

На правах рукописи

АЛЬ-ОКЛА ВАХИБ АБДЕЛЬ

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ УГЛЕВОДОРОДОВ И ПОДГОТОВКА НЕФТИ**

Специальность 05.17.07 –

«Химия и технология топлив и специальных продуктов»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Уфа – 2004

Работа выполнена в Уфимском государственном нефтяном
техническом университете

Научный руководитель	доктор технических наук, профессор Ахметов Сафа Ахметович
Официальные оппоненты:	доктор химических наук, профессор Доломатов Михаил Юрьевич; кандидат технических наук Чуракова Светлана Константиновна.
Ведущая организация	ГУП «Институт нефтехимпереработки» АН РБ.

Защита состоится 28 мая 2004 года в 11-30 на заседании диссертационного совета Д212.289.03 при Уфимском государственном нефтяном техническом университете (УГНТУ) по адресу: 450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Автореферат разослан “27” апреля 2004 года.

Ученый секретарь диссертационного совета

Абдульминев К.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В связи с быстрым развитием химической науки и химической технологии, в т.ч. нефтегазохимической, непрерывно возрастает потребность в информации о физико-химических свойствах (ФХС) и их термобарических закономерностях разнообразных химических веществ и их смесей. Без данных о ФХС участвующих в химико-технологических процессах реагентов не возможен ни один научный или инженерный расчет.

Сегодняшние исследователи в области теоретической и прикладной химии, имеющие возможность пользоваться информационной и вычислительной способностью мощных современных компьютерных систем, все еще вынуждены пользоваться информацией, представленными в многотомных физико-химических справочниках в виде таблиц, номограмм или графических зависимостей. От назревающего кризиса в результате лавинообразного возрастания необработанного информационного потенциала может избавить лишь разработка и массовое внедрение в нефте- и нефтехимическую технологию универсальных математических моделей, адекватно описывающих ФХС и физико-химические закономерности поведения исследованных и, что не менее важно, вновь синтезируемых углеводородов в широком интервале варьирования технологических и термодинамических параметров.

Актуальность разработки математических моделей ФХС углеводородных систем обуславливается также переходом на электронный тип носителей информации, необходимостью создания электронных библиотек, совершенствования автоматизированных систем проектирования технологических процессов разработки и переработки нефти, газоконденсатов и природных газов.

Цель работы. Разработать универсальные математические модели для расчетов критических и стандартных физико-химических свойств и их термической и барической зависимостей, а также для идентификации углеводородов; выбрать оптимальные режимы работы трехступенчатой сепарации нефти в соответствии с возрастающими экологическими требованиями.

Научная новизна. Разработаны математические универсальные модели для расчета стандартных и критических свойств и термобарических зависимостей углеводородов и узких нефтяных фракций, молекулярной массы, идентификации углеводородов и оценки химического состава узких нефтяных фракций, ряд термодинамических свойств углеводородов, в том числе теплоемкости, энтальпии и энтропии, термобарической зависимости констант фазового равновесия узких нефтяных фракций.

Практическая ценность. Предложена математическая модель для расчета физико-химических свойств углеводородных систем и узких нефтяных фракций, которая может быть использована при инженерных расчетах и проектировании массообменных аппаратов и химических реакторов технологических процессов нефтепереработки и нефтехимии. Разработанная модель для расчета физико-химических свойств углеводородов и нефтяных систем используется в Уфимском государственном нефтяном техническом университете студентами в учебном процессе при проведении лабораторных работ по дисциплине «Инженерные расчеты физико-химических свойств веществ», курсового и дипломного проектирования для специальности 250400 «Химические технологии природных энергоносителей и углеродных материалов» и специализации 251800 «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика».

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на секции «Нефтепереработка и нефтехимия» III, IV и V Конгресса нефтегазопромышленников России (2001, 2002 и 2003 гг.) и научно-технических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ.

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 12 научных работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных выводов и изложена на 144 страницах, включает 34 таблицы и 7 рисунков.

Библиография содержит 109 источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проблемы, сформулированы цели и практическая значимость работы.

В первой главе дан анализ современного состояния теории моделирования ФХС газов и жидкостей, рассмотрены известные методы их расчета. Применительно к нефтехимической технологии предложены и находят достаточно широкое применение приближенные модели ФХС, например, для расчетов давления насыщенных паров нефтяного сырья, такие формулы как Кокса, Ашворта, Максвелла и др., базирующиеся на информации только о температурах кипения фракций, что нельзя считать теоретически обоснованными. Рассмотрены теоретические основы учения о ФХС веществ и основы математических методов обработки информации, основные понятия информации и информационной энтропии, характеристики межмолекулярных взаимодействий в жидкостях и газах,

принцип соответственных состояний, критерии ацентричности молекул химических веществ, методы моделирования ФХС.

В предлагаемой модели используется в качестве базовой функции так называемое трансцендентное параболическое регрессионное уравнение вида

$$Y_i = y_0 x_i^{(\alpha_0 + \frac{\alpha_1}{x_i} + \alpha_2 x_i + \frac{\alpha_3}{z_i} + \alpha_4 z_i + \dots)}, \quad (1)$$

где x_i , y_i , z_i - приведенные информационные параметры модели.

Как показали модельные исследования, математические модели на базе уравнения (1) всегда оказываются универсальными, высокоточными и применимыми в широком интервале варьирования параметров.

Значение коэффициентов вычисляются на ЭВМ методом наименьших квадратов по массиву ФХС веществ, представленных в справочной литературе.

Во второй главе представлены методы моделирования и расчетов критических физических констант и молекулярной массы индивидуальных углеводородов и нефтяных фракций.

Применительно к нефтяным системам предлагается модель для расчетов критических констант углеводородного сырья по стандартной температуре кипения $T_{кин}^0$ и относительной плотности ρ_4^{20}

$$\Phi_{кр} = \varphi \cdot \tau^{\alpha_0 + \alpha_1 / \tau + \alpha_2 \cdot \tau + \alpha_3 \cdot \rho_4^{20} + \alpha_4 \cdot (\rho_4^{20})^2}, \quad (2)$$

где $\tau = T_{кин}^0 / 100$, φ , α_0 , α_1 , α_2 , α_3 , α_4 – коэффициенты модели.

В табл. 1 приведены значения коэффициентов модели для расчетов критических констант температуры $T_{кр}$ (К), давления $P_{кр}$ (бар), мольного объема $V_{кр}$ (см³/моль) и коэффициента сжимаемости $Z_{кр}$.

**Значения коэффициентов модели для расчетов
критических констант углеводородов**

Коэффициенты	Критические параметры			
	$P_{кр}$, (бар)	$T_{кр}$, ($^{\circ}$ К)	$V_{кр}$, (см ³ /моль)	$Z_{кр}$
ϕ	191,4295	243,93	65,7138	0,7199
α_0	-6,1405	-0,1666	5,4758	-0,6027
α_1	2,2435	0,0065	-3,9963	-2,0109
α_2	0,00334	-0,0046	-0,0578	-0,0461
α_3	8,8838	1,8263	-5,9245	1,2654
α_4	-4,4109	-0,9851	2,8085	-0,6977

Сопоставление рассчитанных и экспериментальных значений критических констант $T_{кр}$, $P_{кр}$, $V_{кр}$ индивидуальных углеводородов показывает адекватность предложенной математической модели, применимой и для узких нефтяных фракций (средняя Δ , % = 1,4 и максимальная Δ , % = 2,8).

Разработана более точная по сравнению с эмпирической формулой Воинова Б.П. математическая модель для расчета молекулярной массы углеводородов:

$$M = 3.9802 \cdot \tau^{3.1612 + \frac{1.3014}{\tau} + 0.0287\tau - 2.3986\rho_4^{20} + 1.0844\rho_4^{20^2}}, \quad (3)$$

где $\tau = T_{кин}^0 / 100$ - приведенная температура кипения.

Средняя погрешность предложенной модели составила менее 1,4 %, что показывает высокую адекватность предложенной математической модели, тогда как по модели Воинова Б.П. погрешность составляет 12,2 %.

Для узких нефтяных фракций при расчете молекулярной массы следует учитывать влияние содержания сернистых соединений в них (4) и разницу между реальной и среднеарифметической температурой кипения фракции (5):

$$M = \psi_S 3.9802 \cdot \tau^{3.1612 + \frac{1.3014}{\tau} + 0.0287\tau - 2.3986\rho_4^{20} + 1.0844\rho_4^{20^2}}, \quad (3a)$$

$$\psi_S = 1 + 0,0794 C_S^{(0,0954 - 0,768 C_S + 0,2575 C_S^2)}, \quad (4)$$

$$T_{cp} = 1,01(T_{н.к.} + T_{к.к.})/2, \quad (5)$$

где C_s – содержание сернистых соединений в пересчете на серу, % масс.; T_{cp} – реальная средняя температура кипения; $T_{н.к.}$, $T_{к.к.}$ – температуры начала и конца кипения фракции соответственно. Результаты расчета для трех разных нефтей сведены в табл. 2.

Для безаналитической идентификации углеводородов и оценки химического (углеводородного) состава нефтей и нефтяных фракций в качестве количественного критерия идентификации предложена стандартная относительная изомольная плотность $d_{из}^0$, определяемая как отношение стандартных (при $t=20^0$ С) плотностей идентифицируемых химических соединений ρ_i^{20} и нормальных алканов $\rho_{на}^{20}$, имеющих одинаковые молекулярные массы

$$d_{из}^0 = \rho_i^{20} / \rho_{на}^{20}. \quad (6)$$

Для расчета $\rho_{на}^{20}$ получена следующая модель:

$$\rho_{на}^{20} = 3,3539 M^{(-0,2373 - 11,606 / M + 7,935 \cdot 10^{-5} M)}. \quad (7)$$

Применительно к нефтяным системам с неизвестной молекулярной структурой расчет молекулярной их массы производился по формуле (3а). Результаты расчетов $d_{из}^0$ для углеводородов приведены в рис. 1.

Предложенный метод позволяет идентифицировать углеводороды по их температурам кипения и плотностям.

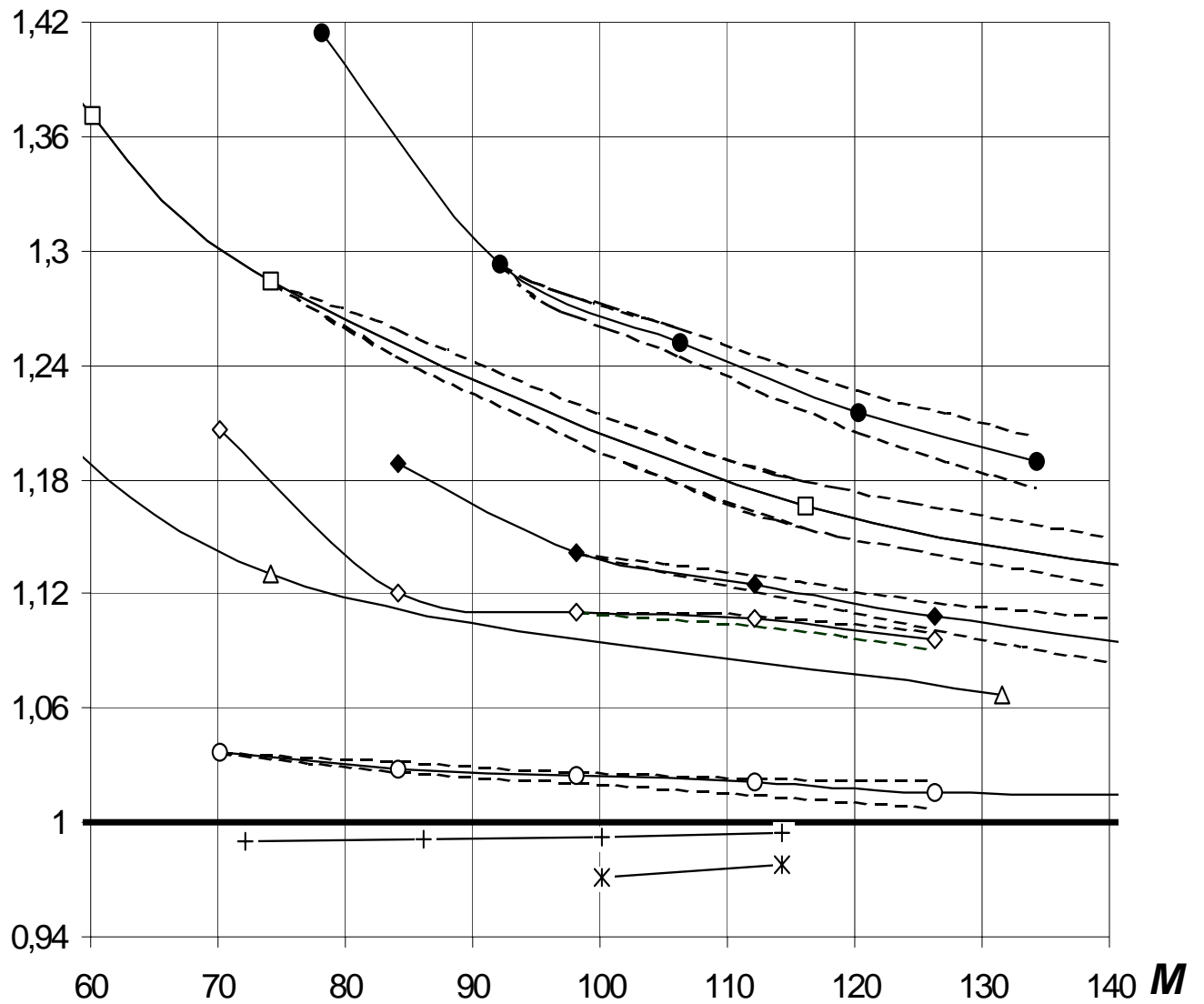


Рис.1. Номограмма для идентификации индивидуальных углеводородов:
— - n-Алканы, ○ - 1-Алкены, + - 2- Метилалканы, ж - 3- Метилалканы,
◇ - Алкилциклопентаны, ◆ - Алкилциклогексаны, • - Алкилбензолы,
△- простые эфиры, □ – Спирты

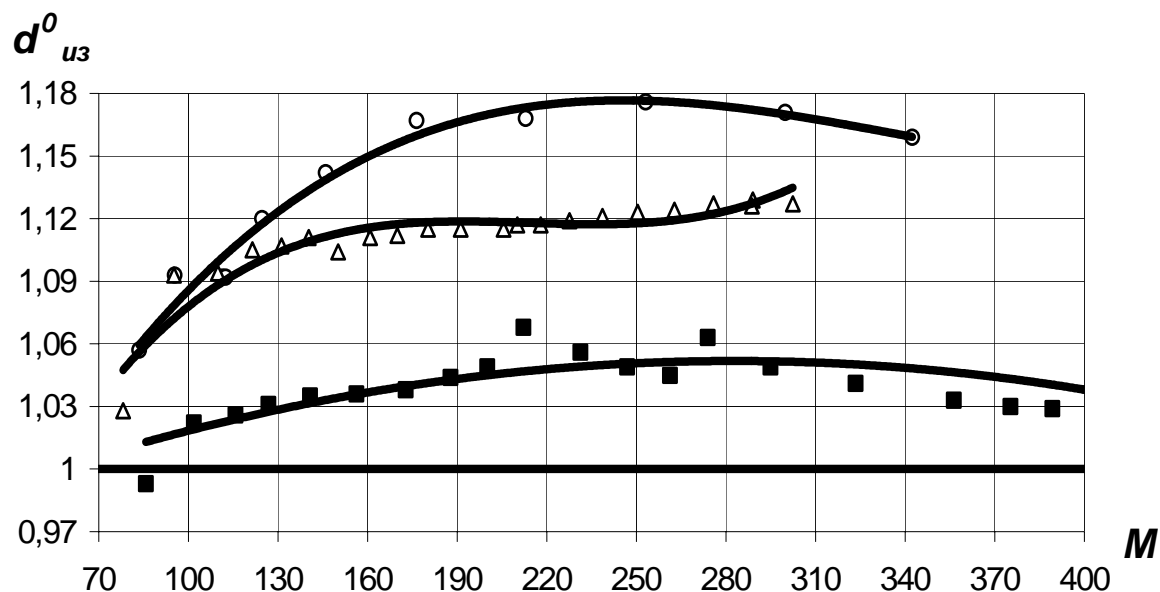


Рис.2 Распределение $d_{из}^0$ по молекулярной массе нефтей:
 Δ - Балаханская, \blacksquare - Жетыбайская, \circ - Тунгусская

Таблица 2

Сравнение экспериментальных и расчетных значений молекулярной массы узких нефтяных фракций

Нефть	$T_{ср}$, ($^{\circ}$ К)	ρ_4^{20}	Cs , %	$M_{экс.}$	$M_{расч.}$	Δ , %
Балаханс- кая	120,7	0,7625	0,0	105,0	107,75	-2,6
	307,5	0,8640	0,0	225,0	223,18	0,8
	395,9	0,8990	0,0	307,0	296,43	3,4
Акташен- ская	76,3	0,6955	0,010	94,0	94,49	-0,5
	259,6	0,8390	0,900	207,0	205,31	0,8
	344,4	0,8910	1,760	267,0	262,32	1,8
Шелканов- ская	106,0	0,7170	0,080	112,0	111,98	0,0
	298,0	0,8732	4,660	228,0	228,83	-0,4
	449,5	0,9430	4,750	370,0	368,69	0,4

Из рис. 2, где представлены результаты расчетов $d_{из}^0$, видно, что наиболее высокими показателями $d_{из}^0$ во всем интервале температур

выкипания фракций характеризуется Тунгусская нефть ароматического типа, а наиболее низкими - Жетыбайская, относящаяся к парафиновому типу нефтей. Непрерывное возрастание значений идентификационного показателя $d_{из}^0$ с повышением температуры выкипания нефтяных фракций обуславливается симбатным увеличением доли циклановых и ароматических составляющих в их молекулярной структуре.

Таким образом, изомольную плотность можно рассматривать как высокочувствительный идентификационный показатель не только применительно к углеводородам, но и нефтяным фракциям.

Третья глава посвящена разработке методов расчетов термической и барической зависимостей ФХС углеводородов и нефтяных фракций. Давление насыщенных паров (ДНП) является одним из фундаментальных свойств химических веществ и важной термодинамической характеристикой равновесия жидкость – пар. С повышением температуры ДНП возрастает и при критической температуре $T_{кр}$ принимает максимальное значение, равное критическому давлению $P_{кр}$.

Предложены модели, разработанные с использованием критических и стандартных констант ($T_{кр}$, $P_{кр}$, $T_{кин}^0$) в качестве опорных точек:

- унифицированная модель Клапейрона-Клаузиуса:

$$\frac{\ln P_T/P_0}{\ln P_{кр}/P_0} = \frac{1/T_{кин}^0 - 1/T}{1/T_{кин}^0 - 1/T_{кр}} ; \quad (8)$$

- унифицированная модель Антуана:

$$\frac{\ln P_T/P_0}{\ln P_{кр}/P_0} = \frac{1/(T_{кин}^0 + C) - 1/(T + C)}{1/(T_{кин}^0 + C) - 1/(T_{кр} + C)}, \quad (9)$$

а также предлагаемая нами модель применительно к нефтяным системам:

$$P_{\tau} = P_0 \tau_{кин}^{(\alpha_0 + \alpha_1 / \tau_{кин} + \alpha_2 \tau_{кин} + \alpha_3 \rho_4^{20} + \alpha_4 (\rho_4^{20})^2 + \alpha_5 T_{кин}^0 / 273,15)}, \quad (10)$$

где P_0 – стандартное давление, равное атмосферному; C – поправочный температурный коэффициент Антуана; $\tau = T / T_{кип}^0$.

Значения коэффициентов модели (10): $\alpha_0 = -2,8718$; $\alpha_1 = 10,4113$;

$$\alpha_2 = 2,5858; \quad \alpha_3 = -2,8981; \quad \alpha_4 = 2,081 \quad \text{и} \quad \alpha_5 = 1,2406.$$

Показано, что унифицированная модель ДНП Клапейрона-Клаузиуса применима для любых химических веществ, однако, характеризуется посредственной адекватностью (до $\cong 5\%$), что приемлемо только для приближенных расчетов. Унифицированная модель Антуана обладает по сравнению с (8) более высокой точностью, но требует предварительного вычисления значения C .

Сравнение экспериментальных и рассчитанных по модели (10) значений ДНП углеводородов показало адекватность $\Delta_{\text{макс}} < 3\%$ и применимость для расчетов ДНП любого представителя гомологического ряда углеводородов, а также узких нефтяных фракций.

Барическую зависимость температуры кипения веществ следует рассматривать как обратную функцию термической зависимости ДНП при условии равенства ДНП жидкости внешнему ($P_T = P$). Решением унифицированной модели ДНП Клапейрона-Клаузиуса применительно к $P_T = P$:

$$\frac{\ln P / P_0}{\ln P_{KP} / P_0} = X_{\Pi} = \frac{1 - T_{кип}^0 / T_{кип}^{\Pi}}{1 - T_{кип}^0 / T_{кр}}, \quad (11)$$

относительно $T_{кип}^{\Pi}$ является:

$$T_{кип}^{\Pi} = \frac{T_{кип}^0}{1 - X_{\Pi}(1 - T_{кип}^0 / T_{кр})}. \quad (12)$$

Расчетами $T_{кип}^{\Pi}$ для углеводородов показано, что унифицированная модель (12) характеризуется достаточной точностью ($\Delta_{\text{МАХ}} < 1, \%$).

Пользуясь табулированными справочными данными применительно к углеводородным системам, разработана следующая модель стандартной теплоты испарения $L_{ис}^0$:

$$L_{ис}^0 = 4659 T_{кип} f(T_{кип}, \rho_4^{20}) \rho_4^{20} f(\rho_4^{20}), \quad (13)$$

где

$$f(T_{кип}, \rho_4^{20}) = -45,3939 - \frac{2,7365}{T_{кип}} + 4,4522 T_{кип} + \frac{16,718}{\rho_4^{20}} + 35,5678 \rho_4^{20} - 6,6095 \rho_4^{20^2}$$

$$f(\rho_4^{20}) = 26,869 - \frac{8,3708}{\rho_4^{20}} - 22,3655 \rho_4^{20}.$$

Сравнение расчетных по модели (13) и экспериментальных значений $L_{ис}^0$ показало адекватность предложенной модели (средняя $\Delta=0,7$, %), применимой и для узких нефтяных фракций.

По признакам адекватности и универсальности современным информационным требованиям в наибольшей степени удовлетворяют следующие термические модели плотности жидкостей:

- Мановяна А.К. применительно к нефтяным системам:

$$\rho_t^{жс} = 1000 \rho_4^{20} - \frac{0,58}{\rho_4^{20}} (t - 20) - \frac{[t - 1200(\rho_4^{20} - 0,68)]}{1000} (t - 20); \quad (14)$$

- Матиаса применительно к любым жидкостям для веществ с $T_{кр} > 293,15$ K:

$$\rho_t^{жс} = \rho_4^{20} \frac{2 - \frac{T}{T_{кр}}}{2 - \frac{293,15}{T_{кр}}}. \quad (15)$$

Нами разработана следующая адекватная и универсальная термическая модель плотности для углеводородов и узких нефтяных фракций:

$$\rho_\tau^{жс} = \rho_4^{20} \tau f(\tau, \rho_4^{20}), \quad (16)$$

где

$$f(\tau, \rho_4^{20}) = -0.0022 - \frac{0.0103}{\tau} - 0.12344\tau - 0.81529\rho_4^{20} + 0.7498\rho_4^{20^2} + 4.5 \cdot 10^{-5}\tau^*,$$

$$\tau = T / 293.15, \quad \tau^* = T_{кун}^0 / 100.$$

Сравнение экспериментальных и вычисленных по моделям (14 – 16) значений ρ_T^{pc} показало, что все три рассматриваемые модели характеризуются адекватностью и универсальностью, где средняя погрешность составляет соответственно (0.7, 0.4, 0.5%) . Недостатком модели Матиаса является требование наличия исходной информации о критической температуре веществ, что затрудняет ее использование применительно к нефтяным системам.

Разработаны применительно к углеводородным газам следующие универсальные модели для расчетов:

– энтропии при 300°C S_{300}^0 :

$$S_{300} = 88.86(\rho_4^{20}) f(\rho_4^{20}) \tau f(\tau, \rho_4^{20}), \quad (17)$$

где $\tau = T_{кун}^0 / 300$, $f(\rho_4^{20}) = -75.506 + 23.879/\rho_4^{20} + 59.91\rho_4^{20}$,

$$f(\tau, \rho_4^{20}) = 50.632 - 0.647/\tau - 0.339\tau - 18.814/\rho_4^{20} - 30.42\rho_4^{20} - 0.081\tau\rho_4^{20};$$

– термической зависимости энтропии S_T^0 :

$$S_T^0 = S_{300} \tau^{(0.002 - 0.0053/\tau - 0.0001\tau + 16.5734/S_{300} + 0.0029S_{300})}; \quad (18)$$

– термической зависимости изобарной теплоемкости C_{PT}^0 :

$$C_{PT}^0 = 582.76\psi S_T^0 (-0.106 - 41.764/S_T^0 + 0.000211S_T^0 - 21.974/\tau - 0.00003\tau) \quad (19)$$

где τ – приведенная температура, рассчитанная как $\tau = T/100$, ψ – поправочный коэффициент.

Средняя погрешность моделей (18) и (19) для расчетов S_T^0 , C_{PT}^0 составляет соответственно 2.2 и 3.4 %, что говорит, о том, что предлагаемые

математические модели адекватны в температурной области 300 – 1000 °С и применимы для всех классов углеводородов.

Применительно к углеводородным газам нами разработаны следующие стандартная и термическая модели динамической вязкости (сп):

$$\eta_{20} = \varphi \tau_{кин}^{f(\tau_{кин}, \rho_4^{20})}, \quad (20)$$

где $f(\tau_{кин}, \rho_4^{20}) = \alpha_0 + \alpha_1 / \tau_{кин} + \alpha_2 \tau_{кин} + \alpha_3 \rho_4^{20}$, $\tau_{кин} = T_{кин}^0 / 300$;

$$\eta_T = \eta_{20} \tau^{f(\tau, \rho_4^{20})}, \quad (21)$$

где $f(\tau, \rho_4^{20}) = \alpha_0 + \alpha_1 / \tau + \alpha_2 \tau + \alpha_3 \rho_4^{20} + \alpha_4 \rho_4^{20^2}$, $\tau = T / 293,16$.

Значение коэффициентов модели (20 и 21) приведены в табл. 3.

Из результатов расчетов η_{20} и η_T , средняя погрешность которых составляет соответственно 1,1 и 1,8 %, видно, что предложенные модели адекватны и могут быть рекомендованы для инженерных расчетов.

Таблица 3

Значения коэффициентов стандартной и термической моделей динамической вязкости

Коэффициенты	Алканы	1-алкены	Цикланы	Арены	
η_{20}	φ	0,2228	0,1109	0,0543	134,0081
	α_0	-2,7971	-11,0783	-262,5051	233,0478
	α_1	-0,6806	9,4450	159,7594	-196,3665
	α_2	1,1236	4,1924	56,2819	-60,6127
	α_3	7,0433	4,0938	99,3081	-27,5304
η_T	α_0	-48,824	-51,95	109,5	
	α_1	0,2582	1,773	15,56	
	α_2	2,8310	4,472	15,43	
	α_3	145,5	144,94	-352,4	
	α_4	-120,3	-120,57	214,2	

Четвертая глава посвящена моделированию и расчетам стабилизации нефти сепарацией.

Константа фазового равновесия K является одним из фундаментальных свойств жидкостей и газов.

Нами для расчета констант фазового равновесия предлагается следующая формула:

$$K = \varphi \psi \tau^{(\alpha_0 + \frac{\alpha_1}{\tau} + \alpha_2 \tau + \alpha_3 \rho_4^{20} + \alpha_4 (\rho_4^{20})^2 + \alpha_5 \tau_{кип})}, \quad (22)$$

где

$$\psi = \frac{\tau (0,06347 + \frac{0,21187}{P} + 0,0053P)}{P}, \quad (23)$$

$\tau = T / T_{кип}^0$; $\tau_{кип} = T_{кип}^0 / 273,16$; T , $T_{кип}^0$ – температуры системы и кипения компонентов или фракций, $^{\circ}\text{K}$; P – давление в системе, атм; ρ_4^{20} – плотность при нормальных условиях. Значения коэффициентов формулы (22) для углеводородов и нефтяных фракций в интервале рабочих температур 15 – 500 $^{\circ}\text{C}$ и давлении 1- 35 ата приведены в табл. 4.

Таблица 4

Значения коэффициентов формулы (22)

Компоненты, температуры кипения	φ	α_0	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5
H ₂ S	4,009	5,925	3,168	-0,419	-29,466	89,195	-20,401
CO ₂	9,834	-1,227	5,507	-0,301	-15,775	20,990	6,625
15 – 100	0,918	1,923	9,095	-0,215	2,523	-2,496	-1,068
100 – 200	0,843	-1,221	10,75	0,247	7,993	-7,253	-1,012
200 – 300	0,571	2,162	11,537	0,024	-2,568	2,850	-1,220
300+	0,090	5,038	14,986	-0,120	-10,384	13,589	-2,029

Расчеты K по формуле (22) и по номограмме Уинна показали примерно одинаковые результаты. Однако формула (22) более проста, используется на

более широком интервале давления и может быть рекомендована для инженерных расчетов.

Была предложена технологическая схема трехступенчатой сепарации нефти Оренбургского месторождения (рис. 3). Необходимо было подобрать оптимальный режим работы. Критерием оптимизации являлось содержание сероводорода в газах. Состав пластовой нефти представлен в табл. 5.

Были рассчитаны выходы и концентрации потоков данной схемы при различных давлениях и температуре 15 °С на каждой ступени сепарации.

Таблица 5

Состав (% масс) и расход (т/ч) нефти после сепарации

Компонент	Состав пластовой нефти	Состав нефти после сепарации по ступеням при расчете <i>K</i> по					
		номограмме Уинна			формуле (22)		
		Ступени			Ступени		
		1	2	3	1	2	3
N ₂	0,14	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
H ₂ S	2,7	2,39	1,49	0,57	2,16	1,26	0,53
CO ₂	0,91	0,54	0,15	0,02	0,52	0,14	0,02
CH ₄	5,87	2,06	0,30	0,02	2,36	0,47	0,05
C ₂ H ₆	1,71	1,42	0,76	0,23	1,41	0,71	0,25
C ₃ H ₈	1,74	1,71	1,43	0,90	1,69	1,38	0,93
i-C ₄ H ₁₀	1,05	1,08	1,03	0,86	1,07	1,02	0,87
n-C ₄ H ₁₀	1,0	1,04	1,02	0,91	1,03	1,01	0,92
i-C ₅ H ₁₂	1,3	1,36	1,39	1,36	1,36	1,39	1,37
n-C ₅ H ₁₂	1,2	1,26	1,30	1,29	1,26	1,30	1,29
C ₆ H ₁₄	3,0	3,16	3,28	3,35	3,17	3,31	3,37
C ₇ H ₁₆₊	79,38	83,96	87,86	90,48	83,95	88,00	90,39
Расход, т/ч	15	14,17	13,51	13,07	14,17	13,5	13,10

Результаты расчетов показали, что наилучшим режимом работы является режим при следующих давлениях: на 1 ступени – 35 атм., на 2 ступени – 10 атм., на 3 ступени – 1 атм. В этом режиме суммарная концентрация сероводорода в газах 1 и 2 ступени составляет 7,4 % от объема, а на 3 ступени 25 % от объема. Выход товарной нефти составляет 13 т/ч.

ВЫВОДЫ

- 1- Разработаны применительно к углеводородным системам методы расчетов их критических и стандартных констант по двум легкоизмеряемым физическим свойствам - по плотности и температуре кипения.
- 2- Предложены методы расчетов термической и барической зависимостей физико-химических свойств углеводородов и нефтяных фракций, таких как давление насыщенных паров, температура кипения жидкости при нестандартных давлениях, плотность, теплота парообразования, энтальпия, энтропия, теплоемкость и вязкость.
- 3- Предложено более точное по сравнению с формулой Воинова уравнение для расчета молекулярной массы углеводородов и нефтяных фракций.
- 4- Сформулирован безаналитический метод для идентификации углеводородов и оценки химического состава узких нефтяных фракций и предложен критерий классификации нефти.
- 5- На основе номограммы Уинна для нефтепродуктов предложено уравнение для расчета констант фазового равновесия и проведен сравнительный анализ.
- 6- По разработанной программе на ЭВМ определены коэффициенты модели для расчетов ФХС углеводородов и узких нефтяных фракций.
- 7- Применительно к нефти Оренбургского месторождения определены режимные параметры трехступенчатой сепарации, удовлетворяющие экологическим требованиям.

**Основные результаты диссертации изложены в
следующих работах:**

1.Ахметов С.А., Аль-Окла В.А. Новые универсальные модели физико-химических свойств углеводородов и узких нефтяных фракций: универсальная модель для расчета молекулярной массы углеводородов и узких нефтяных фракций // Изв. вузов. Нефть и газ. - 2002. – № 2. – С. 79-82.

2.Ахметов С.А., Ка А.С., Аль-Окла В.А. Математическая модель для идентификации и расчета молекулярной массы индивидуальных углеводородов по их температуре кипения и плотности // Нефтепереработка и нефтехимия: Материалы секции Д. III Конгресса нефтегазопромышленников России – Уфа, - С.245-247.

3.Ахметов С.А., Аль-Окла В.А., Габдрахманова А.А. Математическая модель для расчета молекулярной массы углеводородов по температурам кипения и показателям преломления: Материалы научно-практической конференции. – Уфа: Изд-во ИНХП, 2002. – С. 248-249.

4.Ахметов С.А., Аль-Окла В.А., Габдрахманова А.А. Математическая модель для идентификации индивидуальных углеводородов по их температурам кипения и показателям преломления // Нефтепереработка и нефтехимия: Материалы научно-практической конференции. – Уфа: Изд-во ИНХП, 2002. – С. 249-250.

5.Ахметов С.А., Аль-Окла В.А. Математическая модель термической зависимости плотности и энтальпии углеводородов и узких нефтяных фракций // Нефтепереработка и нефтехимия: Материалы научно-практической конференции. – Уфа: Изд-во ИНХП, 2002. – С. 250-251.

6.Аль-Окла В.А., Хасанова Л.Н. Универсальная математическая модель температурной зависимости энтропии индивидуальных углеводородов. // Нефтепереработка и нефтехимия: Материалы научно-практической конференции. – Уфа: Изд-во ИНХП, 2002. – С. 252-253.

7.Ахметов С.А., Аль-Окла В.А. Математическая модель для идентификации индивидуальных углеводородов и узких нефтяных фракции // Изв. вузов. Нефть и газ. 2003. – № 2 – С. 108 – 113.

8.Ахметов С.А., Аль-Окла В.А. Математическая модель для идентификации углеводородов и оценки химического состава узких нефтяных фракций // Нефтепереработка и нефтехимия: Материалы научно-практической конференции - Уфа: Изд-во ИНХЛ, 2003.- С. 255-257.

9.Ахметов С.А., Аль-Окла В.А. Математические модели для расчетов энтропии и изобарной теплоемкости углеводородных газов // Нефтепереработка и нефтехимия: Материалы научно-практической конференции. - Уфа: Изд-во ИНХЛ, 2003.- С. 257-259.

10.Ахметов С.А., Аль-Окла В.А. Математические модели для расчета молекулярной массы узких нефтяных фракций // Нефтепереработка и нефтехимия: Материалы научно-практической конференций. - Уфа: Изд-во ИНХЛ, 2003.- С. 261-262.

11.Аль-Окла В.А., Крылова Ю.С. Расчет констант фазового равновесии углеводородов и узких нефтяных фракций // Нефтепереработка и нефтехимия: Материалы научно-практической конференции. - Уфа: Изд-во ИНХЛ, 2003.- С. 293-294.

12.Ахметов С.А., Аль-Окла В.А. Моделирование и инженерные расчеты физико-химических свойств углеводородных систем. - Уфа: РИО РУНМЦ МО РБ, 2003 .- 160 с.

Подписано в печать 04.2004. Бумага офсетная. Формат 60x84 1/16.

Печать трафаретная. Печ. л. Тираж 90 экз. Заказ

Типография Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Адрес типографии: 450062, г. Уфа, ул. Космонавтов,1.