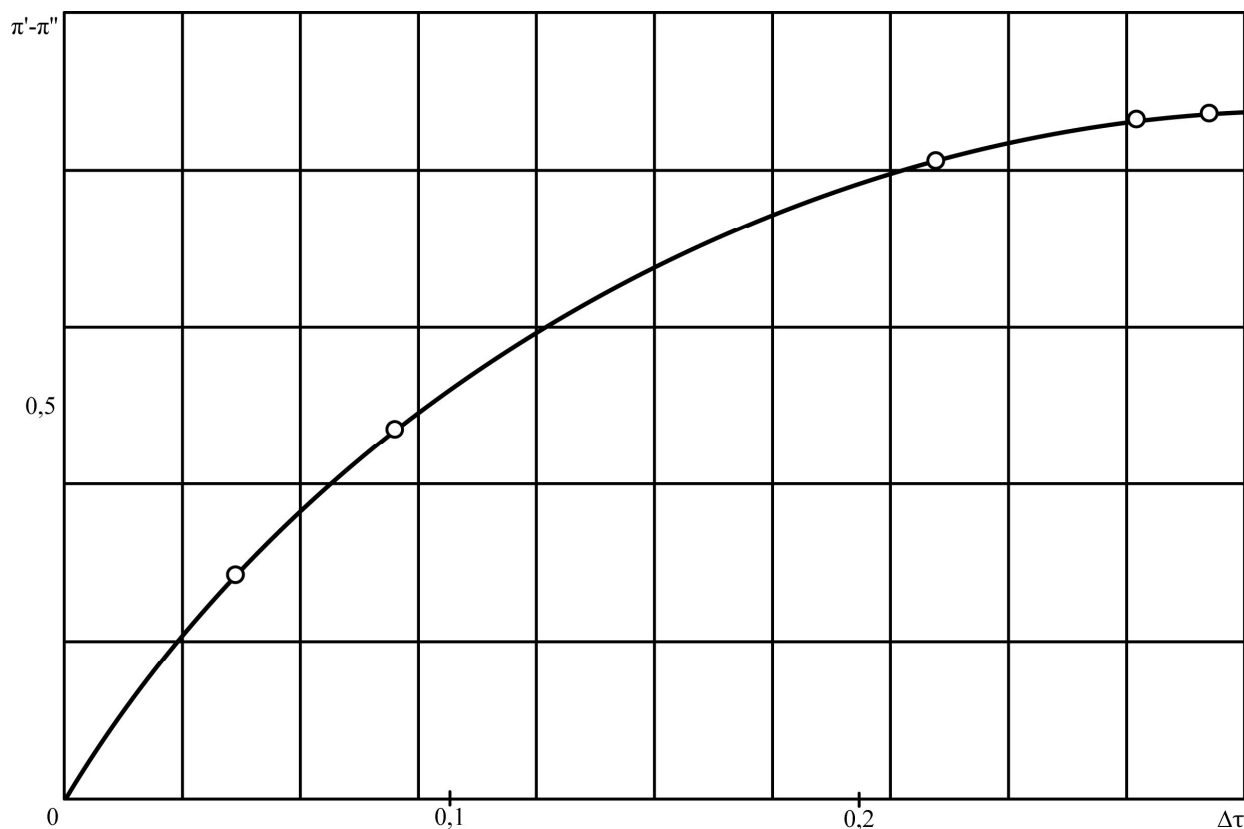


Рис. 6. – Закономерность изменения $\pi'-\pi''$ для фракций с различной относительной шириной.

Предположительно в качестве модели такой фракции можно испытать индивидуальные углеводороды, близкие к исследованным фракциям по температуре кипения и критическим температуре и давлению графическая проверка зависимости давления от температуры некоторых индивидуальных углеводородов, отвечающих указанным выше требованиям по данным [1] в координатах π - τ показала, что они существенно расслаиваются между собой.

Поэтому на основе статистической обработки наших экспериментальных данных посредством экстраполяции $\pi'-\pi''$ на значения соответствующие $\Delta\tau=0$ позволило выделить на графике 5 линию π от τ модельной фракции, которая была принята в качестве опорной кривой для

обобщения зависимости π' от τ и π'' от τ исследованных бензиновых фракций.

Точки опорной кривой были описаны уравнениями, применяющимися при описании давления от температуры для чистых веществ (уравнения Антуана, Кирхгофа, Риделя [2]). Однако при этом наблюдалось систематическое отклонение кривых, описанных по этим уравнениям от опорной кривой. Причём отклонения по мере увеличения τ возрастали. Поэтому значения π от τ на опорной кривой были описаны уравнением вида:

$$\pi = A + B\tau + C\tau^2 + D\tau^3 + E\lg\tau \quad (5)$$

где $A=-56,237871$; $B=116,70118$; $C=-93,837626$; $D=34,374218$; $E=-56,690291$.

Затем в координатах $\Delta\pi$ - τ были построены отклонения левых и правых пограничных кривых от опорной. График зависимости представлен на рисунке 7.

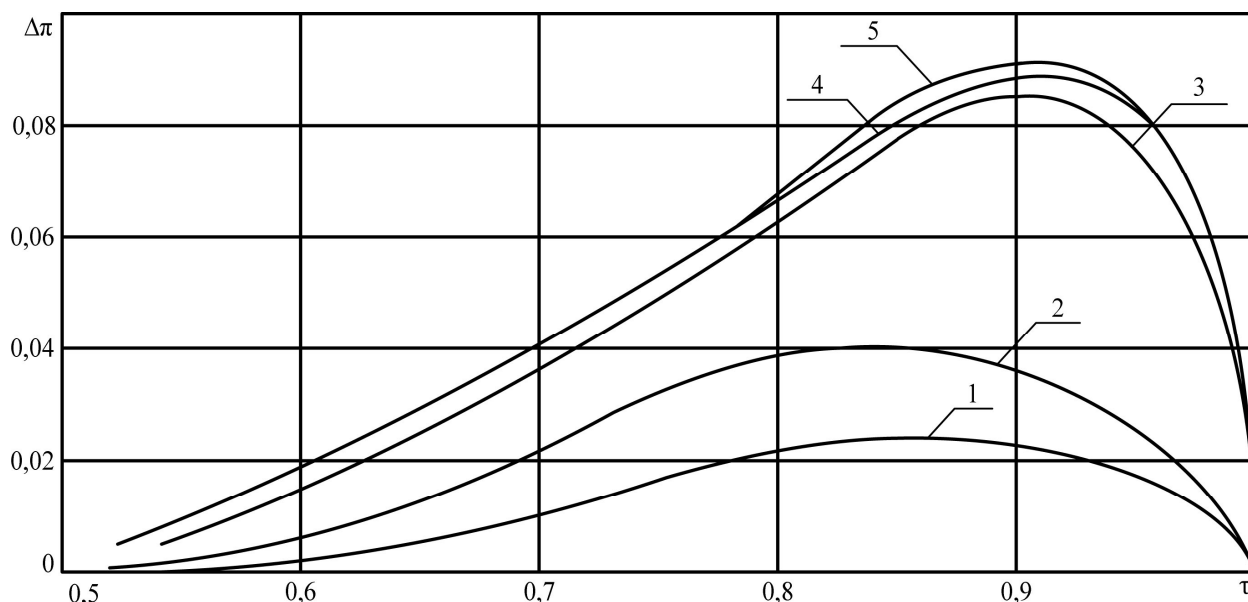


Рис.7. – Отклонение левых пограничных кривых от опорной.

Описание $\Delta\tau$ от τ проводилось отдельно для правой и левой пограничных кривых уравнением вида:

$$\Delta\tau = \alpha + b_0\tau + c_0\Delta\tau + b_1\tau^2 + c_1\Delta\tau^2 + b_2\tau^3 + c_2\Delta\tau^3 + b_3\lg\tau + c_3\lg\Delta\tau + b_4\frac{1}{\tau} \quad (6)$$

где $\Delta\tau$ – относительная ширина фракции $\Delta\tau = \frac{\Delta\tau}{\tau_{\text{сортк}}}$. Коэффициенты

уравнения представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Коэффициенты уравнения (6)

Левая пограничная кривая		Правая пограничная кривая	
$\alpha=317,99019$	$b_2=-71,756129$	$\alpha=-300,50084$	$b_2=54,414265$
$b_0=-576,55377$	$c_2=-10,578539$	$b_0=533,62979$	$c_2=18,791241$
$c_0=-1,4503019$	$b_3=-582,41463$	$c_0=3,7332203$	$b_3=-583,94303$
$b_1=298,29162$	$c_3=0,12596067$	$b_1=-243,85471$	$c_3=-0,29811572$
$c_1=6,5964931$	$b_4=41,233186$	$c_1=-13,533076$	$b_4=-44,246061$

Среднеквадратические отклонения $\Delta\tau$ от экспериментальных данных по уравнению (6) составляют: для левой пограничной кривой 0,009 при максимальном 0,025, для правой пограничной кривой 0,007 при максимальном 0,02.

Список литературы

1. Харченко П. М. Результаты экспериментальных исследований бензиновых нефтяных фракций/ П. М. Харченко, В. П. Тимофеев//Научный журнал КубГАУ. – Краснодар. – 2014. – №98(04).
2. Харченко П. М. Исследование плотности и давления насыщенных пород нефтяных фракций / П. М. Харченко, В. П. Тимофеев// Труды КубГАУ. – Краснодар. – 2012. – Т1. – №39. – С. 140 – 142.
3. Харченко П. М. Экспериментальная установка и методики исследования плотности и ДНП агропромышленных сточных вод/ П. М. Харченко, В. В. Христинченко, Н. А. Блощинский// Труды КубГАУ. – Краснодар. – 2012. – Т1. – №37. – С. 238 – 242.
4. Потапенко И. А. Способ термической обработки деталей машин/ И. А. Потапенко, П. М. Харченко; патент на изобретение RUS 2297459, 12.10.2005.
5. Андрейчук В. К. Термоадаптивный блок озонатора/ В. К. Андрейчук, П. М. Харченко; патент на изобретение RUS 2181103, 19.10.1999.

6. Оськин С. В. Ветроэнергетическая установка/ С. В. Оськин, Д. П. Харченко, П. М. Харченко; патент на изобретение RUS 2299356, 22.02.2006.

7. Харченко П. М. Вентиляция производственных и коммунально-бытовых зданий/ П. М. Харченко, В. В. Христиненко, А. А. Тимофеев// Труды КубГАУ. – Краснодар. – 2012. – Т1. – №37. – С. 271 – 275.

8. Харченко П. М. Расчёт вентиляции и отопления производственного здания/ П. М. Харченко, В. П. Тимофеев// Труды КубГАУ. – Краснодар. – 2013. – Т1. – №42. – С. 152 – 155.

References

1. Harchenko P. M. Rezultati eksperimentalnih issledovaniy benzinovih i neftyanih frakciy/ P. M. Harchenko, V. P. Timofeev//Nauchniy zhurnal KubGAU. – Krasnodar. – 2014. – №98(04).

2. Harchenko P. M. Issledovanie plotnosti i davleniya nasischennih porod neftyanih frakciy/ P. M. Harchenko, V. P. Timofeev// Trudi KubGAU. – Krasnodar. – 2012. – Т1. – №39. – S. 140 – 142.

3. Harchenko P. M. Eksperimentalnaya ustanovka i metodiki issledovaniya plotnosti i DNP agropromishlennih stochnih vod/ P. M. Harchenko, N. A. Bloschinskiy// Trudi KubGAU. – Krasnodar. – 2012. – Т1. – №37. – S. 238 – 242.

4. Potapenko I. A. Sposob termicheskoy obrabotki detaley mashin/ I. A. Potapenko, P. M. Harchenko; patent na izobretenie RUS 2297459, 12.10.2005.

5. Andreychuk V. K. Termoadaptivniy blok ozonatora/ V. K. Andreychuk, P. M. Harchenko; patent na izobretenie RUS 2181103, 19.10.1999.

6. Oskin S. V. Vetroenergeticheskaya ustanovka/ S. V. Oskin, D. P. Harchenko, P. M. Harchenko; patent na izobretenie RUS 2299356, 22.02.2006.

7. Harchenko P. M. Ventilyaciya proizvodstvennih i kommunalno-bitovih zdaniy/ P. M. Harchenko, V. V. Hristichenko, A. A. Timofeyuk// Trudi KubGAU. – Krasnodar. – 2012. – Т1. – №37. – S. 271 – 275.

8. Harchenko P. M. Raschet ventilyacii i otopleniya proizvodstvennogo zdaniya/ P. M. Harchenko, V. P. Timofeev// Trudi KubGAU. – Krasnodar. – 2013. – Т1. – №42. – S. 152 – 155.