

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА
СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ
(ГСССД)**

Разрешаю на депонирование

Генеральный директор

ФГУП "СТАНДАРТИНФОРМ"



А. А. Коровайцев

УДК 547.216:536.7

ТАБЛИЦЫ СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ

**О-КСИЛОЛ. ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА (ПЛОТНОСТЬ, ТЕПЛОЕМКОСТЬ,
ЭНТАЛЬПИЯ, ЭНТРОПИЯ, СКОРОСТЬ ЗВУКА, КОЭФФИЦИЕНТЫ
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И ВЯЗКОСТИ) В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТ ТРОЙНОЙ
ТОЧКИ ДО 700 К ПРИ ДАВЛЕНИЯХ ДО 100 МПА**

ГСССД 300 – 2014

(ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ РЕДАКЦИЯ, тема RU.3.063-2014)

Москва – 2014

РАЗРАБОТАНЫ ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» с участием специалистов ООО «ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ» (д-р техн. наук Б. А. Григорьев) и ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технических университет» (д-р техн. наук А. А. Герасимов, канд. техн. наук И. С. Александров)

ОДОБРЕНЫ экспертной комиссией в составе:

д-ра техн. наук А. Ф. Богатырева,
канд. техн. наук А. С. Макаровой,
канд. физ.-мат. наук Е. Е. Городецкого,
канд. техн. наук Ю. В. Мамонова.

ПОДГОТОВЛЕНЫ к утверждению Российским научно-техническим центром информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия (ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»)

УТВЕРЖДЕНЫ Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии **24.11.2014 г. (протокол № 6)**

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА
СТАНДАРТНЫХ СПРАВЧНЫХ ДАННЫХ**

Таблицы стандартных справочных данных

о–Ксилол. Теплофизические свойства (плотность, теплоемкость, энтальпия, энтропия, скорость звука, коэффициенты теплопроводности и вязкости) в диапазоне температуры от тройной точки до 700 К при давлениях до 100 МПа

**ГСССД
300-2014**

Tables of Standard Reference Data

o– Xylol. Thermodynamic properties
in the range from the triple point temperature
up to 700 K at pressures up to 100 MPa

**GSSSD
300-2014**

ДЕПОНИРОВАННАЯ РУКОПИСЬ

УДК 547.216:536.7

Таблицы стандартных справочных данных ГСССД 300 – 2014. о–Ксилол. Теплофизические свойства (плотность, теплоемкость, энтальпия, энтропия, скорость звука, коэффициенты теплопроводности и вязкости) в диапазоне температуры от тройной точки до 700 К при давлениях до 100 МПа/ Григорьев Б. А., Герасимов А. А., Александров И. С. Григорьев Е. Б., Сафронов Г. А., Российский научно-исследовательский центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия (ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ») ” – М., 2014, - 63 с.: Ил. – Библиогр. назв. – Рус. – назв. Депонированы во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» **31.10.2013 г., № 882– 2014 кк.**

Авторы:	Григорьев Б. А.
	Герасимов А. А.
	Александров И. С.
	Григорьев Е. Б.
	Г. А. Сафронов

Содержание

1. Термодинамические свойства	5
2. Коэффициенты переноса	9
3. Список литературы	11
4. Приложение А. Методика разработки уравнения состояния	17
5. Приложение Б. Б.1. Анализ результатов и оценка точности табличных значений ТДС	22
Таблица Б.1 Результаты сравнения данных о термодинамических свойствах о-ксилола с рассчитанными по фундаментальному уравнению состояния значениями	29
Таблица Б.2 Анализ результатов и оценка точности табличных значений свойств переноса	33
Таблица Б.3 Результаты сравнения экспериментальных данных о теплопроводности о-ксилола с рассчитанными по уравнению (17) значениями	34
Таблица Б.4. Теплофизические свойства о-ксилола в однофазной области	36
Таблица Б.5. Теплофизические свойства о-ксилола на линии насыщения	51
Таблица Б.6 Поля неопределенности расчета плотности	55
Таблица Б.7 Теплофизические свойства о-ксилола в однофазной области	55
Таблица Б.8 Поля неопределенности расчета скорости распространения звука	56
Таблица Б.9 Поля неопределенности расчета коэффициента теплопроводности	56
Таблица Б.10 Поля неопределенности расчета коэффициента динамической вязкости	57
Таблица Б.11 Поля неопределенности расчета теплофизических свойств на линии равновесия «жидкость – газ»	58

1. Термодинамические свойства

Таблицы стандартных справочных данных о термодинамических свойствах оксилола рассчитаны по фундаментальному уравнению состояния ФУС, описывающему свободную энергию Гельмгольца $a(\rho, T)$ в зависимости от температуры T и плотности ρ . Безразмерная свободная энергия Гельмгольца $\alpha(\delta, \tau)$ представлена в виде суммы идеально-газовой части $\alpha^0(\delta, \tau)$ и избыточной части $\alpha^r(\delta, \tau)$ уравнением (1).

$$\frac{a(\rho, T)}{RT} = \alpha(\delta, \tau) = \alpha^0(\delta, \tau) + \alpha^r(\delta, \tau), \quad (1)$$

В свою очередь избыточная часть свободной энергии Гельмгольца представлена в виде разложения в ряд по степеням приведенной температуры τ и приведенной плотности δ с полиномиальными и экспоненциальными членами. При этом использовалась оптимизированная форма ФУС, предложенная Соном и Эли [1], с дополнительно оптимизированными значениями показателей степени при приведенной температуре

$$\alpha^r(\tau, \delta) = \sum_{i=1}^6 n_i \tau^{t_i} \delta^{d_i} + \sum_{i=7}^{14} n_i \tau^{t_i} \delta^{d_i} \exp(-\delta^{p_i}) \quad (2)$$

где $\delta = \rho/\rho_c$; $\tau = T_c/T$; ρ_c , T_c – параметры приведения, в качестве которых приняты критические значения. В частности для о-ксилола: $\rho_c = 2,69860$ кмоль/м³, $T_c = 630,26$ К.

Определение коэффициентов ФУС и производилось по алгоритму, реализующему метод случайного поиска с возвратом при неудачном шаге [2].

Минимизируемый функционал содержал как слагаемые, ответственные за точность аппроксимации результатов измерений разнородных данных о термодинамических свойствах, так и различные ограничения, накладываемые в виде неравенств на термодинамическую поверхность. Основными видами ограничений являлись: критические условия, правило Максвелла, контроль кривизны идеальных кривых, положительность теплоемкости, правило прямолинейного диаметра, контролирование знаков производных различных термодинамических величин и т.д. Эти ограничения обеспечивают «физическую» форму поверхности состояния и улучшают экстраполяционные возможности уравнения.

Безразмерная идеально-газовая часть свободной энергии Гельмгольца определяется по соотношению

$$\alpha^0 = \frac{h_0^0 \tau}{RT_c} - \frac{s_0^0}{R} - 1 + \ln \frac{\delta \tau_0}{\delta_0 \tau} - \frac{\tau}{R} \int_{\tau_0}^{\tau} \frac{C_p^0}{\tau^2} d\tau + \frac{1}{R} \int_{\tau_0}^{\tau} \frac{C_p^0}{\tau} d\tau, \quad (3)$$

где $\delta_0 = \rho_0/\rho_c$; $T_0 = T_c/T_0$; T_0, p_0 – вспомогательная опорная точка ($T_0 = 298,15$ К; $p_0 = 101325$ Па); ρ_0 – плотность идеального газа при температуре T_0 и давлении p_0 ; h_0^0, s_0^0 – соответственно энтальпия и энтропия в идеально-газовом состоянии при температуре T_0 .

Для расчета функции α^0 необходимы данные об изобарной теплоемкости в состоянии идеального газа C_p^0 . Были приняты значения, полученные в Термодинамическом Исследовательском Центре [3] и аппроксимированы уравнением

$$\frac{C_p^0}{R} = \sum_{i=-3}^3 c_i T^i \quad (4)$$

где $R = 8,314472$ Дж/(моль·К) – универсальная газовая постоянная. Значения коэффициентов c_i представлены в табл. 1.

Термодинамическое соотношение (3) совместно с эмпирической зависимостью (4) приводят к следующей формуле для расчета α^0

$$\alpha^0 = \sum_{i=-3}^3 \alpha_i T^i + \alpha_3 \ln T + \alpha_4 T \ln T + \ln \delta \quad (5)$$

Значения коэффициентов α_i представлены в табл. 1.

Таблица 1. Значения коэффициентов уравнений (4) и (5) для идеально-газовых функций о-ксилола

i	c_i	α_i
-3	-	-0,4142752
-2	$-0,4148245 \cdot 10^6$	$0,580718 \cdot 10^1$
-1	$0,6384070 \cdot 10^4$	$-0,4098411 \cdot 10^2$
0	$-0,3211469 \cdot 10^2$	$-0,3054636 \cdot 10^2$
1	0,1300548	$0,3906168 \cdot 10^2$
2	$-0,8771592 \cdot 10^{-4}$	0,5221513
3	$0,1985698 \cdot 10^{-7}$	$-0,3311469 \cdot 10^2$
4	-	$-0,1012928 \cdot 10^2$

Коэффициенты и показатели степени при температуре и плотности оптимизированного уравнения (2) представлены в таблице 2. Более подробно процедура построения ФУС описана в Приложении А.

Таблица 2. Коэффициенты и показатели степени ФУС (2) о-ксилола

i	n_i	t_i	d_i	p_i
1	$0,18630576 \cdot 10^1$	1,498	1	0
2	$0,11615967 \cdot 10^1$	0,254	1	0
3	$-0,38474715 \cdot 10^1$	1,251	1	0
4	$0,10371854 \cdot 10^0$	0,255	3	0
5	$0,27322819 \cdot 10^{-3}$	0,875	7	0
6	$-0,20268879 \cdot 10^0$	1,378	2	0
7	$-0,10070292 \cdot 10^{-2}$	0,593	1	1
8	$-0,47447416 \cdot 10^{-1}$	2,138	1	1
9	$0,33380968 \cdot 10^0$	2,000	2	1
10	$-0,16386700 \cdot 10^{-1}$	2,101	5	1
11	$-0,43229808 \cdot 10^0$	3,450	1	2
12	$0,44246365 \cdot 10^{-2}$	5,255	1	2
13	$-0,10678869 \cdot 10^0$	4,750	4	2
14	$-0,74608548 \cdot 10^{-2}$	15,638	2	3

Термодинамические свойства рассчитывались по ФУС (2) с использованием известных дифференциальных соотношений термодинамики:

плотность

$$\frac{p}{\rho RT} = 1 + \delta\alpha_{\delta}^r, \quad (6)$$

энтальпия

$$\frac{h}{RT} = 1 + \tau(\alpha_{\tau}^0 + \alpha_{\tau}^r) + \delta\alpha_{\delta}^r, \quad (7)$$

энтропия

$$\frac{s}{R} = \tau(\alpha_{\tau}^0 + \alpha_{\tau}^r) - \alpha^0 - \alpha^r, \quad (8)$$

изохорная теплоемкость

$$\frac{c_v}{R} = -\tau^2(\alpha_{\tau\tau}^0 + \alpha_{\tau\tau}^r), \quad (9)$$

изобарная теплоемкость

$$\frac{c_p}{R} = -\tau^2(\alpha_{\tau\tau}^0 + \alpha_{\tau\tau}^r) + \frac{(1 + \delta\alpha_{\delta}^r - \delta\tau\alpha_{\delta\tau}^r)^2}{1 + 2\delta\alpha_{\delta}^r + \delta^2\alpha_{\delta\delta}^r}, \quad (10)$$

скорость звука

$$\frac{w^2}{RT} = 1 + 2\delta\alpha_{\delta}^r + \delta^2\alpha_{\delta\delta}^r - \frac{(1 + \delta\alpha_{\delta}^r - \delta\tau\alpha_{\delta\tau}^r)^2}{\tau^2(\alpha_{\tau\tau}^0 + \alpha_{\tau\tau}^r)}, \quad (11)$$

где нижний индекс при α показывает частную производную по соответствующей переменной.

За термодинамическое начало отсчета при составлении таблиц термодинамических свойств о-ксилола принято состояние равновесного молекулярного кристалла при температуре 0 К. Значения энтальпии h_0 и энтропии s_0 во вспомогательной точке отсчета на линии насыщения жидкой фазы определены по данным [4] ($h_0 = 398,95$ кДж·кг⁻¹, $s_0 = 2,3187$ кДж·кг⁻¹·К⁻¹).

Таблицы термодинамических свойств о-ксилола рассчитаны по ФУС (1) в диапазоне температуры от тройной точки ($T_t = 247,98$ К) до 700 К при давлениях до 100 МПа. Свойства в однофазной области представлены в табл. Б.4, свойства на линии насыщения – в табл. Б.5. Линия плавления описана эмпирическим уравнением Симона – Глатцеля

$$\frac{p}{p_*} = \left(\frac{T}{T_t}\right)^c - 1, \quad (12)$$

где $p_* = 859,1$ МПа; $c = 1,260$. Значения коэффициентов уравнения (12) определены по экспериментальным данным [5, 6].

Величина неопределенности расчетных значений термодинамических свойств оценена в результате сравнения с наиболее надежными экспериментальными данными. Представленные в табл. 3 оценки даны для жидкой фазы Ж ($T < T_c$, $\rho > 1,3\rho_c$), для газовой фазы Г ($T < T_c$, $\rho < 0,7\rho_c$), для сверхкритического флюида Ф ($T > T_c$, исключая критическую область К: $T_s \leq T \leq 1,05T_c$, $0,7\rho_c \leq \rho \leq 1,3\rho_c$). Уравнение в форме (2) не обеспечивает высокую точность расчета термодинамических свойств в критической области.

Более подробные сведения о результатах сравнения расчетных данных со всеми имеющимися экспериментальными данными и поля неопределенностей представлены в Приложении.

Таблица 3. Оценки неопределенности расчетных значений

термодинамических свойств о-ксилола

Свойство	Неопределенность, % в области			
	\mathcal{J}	Γ	Φ	K
p_v	-	0,15 – 0,2	-	0,6
ρ_l	0,10 – 0,15	-	-	до 1,5
ρ_v	-	0,5 – 1,5	-	до 3,0
p, ρ, T	0,15 – 0,20	0,3 – 0,8	0,5 – 0,8	-
C_p	0,4 – 0,8	0,6 – 1,0	0,6 – 1,2	-
C_v	1,5 – 2,0	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	-
W	0,4 – 1,0	-	-	-

2. Коэффициенты переноса

Табличные значения коэффициентов переноса рассчитаны по эмпирическим уравнениям, разработанным на основе наиболее надежных экспериментальных данных.

Для описания коэффициента динамической вязкости использовалась форма уравнения, предложенная Леммоном и Якобсоном [7], которая имеет вид

$$\eta(\rho, T) = \eta^0(T) + \eta^r(\delta, \tau) \quad (13)$$

где $\eta^0(T)$ – вязкость разреженного газа при нулевой плотности; $\eta^r(\delta, \tau)$ – избыточная вязкость.

Вязкость разреженного газа $\eta^0(T)$ определяется по уравнениям

$$\eta^0(T) = \frac{0,021357(MT)^{1/2}}{\sigma^2 S_\eta^*(T^*)} \quad (14)$$

$$\ln S_\eta^* = \sum_{i=0}^2 a_i (\ln T^*)^i \quad (15)$$

где вязкость η^0 , мкПа·с; $M = 106,165$ – масса киломоля, кг/кмоль; T – температура, К; σ – линейный масштабный параметр потенциала Леннарда – Джонса, нм; ϵ/k_B – энергетический масштабный параметр, К; S_η^* – приведенный эффективный интеграл столкновений, аппроксимированный уравнением (15); T^* – приведенная температура $T^* = k_B T / \epsilon$.

Избыточная вязкость аппроксимирована уравнением

$$\eta^r(\delta, \tau) = \sum_{i=1}^n N_i \tau^{t_i} \delta^{d_i} \exp(-\delta^{l_i}) \quad (16)$$

где $\tau = T_c/T$; $\delta = \rho/\rho_c$. Плотность рассчитывалась по фундаментальному уравнению состояния (2).

Таблица 4. Параметры уравнений (14) и (15) для расчета вязкости разреженного газа

a_0	a_1	a_2	σ (нм)	ε/k_B (К)
0,242270	-0,515514	0,088238	0,6028	487,8

Поиск коэффициентов и показателей степени при температуре и плотности уравнения (16), а также коэффициентов приведенного эффективного интеграла столкновений (15) осуществлялся методом случайного поиска с возвратом при неудачном шаге [2]. При поиске коэффициентов вводились ограничения на форму поверхности состояния, обеспечивающие «правильные» знаки производных и тем самым улучшаются экстраполяционные возможности уравнения. Более подробно метод описан в Приложении.

Таблица 5. Коэффициенты и показатели степени уравнения (16)

i	N_i	t_i	d_i	l_i
1	$0,37139954 \cdot 10^2$	2,62	1	0
2	$0,14912105 \cdot 10^3$	2,27	2	0
3	$-0,28169140 \cdot 10^3$	2,73	4	1
4	$0,10417495 \cdot 10^{-2}$	4,01	12	1
5	$-0,14498010 \cdot 10^3$	2,87	2	2
6	$0,82537939 \cdot 10^0$	4,87	11	2
7	$-0,31354980 \cdot 10^2$	2,81	1	3

Средняя вероятная ошибка определения коэффициента динамической вязкости по уравнению (13) составляет 2,0 %. Уравнение (13) не учитывает критическую аномалию вязкости, которая не исследована для о-ксилола. Результаты сравнения с имеющимися экспериментальными данными представлены в Приложении.

Для описания теплопроводности использовалась форма уравнения, предложенная Леммоном и Якобсеном [7], которая имеет вид

$$\lambda(\rho, T) = \lambda^0(T) + \lambda^r(\delta, \tau) \quad (17)$$

где $\lambda^0(T)$ – теплопроводность разреженного газа при нулевой плотности; $\lambda^r(\delta, \tau)$ – избыточная теплопроводность; $\delta = \rho/\rho_r$; $t = T_r/T$; ρ_r , T_r – опорные значения плотности и температуры (как правило, принимают критические значения: $T_c = 630,26$ К; $\rho_c = 2,6986$ кмоль/м³).

Теплопроводность разреженного газа, в свою очередь, определяется как

$$\lambda^0(T) = N_1 \left[\frac{\eta^0(T)}{1 \text{ мкПа} \cdot \text{с}} \right] + N_2 \tau^{t_2} + N_3 \tau^{t_3} \quad (18)$$

где $\eta^0(T)$ – вязкость разреженного газа при нулевой плотности, мкПа·с.

Избыточная теплопроводность аппроксимирована уравнением

$$\lambda^r(\delta, \tau) = \sum_{i=4}^n N_i \tau^{t_i} \delta^{d_i} \exp(-\delta^{l_i}) \quad (19)$$

Вязкость разреженного газа $\eta^o(T)$ определяется по уравнениям (14) и (15).

Поиск коэффициентов и показателей степени при температуре и плотности уравнений (18) и (19) осуществлялся методом случайного поиска с возвратом при неудачном шаге [2]. Также вводились ограничения, обеспечивающие «правильный» знак производных. Коэффициенты и показатели степени уравнений (18) и (19) представлены в таблице 6.

Таблица 6. Коэффициенты и показатели степени уравнений (18) и (19).

I	N_i	t_i	d_i	l_i
1	0,58643671	-	-	-
2	-904,61901750	-2,3938	-	-
3	948,68407389	-2,3437	-	-
4	$-0,28796587 \cdot 10^1$	0,2516	4	0
5	$0,26527608 \cdot 10^2$	0,2705	3	0
6	$-0,28037206 \cdot 10^2$	0,5433	5	1
7	$0,26755919 \cdot 10^2$	4,8071	7	2
8	$-0,12833895 \cdot 10^2$	3,6740	8	2
9	$-0,74500359 \cdot 10^2$	7,6759	3	2

Средняя вероятная ошибка определения коэффициента теплопроводности оксилола по уравнению (17) не превышает 2,0 %. Уравнение (17) не учитывает критическую аномалию теплопроводности, которая экспериментально не исследована для оксилола. Рассчитанные значения коэффициентов динамической вязкости и теплопроводности в однофазной области представлены в табл. Б.4 и на линии насыщения в табл. Б.5.

Более подробные сведения о результатах сравнения расчетных данных со всеми имеющимися экспериментальными данными о теплопроводности и вязкости оксилола, а также поля неопределенностей представлены в Приложении Б.

3. Список литературы

1. Sun L. Universal equation of state for engineering application: algorithm and application / L. Sun, J.E. Ely // Fluid Phase Equilibria. – 2004. – V.222-223. – P. 107 – 118.
2. Александров И.С. Современный подход к разработке фундаментальных уравнений состояния технически важных рабочих веществ / И.С. Александров, Б.А. Григорьев, А.А. Герасимов // в сб. научн. статей: Актуальные вопросы исследований пластовых систем месторождений углеводородов в 2-х ч. Ч.1. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2011. – С. 124-137.
3. Marsh K.N. TRC Thermodynamic Properties of Substances in the Ideal Gas State / K.N. Marsh, R.C. Wilhoit, M. Frenkel, D. Yin // Thermodynamics Research Center. – 1994.

4. Thermodynamic Equilibria in xylene Isomerization. 3. The Thermodynamic Properties of o-xylene / R. D. Chirico [et al.] // J. Chem. Eng. Data. – 1997. – Vol. 42, № 4. – P. 758-771.
5. Swallow, J. C. The effect of pressure on the melting points of o-, m-, and p-xylene / J. C. Swallow, R. O. Gibson // J. Chem. Soc. – 1934. – Vol. 101. – P. 440 - 442.
6. Deffet, L. Recherches piezometriques. I. Influence des hautes pressions sur la temperature, de fusion et la temperature, de fusion et la temperature de transformation des corps organiques / L. Deffet // Bull. Soc. Chim. Belg. - 1935. - Vol. 44, № 2. - P. 71 - 80.
7. Lemmon, E. W. Viscosity and thermal conductivity equations for nitrogen, oxygen, argon and air / E. W. Lemmon, R. T. Jacobsen // Int. J. Thermophys. – 2004. – V. 25, № 1. – P. 21-69.
8. Ахундов, Т. С.-А. Исследование теплофизических свойств углеводородов ароматического ряда : дис. ... д-ра тех. наук : 05.14.05 / Т. С.-А. Ахундов ; Баку, 1974. – 520 л.
9. Султанов Ч.И. Экспериментальное исследование изобарной теплоемкости пяти ароматических углеводородов в интервале температур 25 – 400 оС и давлений до 250 бар : дис. ... канд. тех. наук : 05.14.05 / Ч.И. Султанов ; Баку, 1976. – 273 л.
10. Taravillo, M. Equation of State of Liquid o-Xylene at Low Temperatures and High Pressures / M. Taravillo M, S.Castro, V.G. Baonza et.al. // J. Chem. Soc. Faraday Trans. – 1994. – V.90, No.23. – P. 3527 – 3532.
11. Chirico, R. D. Thermodynamic Equilibria in xylene Isomerization. 3. The Thermodynamic Properties of o-xylene / R. D. Chirico, S. E. Knipmeyer, A. Nguyen, et. al. // J. Chem. Eng. Data. – 1997. - Vol. 42, No. 4. – P. 758-771.
12. Ambrose, D. The Vapour Pressures above the Normal Boiling Point and the Critical Pressures of Some Aromatic Hydrocarbons / D. Ambrose, B. E. Broderick, R. Townsend // J. Chem. Soc. – 1967. – Vol. A. – P. 633-41.
13. Ambrose, D. Vapor Pressures of Some Aromatic Hydrocarbons / D. Ambrose // J. Chem. Thermodyn. – 1987. – Vol. 19. – P. 1007.
14. Hessler, W. Lichtenstein Sublimation Pressure Measurements on 1,4- and 1,2-dimethylbenzene and determination of the enthalpy of sublimation / W. Hessler // Wiss. Wilhelm-Pieck-Univ. Rostock. Naturwiss. Reie. – 1986. – V.35. – P. 27 – 33.
15. Александров И.С. Термические свойства ароматических углеводородов на линии насыщения / И.С. Александров, А.А. Герасимов // Известия КГТУ. – 2010. - №18. – С. 220-225.
16. Шойтов Ю.С. Зависимость скорости распространения звука в некоторых жидкостях от давления : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.04.14 / Ю.С. Шойтов ; Курск, 1972. - 158 л.
17. Hossenlopp, I. A. Enthalpies of vaporization of piperidine and 1,2-dimethylbenzene; gas-phase isobaric heat capacities of piperidine / I. A. Hossenlopp, D. G. Archer // J. Chem. Thermodyn. – 1988. – Vol. 20. – P. 1061-8.
18. Garg, S.K. Heat capacities and densities of liquid o-xylene, m-xylene, p-xylene, and ethylbenzene, at temperatures from 318.15 K to 373.15 K and at pressures up to 10 MPa / S.K. Garg, T.S. Banipal, J.C. Ahluwalia // J. Chem. Thermodyn. – 1993. – Vol. 25. – P. 57-62.

19. Et-Tahir, A. Determination of the viscosity of various hydrocarbons and mixtures of hydrocarbons versus temperature and pressure / A. Et-Tahir, C. Boned, B. Lagourette et al. // *Int. J. Thermophys.* – 1995. – Vol. 16. – P. 1309-1334.
20. Pitzer, K. S. The Thermodynamics and Molecular Structure of Benzene and Its Methyl Derivatives / K. S. Pitzer, D. W. Scott // *J. Am. Chem. Soc.* – 1943. – Vol. 65. – P. 803.
21. Willingham, C.B. Vapor Pressures and Boiling Points of Some Paraffin, Alkylcyclopentane, Alkylcyclohexane and Alkylbenzene Hydrocarbons / C.B. Willingham, W.J. Taylor, J.M. Pignocco et al. // *J. Res. Natl. Bur. Stand. (U. S.)*. – 1945. - Vol. 35. – P. 219-244.
22. Forziati, A. F. Vapor Pressures and Boiling Points of Sixty API-NBS Hydrocarbons / A.F. Forziati, W.R. Norris, F.D. Rossini // *J. Res. Natl. Bur. Stand. (U. S.)*. – 1949. – Vol. 43. – P. 555-563.
23. Glaser, F. Vapor Pressure Curves and Critical Data for Several Technically Important Organic Substances / F. Glaser, H. Ruland // *Chem.-Ing.-Tech.* – 1957. – Vol. 29. – P. 772-775.
24. Nigam, R. K. Excess Free Energies & Volume of Mixing for Methylene Chloride Mixtures with Benzene, Toluene, o-, m- & p-Xylenes & Cyclohexane / R. K. Nigam, B. S. Mahl // *Indian J. Chem.* – 1971. – Vol. 9. – P. 1250.
25. Castellari, C. Vapor-liquid equilibria in binary systems containing 1,3-dioxolane at isobaric conditions: 3. binary mixtures of 1,3-dioxolane with o-, m-, and p-xylenes / C. Castellari, R. Francesconi, F. Comelli // *J. Chem. Eng. Data.* – 1982. – Vol. 27. – P. 156-158.
26. Rodrigues, W.L. Vapor-Liquid Equilibria Data for Binary Systems of Ethylbenzene + Xylene Isomers at 100.65 kPa / W.L. Rodrigues, S. Mattedi, J.C.N. Abreu // *J. Chem. Eng. Data.* – 2005. – Vol. 50. – P. 1134-1138.
27. Aucejo, A. Isobaric Vapor-Liquid Equilibria for the Binary Mixtures of Styrene with Ethylbenzene, o-Xylene, m-Xylene, and p-Xylene / A. Aucejo, S. Loras, V. Martinez-Soria et al. // *J. Chem. Eng. Data.* – 2006. – Vol. 51. – P. 1051-1055.
28. Neubeck, F. Molecular Volumes of Aromatic Compounds / F. Neubeck // *Z. Phys. Chem., Stoechiom. Verwandtschaftsl.* – 1887. – Vol. 1. – P. 649-666.
29. Perkin, W.H. LXIX. On Magnetic Rotatory Power, especially of Aromatic Compounds / W.H. Perkin // *J. Chem. Soc.* – 1896. – Vol. 69. – P. 1025-1257.
30. Patterson, T. S. The influence of solvents on the rotation of optically active compounds: III influence of benzene, toluene, o-xylene, m-xylene, p-xylene, and mesitylene on the rotation of ethyl tartrate / T. S. Patterson // *J. Chem. Soc.* – 1902. – Vol. 81. – P. 1097-1133.
31. Heil, L. M. A determination of the total electric polarization and the electric moments of certain organic molecules / L. M. A Heil // *Phys. Rev.* – 1932. - Vol. 39. – P. 666-674.
32. Massart, L. Methods and apparatus in use at the bureau of physical-chemical scales: ix experimental research on the variation of density as a function of the temperature for a series of ten hydrocarbons / L. Massart // *Bull. Soc. Chim. Belg.* – 1936. – Vol. 45. – P. 76.
33. Francis, A. W. Pressure-Temperature-Liquid Density Relations of Pure Hydrocarbons / A. W. Francis // *Ind. Eng. Chem.* – 1957. – Vol. 49. – P. 1779.

34. Shraiber, L. S. Temperature Variation of the Density of Certain Organic Liquids / L. S. Shraiber, N. G. Pechenyuk // Russ. J. Phys. Chem. (Engl. Transl.). – 1965. – Vol. 39. – P. 219.
35. Hales, J.L. Liquid densities from 293 to 490 K of nine aromatic hydrocarbons. / J.L. Hales, R. Townsend // J. Chem. Thermodyn. – 1972. – Vol.4, № 5. – P. 763-772.
36. Hust, J. G. Density and Crystallinity Measurements of Liquid and Solid n-Undecane, n-Tridecane, and o-Xylene from 200 to 350 K / J. G. Hust, R. E. Schramm // J. Chem. Eng. Data. – 1976. – Vol. 21. – P. 7-12.
37. Jain, D. V. S. Excess molar heat capacities of binary mixtures of the isomeric xylenes at 303.65-321.65 K / D. V. S. Jain, R. Chadha, S. K. Sehgal // Fluid Phase Equilibria. – 1994. – Vol. 96. – P. 195-202.
38. Swain, N. Viscosities, densities and excess properties of binary mixtures of di-(2-ethyl hexyl) phosphoric acid (DEHPA) with benzene, toluene and ortho-xylene / N. Swain, S. K. Singh, D. Panda et al. // J. Mol. Liq. – 2001. – Vol. 94, № 3. – P. 233-248.
39. Chen, J. A study of densities and volumetric properties of binary mixtures of N-methyl-2-pyrrolidone with xylene at different temperatures and atmospheric pressure / J. Chen, R. Shen, W. Liu et al. // J. Chem. Thermodyn. – 2007. – Vol. 39, № 6. – P. 934-941.
40. Gonzalez-Olmos, R. Influence of temperature on thermodynamics of ethers + xylenes / R. Gonzalez-Olmos, M. Iglesias // Fluid Phase Equilibria – 2008. – V.267. – P. 133-139.
41. Song, C.-Y. Densities and Viscosities of Binary Mixtures of Vitamin K3 with Benzene, Toluene, Ethylbenzene, o-Xylene, m-Xylene, and p-Xylene from (303.15 to 333.15) K. / C.-Y. Song, H.-Z. Shen, J.-H. Zhao et. al. // J. Chem. Eng. Data. – 2008. – V.53, No.5. – P.1110-1115.
42. Williams, J. W. The Specific Heats of Certain Organic Liquids at Elevated Temperatures / J. W. Williams, F. Daniels // J. Am. Chem. Soc. – 1924. – Vol. 46. – P. 903-917.
43. Huffman, H. M. Thermal Data on Organic Compounds: VII The Heat Capacities, Entropies and Free Energies of Twelve Aromatic Hydrocarbons. / H.M. Huffman, G.S. Parks, A.C. Daniels // J. Am. Chem. Soc. – 1930. – V. 52. – P. 1547-1558.
44. Sastry, N. V. Ultrasonic behaviour of methyl methacrylateqhydrocarbon mixtures at 298.15 and 308.15 K / N. V. Sastry, M. C. Patel, S. R. Patel // Fluid Phase Equilibria. – 1999. – Vol. 155. – P. 261-276.
45. George, J. Densities, Excess Molar Volumes at T = (298.15 to 313.15) K, Speeds of Sound, Excess Isentropic Compressibilities, Relative Permittivities and Deviations in Molar Polarizations at T = (298.15 and 308.15) K for Methyl Methacrylate + 2-Butoxyethanol or + Dibutyl Ether + Benzene, + Toluene and + p-Xylene / J. George, N. V. Sastry // J. Chem. Eng. Data. – 2004. – Vol. 49. – P. 1116-1126.
46. Katyal, R. C. Viscosities, Densities, and Ultrasonic Velocities of 3-Pentanone + Ethylbenzene and 3-Pentanone + o-Xylene at (293.15, 303.15, and 313.15) K / R. C. Katyal, S. Singh, V. K. Rattan et al. // J. Chem. Eng. Data. – 2003. – Vol. 48, № 5. – P. 1262-1265.
47. Al-Kandary, J. A. Viscosities, Densities, and Speeds of Sound of Binary Mixtures of Benzene, Toluene, o-Xylene, m-Xylene, p-Xylene, and Mesitylene with Anisole at

- (288.15, 293.15, 298.15, and 303.15) K / J. A. Al-Kandary, A. S. Al-Jimaz, A.-H. M. Abdul-Latif // *J. Chem. Eng. Data.* – 2006. – Vol. 51. – P. 2074-2082.
48. Nain, A. K. Ultrasonic and viscometric studies of molecular interactions in binary mixtures of tetrahydrofuran with some aromatic hydrocarbons at temperatures from 288.15 to 318.15 K / A. K. Nain // *Phys. Chem. Liq.* – 2007. – Vol. 45, № 4. – P. 371-388.
49. Mamedov, A. M. Equations for the vapour pressures of o- and p-xylenes / A. M. Mamedov, T. S. Akhundov, Sh. Yu. Imanov // *Russ. J. Phys. Chem. (Engl. Transl.).* – 1970. – Vol. 44. – P. 877-878.
50. Determination of the Density/temperature Relationship of Various Industrial Chemicals // Report H&D Fitzgerald Ltd. to E. Yates / Chemical Cargo Inspection Assoc., Brussels, Belgium, 1992.
51. Panchenkov, G. M. / G. M. Panchenkov, T. S. Maksareva, V.V. Erchenkov // *Zh. Fiz. Khim.* – 1958. – Vol. 32. – P. 2787-2791.
52. Thorpe, T. E. On the Relations between the Viscosity (Internal Friction) of Liquids and their Chemical Nature. Part I / T. E. Thorpe, J. W. Rodger // *Philos. Trans. R. Soc. London, A.* – 1894. – Vol. 185. – P. 397-710.
53. Geist J.M. Viscosities of Pure Hydrocarbons / J.M. Geist, M.R. Cannon // *Ind. And Eng. Chemistry.* – 1946. – V.18, No.10. – P. 611-613.
54. Ахундов Р.Т. Динамическая вязкость алкилбензолов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Баку, 1992. – 24 с.
55. Kashiwagi H. Viscosity of Twelve Hydrocarbon Liquids in the Temperature Range 298-348 K at Pressures up to 110 MPa / H. Kashiwagi, T. Makita // *Int. J. of Thermophys.* – 1982. – V.3, No.4. – P. 289-305.
56. Swain, N. Viscosities and densities of ternary liquid mixtures of DEHPA, benzene and ortho-xylene / N. Swain, S. K. Singh, D. Panda // *J. Mol. Liq.* – 2000. – Vol. 85, №3. – P. 321-330.
57. Densities and Viscosities of N-Formylmorpholine (NFM) + p-Xylene, + o-Xylene, + m-Xylene at Different Temperatures and Atmospheric Pressure / T. Yang [et al.] // *J. Chem. Eng. Data.* – 2007. – Vol. 52. – P. 2062-2066.
58. Song, C.-Y. Densities and Viscosities of Binary Mixtures of Vitamin K3 with Benzene, Toluene, Ethylbenzene, o-Xylene, m-Xylene, and p-Xylene from (303.15 to 333.15) K / C.-Y. Song, H.-Z. Shen, J.-H. Zhao et. al. // *J. Chem. Eng. Data.* – 2008. – Vol. 53, №5. – P. 1110-1115.
59. Determination of the viscosity of various hydrocarbons and mixtures of hydrocarbons versus temperature and pressure / A. Et-Tahir [et al.] // *Int. J. Thermophys.* – 1995. – Vol. 16. – P. 1309-1334.
60. Mamedov, A. M. Equations for the vapour pressures of o- and p-xylenes / A. M. Mamedov, T. S. Akhundov, Sh. Yu. Imanov // *Russ. J. Phys. Chem. (Engl. Transl.).* – 1970. – Vol. 44. – P. 877-878.
61. Мустафаев Р.А. Теплофизические свойства углеводородов при высоких параметрах состояния. – М.: Изд-во «Энергия», 1980. – 296 с.

62. Пугач В.В. Исследование теплопроводности воды и некоторых органических жидкостей при высоких давлениях: Дис. ... канд. техн. наук. – Грозный, 1971. – 162 с.
63. Варгафтик Н.Б. Теплопроводность жидкостей и газов / Н.Б. Варгафтик, Л.П. Филлипов, А.А. Тарзиманов, Е.Е. Тоцкий.- М.: Изд-во стандартов, 1978. – 472 с.
64. Watanabe, H. Thermal Conductivity and Thermal Diffusivity of Twenty-Nine Liquids: □ Alkenes, Cyclic (Alkanes, Alkenes, Alkadienes, Aromatics), and Deuterated Hydrocarbons /H. Watanabe, H. Kato // J. Chem. Eng. Data. – 2004. – Vol. 49, № 4. – P. 809–825.
65. Kashiwagi, H. Thermal conductivity of fourteen liquids in the temperature range 298–373 K / H. Kashiwagi, M. Oishi, Y. Tanaka, H. Kubota, T. Makita // Int. J. Thermophys. – 1982.- Vol. 3, № 2. – P. 101-116.
66. Зотов В.В. Скорость звука в жидких углеводородах / В.В. Зотов, Ю.Ф. Мелихов, Г.А. Мельников, Ю.А. Неручев. – Курск: Изд-во КГПУ, 1995. – 77 с.
67. Назиев Я.М. Экспериментальное исследование теплопроводности жидких бинарных смесей гексана и о-ксилола / Я.М. Назиев, А.М. Гумбатов, А.С. Гасанов, А.А. Абасов // Журнал физической химии. – 1987. – Т.61, № 1. – P.36-39.
68. Assael M.J. The Thermal Conductivity of Xylene Isomers in the Temperature Range 290-360 K / M.J. Assael, E. Charitidou, S. Avgoustiniatos S. // Int. J. Thermophys. – 1988. – V.9, No.4. – P. 501-510.
69. Богатов Г.Ф. Теплопроводность индивидуальных углеводородов и нефтепродуктов в жидком состоянии: дис. ... докт. техн. наук: 01.04.14 – Теплофизика и молекулярная физика / ГНИ: Г.Ф. Богатов.– Грозный, 1992.– 424 с.
70. Тарзиманов А.А. Тепло- и температуропроводность жидких ароматических углеводородов на искаженные радиационным теплопереносом / А.А. Тарзиманов, Ф.Д. Юзмухаметов, Ф.Р. Габитов, Р.А. Шарафутдинов, Н.З. Шапиров // ТВТ. – 2002. – Т.40, № 4. – С. 568-578.

4. ПРИЛОЖЕНИЕ А

Методика разработки уравнения состояния.

При разработке ФУС (2) использовались разнородные экспериментальные данные о термодинамических свойствах о-ксилола – p, v, T -данные, данные о втором B и третьем C вириальных коэффициентах, упругость насыщенных паров p_v , плотность насыщенной жидкой ρ_l и газовой фазы ρ_v , теплоемкость насыщенной конденсированной фазы c_s , изохорная c_v и изобарная c_p теплоемкости, энтальпия h , скорость распространения звука w .

В минимизируемый функционал включалось несколько слагаемых, каждое из которых ответственно за определенную категорию обрабатываемых термодинамических величин:

$$\chi^2(n) = \sum_{p=1}^P \sum_{m=1}^M \left(a_0(x_{p,m}, y_{p,m}) - \sum_{i=1}^I n_i a_{p,i}(x_{p,m}) \right)^2 \frac{1}{\sigma_m^2}, \quad (\text{A1})$$

где n_i – коэффициенты ФУС, $a_{p,i}$ – слагаемые ФУС, определяемые по (14), $\frac{1}{\sigma_m^2}$ – вес опытной точки, a_0 – экспериментальное значение термодинамического свойства.

В данном случае функциональная связь задавалась уравнением

$$a_{p,i} = \tau^{t_i} \delta^{d_i} \exp(-\gamma_i \delta^{p_i}), \quad (\text{A2})$$

а коэффициенты n определялись посредством оптимизационного алгоритма, описанного ниже. Для расшифровки правой части формулы (A1) использовались известные дифференциальные соотношения термодинамики (6) – (11). Кроме включения в обработку экспериментальных данных о различных термодинамических свойствах о-ксилола, также применялась система ограничений, накладываемых в виде неравенств на термодинамическую поверхность. Основными видами ограничений являлись: критические условия, правило Максвелла, контроль кривизны идеальных кривых, положительность теплоемкостей, правило прямолинейного диаметра, контролирование знаков производных различных термодинамических величин и т.д. Эти ограничения обеспечивают «физическую» форму поверхности состояния и улучшают экстраполяционные возможности уравнения.

При разработке ФУС (2) для о-ксилола была применена модификация метода случайного поиска с возвратом при неудачном шаге. Алгоритм модифицирован вве-

дением элементов детерминированного поиска на шаге корректировки величины шага поиска и выбора направления.

В используемом алгоритме используется аддитивный критерий оптимальности – минимизируемый функционал (15), который образуется путем сложения выходных параметров, преобразованных к безразмерным слагаемым. Это осуществляется с помощью введения нормирующих множителей - весовых коэффициентов. Нормирование необходимо для объединения нескольких выходных параметров – термодинамических свойств, имеющих в общем случае различную физическую размерность. Минимизируемый функционал содержит слагаемые, ответственные за точность аппроксимации результатов измерений разнородных данных о термодинамических свойствах, а также различные ограничения, накладываемые в виде неравенств на термодинамическую поверхность и представлен следующей зависимостью:

$$S = \sum W_p F_p^2 + \sum W_p F_p^2 + \sum W_{Cv} F_{Cv}^2 + \dots + \sum W_o F_o^2 \quad (A3)$$

где: W -весовой коэффициент для каждой опытной точки, F - функция, используемая для минимизации отклонений. Например, для изохорной теплоемкости данных функция определяется как:

$$F_{C_v} = (C_{v_{\text{эксп.}}} - C_{v_{\text{расч.}}}) / C_{v_{\text{эксп.}}} \quad (A4)$$

Квадратичные функции для других термодинамических свойств имеют аналогичный вид. F_o – функция, учитывающая различные ограничения на область изменения переменных.

Весовой коэффициент W для каждой выбранной опытной точки назначался индивидуально с учетом типа данных, области состояний и требуемой точности. Типичное значение W для p, ρ, T - данных и давления насыщенных паров составляет 1, для теплоемкости – 0,5, для скорости звука - 1.

Как видно из соотношения (A3) ограничения входят в виде дополнительных слагаемых в минимизируемый функционал. Например, для контроля знака производной какой-либо термодинамической величины численно вычисляется производная на основе расчетных значений по уравнению состояния, сохраненных на последних итерациях. После этого вычисленное значение производной по соответствующему свойству в безразмерном виде с соответствующим весовым коэффициентом включается в квадратичный функционал со знаком противоположным заданному. Замена знака на противоположный осуществляется для того, чтобы при правильном знаке производной это ограничение не влияло на функционал (A3).

Ограничения не влияют на критерий оптимальности до тех пор, пока параметры находятся в области допустимых значений. Стоит изменить параметр таким образом, что он пересечет границу, движение по траектории минимизации немедленно прекращается. Эта процедура продолжается вплоть до возвращения параметров в область допустимых значений. Блок-схема алгоритма представлена на рисунке A1.

На шаге 1 задается количество итераций, задается точность, с которой ищется минимум и начальное приближение.

На шаге 2 осуществляется вычисление функционала в новой точке пространства поиска и добавление ограничений (шаг 2А). Это осуществляется изменением начальных значений переменных в соответствии с заданным шагом поиска по следующей итерационной формуле

$$[x_{k+1}] = [x_k] + \lambda_k \cdot [x_k] \quad (A5)$$

где $[x_k]$ – массив начальных значений переменных, $[x_{k+1}]$ – массив значений переменных на новой итерации, λ_k – шаг поиска на k -ой итерации.

После этого вычисляется значение функционала (A3) в новой точке пространства поиска $S(x_{k+1})$. В качестве начальных значений переменных могут выступать коэффициенты уравнения состояния, либо коэффициенты и показатели степени при температуре и плотности одновременно. Величина шага поиска возвращается генератором случайных чисел и может варьироваться в диапазоне $10^{-1} < \lambda < 10^{-7}$.

На шаге 3 производится сравнение значений минимизируемого функционала на текущей и предыдущей итерациях. Если $S(x_{k+1}) < S(x_k)$, то осуществляется переход к шагу 4. В противном случае на шаге 3А запускается счетчик неудачных попыток и так же осуществляется переход к шагу 4. Если предельное количество неудачных попыток достигло максимума, то осуществляется выход из программы. Негативные шаги необходимы для того, чтобы избежать ловушки локального оптимума.

На шаге 4 информация о поведении минимизируемого функционала, накопленная в процессе поиска, используется для дробления шага поиска

$$\lambda_k = \alpha \cdot \lambda_k \quad (A6)$$

где $\alpha \in (-1, 1)$ – коэффициент уменьшения шага (свободный параметр метода).

Параметр α в процессе дробления шага поиска изменяется следующим образом. При сравнении предыдущего и текущего значений функционала, алгоритм выбирает направление поиска и в соответствии с этим направлением определяет первоначальное значение коэффициента α

$$\begin{cases} S_{k-1} > S_k, \alpha = 2 \\ S_{k-1} < S_k, \alpha = -1 \end{cases} \quad (A7)$$

то есть принимается решение об увеличении, либо об уменьшении шага поиска. После присваивания коэффициенту α соответствующих значений по условию (A7) вычисляется новое значение функционала S_{k+1} . Далее осуществляется дробление шага поиска изменением коэффициента α исходя из следующих условий

$$\begin{cases} S_k > S_{k-1}, \alpha = \frac{2 \times \alpha_{k-1} + \alpha_{k+1}}{3} \\ S_{k+1} > S_{k-1}, \alpha = \frac{\alpha_{k-1} + 3 \times \alpha_k}{4} \\ S_{k-1} > S_{k+1}, \alpha = \frac{4 \times \alpha_{k+1} + \alpha_k}{5} \end{cases} \quad (A8)$$

Если ни одно из группы условий (A8) не выполняется, то для определения нового значения α строится интерполяционная парабола на основе значений минимизируемого функционала S и коэффициента α на последних трех итерациях. Для этого используются следующие соотношения

$$a = - \frac{S_{k-1} \times (\alpha_{k+1} - \alpha_k) + S_{k+1} \times (\alpha_k - \alpha_{k-1}) + S_k \times (\alpha_{k-1} - \alpha_{k+1})}{(\alpha_{k+1} - \alpha_k) \times (\alpha_k - \alpha_{k-1}) \times (\alpha_{k-1} - \alpha_{k+1})} \quad (A9)$$

$$b = \frac{S_{k-1} - S_{k+1}}{\alpha_{k-1} - \alpha_{k+1}} - a(\alpha_{k-1} + \alpha_{k+1}) \quad (A10)$$

где a и b - коэффициенты параболического уравнения. Тогда новое значение коэффициента α определяется как

$$\alpha = - \frac{b}{2a} \quad (A11)$$

Далее после вычисления нового значения функционала в соответствии с новым значением коэффициента уменьшения шага, сохраняются три наилучших значения функционала S и коэффициента α и алгоритм переходит к шагу 5.

На шаге 5 проверяются условия останова. Программа завершает свою работу, если достигнуто максимальное значение неудачных попыток минимизировать функцию или достигнута требуемая точность решения

$$|S_{k+1} - S_k| \leq \varepsilon_s \quad (A12)$$

где ε_s - константа, определяющая требуемую точность решения по S .

Если ни одно из условий останова не выполнено, то осуществляется переход к шагу 6, на котором переопределяются границы поиска в соответствии с новыми значениями переменных, предыдущему значению функционала присваивается текущее значение, и алгоритм переходит к следующей итерации.

Таким образом, осуществляется цикл поиска глобального оптимума для разрабатываемого уравнения с учетом заданного количества итераций.

Кроме определения коэффициентов и степеней уравнений состояния, посредством вышеописанного алгоритма определено оптимальное количество слагаемых уравнения, удалением тех из них, которые вносят минимальный вклад. Это осуществляется поочередным приравниванием каждого слагаемого уравнения нулю и вычислением функционала. Эта циклическая процедура повторяется на каждой итерации. После анализа вкладов каждого из слагаемых в уравнение осуществляется удаление слагаемого, которому соответствует минимальное значение минимизируемого функционала. После чего повторяется процедура оптимизации, описанная выше. Удаление малозначимых и коррелирующих между собой слагаемых уравнения состояния не сказывается на точности уравнения и существенно улучшает его.



Рис. А1. Блок-схема алгоритма определения коэффициентов и степеней уравнения состояния методом случайного поиска с возвратом при неудачном шаге.

5. ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Б.1. Анализ результатов и оценка точности табличных значений ТДС

В табл. Б.1 представлены результаты сравнения разнородных экспериментальных данных о термодинамических свойствах *о*-ксилола с расчетами по фундаментальным уравнениям состояния, а на рис.Б.1 – Б.10 показан характер отклонений для *о*-ксилола. Значения температуры, измеренные по разным температурным шкалам, пересчитаны на Международную температурную шкалу 1990 г. (МТШ-90).

Комплексное экспериментальное исследование теплофизических свойств *о*-*м*-*п*-ксилолов выполнено в 60 – 70-е годы прошлого столетия в Азербайджанском институте нефти и химии им. М. Азизбекова. В собранном виде экспериментальные данные представлены в диссертациях Ахундова [8] и Султанова [9], на которые мы в дальнейшем и будем делать ссылки, чтобы несколько сократить список литературы. Исследование p, v, T -зависимости в [8] выполнено в диапазоне температуры 290 – 670 К и давления 0,1 – 80 МПа в жидкой и газовой фазах, включая критическую область. Измерения осуществлялись в сферическом пьезометре постоянного объема. Погрешность измерения температуры не превышала 0,01 К, давления – 0,01% при $p > 6$ МПа и 0,05 % при $p \leq 6,0$ МПа, плотности – 0,05 % при $\rho > 100 \text{ кг/м}^3$ и 0,10 – 0,15 % при $\rho \leq 100 \text{ кг/м}^3$. В [8] также измерено давление насыщенной газовой фазы p_v в диапазоне температуры 498 – T_c . В работе Султанова [9] методом проточного адиабатического калориметра измерена изобарная теплоемкость C_p в диапазоне температуры 290 – 670 К и давления 0,5 – 25,0 МПа. Измерения выполнены в жидкой и газовой фазах, вблизи линии насыщения и в сверхкритической области. Погрешность измерения температуры не превышала 0,02 К, давления – 0,05 %, изобарной теплоемкости 0,6 – 1,6 %. При этом увеличение погрешности сверх 0,6 % происходило только за счет влияния ошибок отнесения и наблюдалось в узком диапазоне параметров вблизи линии насыщения при давлениях, близких к критическим и в области острых максимумов теплоемкости. Как видно из табл. Б.1 и рисунков, данные Ахундова [8] в жидкой фазе описываются с погрешностью 0,05 – 0,15 %. Некоторый рост отклонений сверх 0,1 % наблюдается только вблизи линии насыщения, что и приводит к увеличению средней погрешности. В газовой фазе отклонения существенно больше, однако опять из-за достаточно большого количества точек вблизи пограничной кривой. Значительные отклонения плотности в критической области объясняются, прежде всего, особенностями поверхности состояния в данной области, а также ограниченными возможностями уравнения без сингулярных членов. При этом следует иметь в виду, что отклонения величины давления находятся в диапазоне 0,1 – 0,3 %. Изобарная теплоемкость, подробно исследованная в работе Султанова [9], в жидкой фазе описывается с отклонениями, в среднем не превышающими 0,5 %. В газовой фазе отклонения несколько больше, но опять же только из-за достаточно большого количества экспериментальных точек вблизи пограничной кривой при повышенных давлениях. В сверхкритической области отклонения, как правило, не превышают 1,5 %.

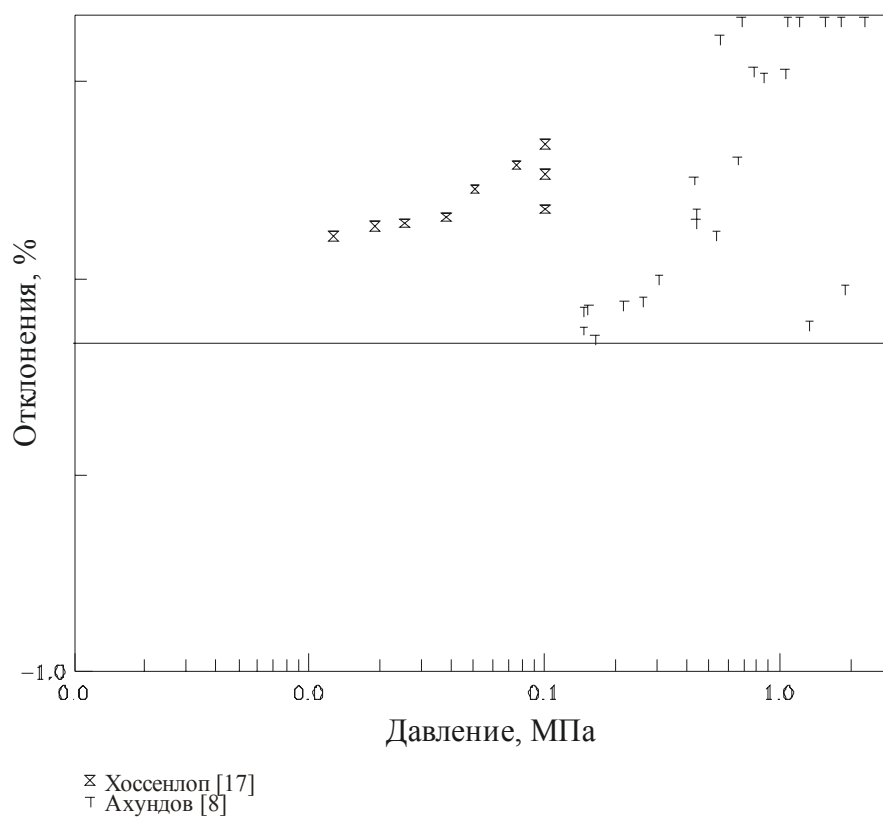


Рис. Б.2. Отклонения экспериментальных данных о плотности газовой фазы о-ксилола от рассчитанных по фундаментальному уравнению состояния

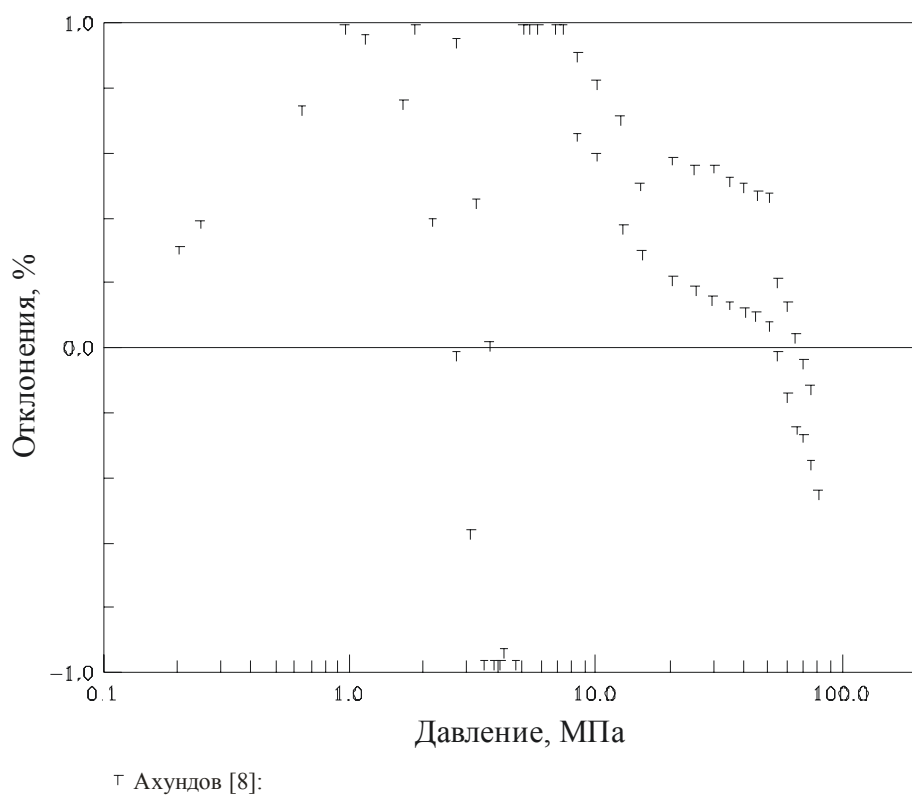


Рис. Б.3. Отклонения экспериментальных данных о плотности о-ксилола в критической и сверхкритической областях от рассчитанных по фундаментальному уравнению состояния

Плотность жидкой фазы на линии насыщения описывается с достаточно высокой точностью. Отклонения для наиболее надежных и широкодиапазонных данных находятся в пределах экспериментальной погрешности и, как правило, не превышают 0,05-0,1%. Широкодиапазонные данные о плотности насыщенной газовой фазы получены только в работе Ахундова [8]. Значения отклонений составляют 0,5 – 0,7 % и достигают 4 – 5 % вблизи критической точки. Это объясняется как возрастающей погрешностью экспериментальных данных в критической области, так и дополнительными ошибками, возникающими вследствие несовпадения критических свойств ксилолов, принятых в работе Ахундова [8] и в настоящей работе. Следует учитывать также ограниченные возможности ФУС в критической области.

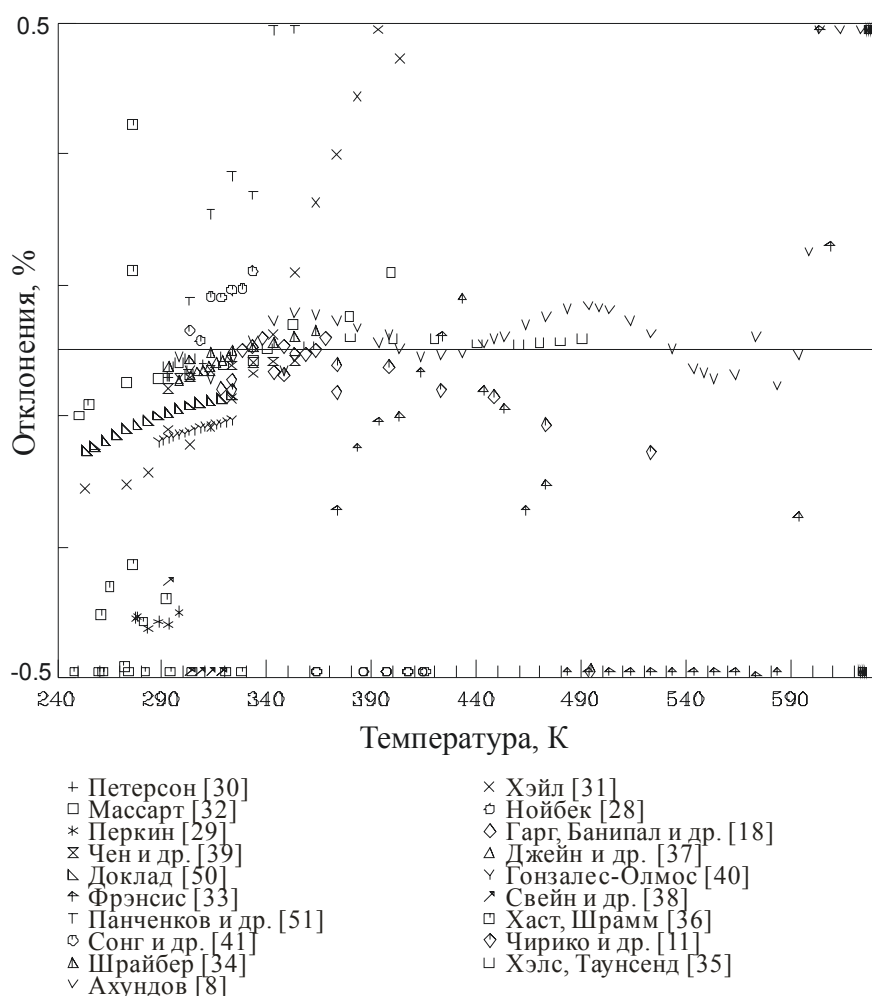


Рис. Б.4. Отклонения экспериментальных данных о плотности насыщенной жидкой фазы *n*-ксилола от рассчитанных по фундаментальному уравнению состояния

Давление насыщенных паров исследовалось многими авторами, однако экспериментальные данные весьма плохо согласуются между собой. Из широкодиапазонных высокотемпературных измерений с достаточно высокой точностью описываются данные Амброуза [12,13]. Средняя относительное отклонение не превышает 0,1 %. Несколько большие отклонения до 0,2 – 0,4% наблюдаются для *m*-ксилола. Данные Ахундова [8] описываются с отклонениями 0,2 – 0,4 %. Низкотемпературная область вблизи тройной точки не исследована. Данные Хэслера [14], полученные для *o*-ксилола в диапазоне 248 – 283 К, отклоняются более чем на 10 %. В [15], при

разработке уравнений, описывающих упругость насыщенного пара алкилбензолов в низкотемпературной области, использовались расчетные данные о p_v . При разработке фундаментальных уравнений состояния в данной работе, эти данные не использовались, однако в табл. представлены результаты сравнения. Видно, что отклонения, как правило, не превышают 0,12 % и они существенно меньше, чем для имеющихся экспериментальных данных в диапазоне 293 – 350 К.

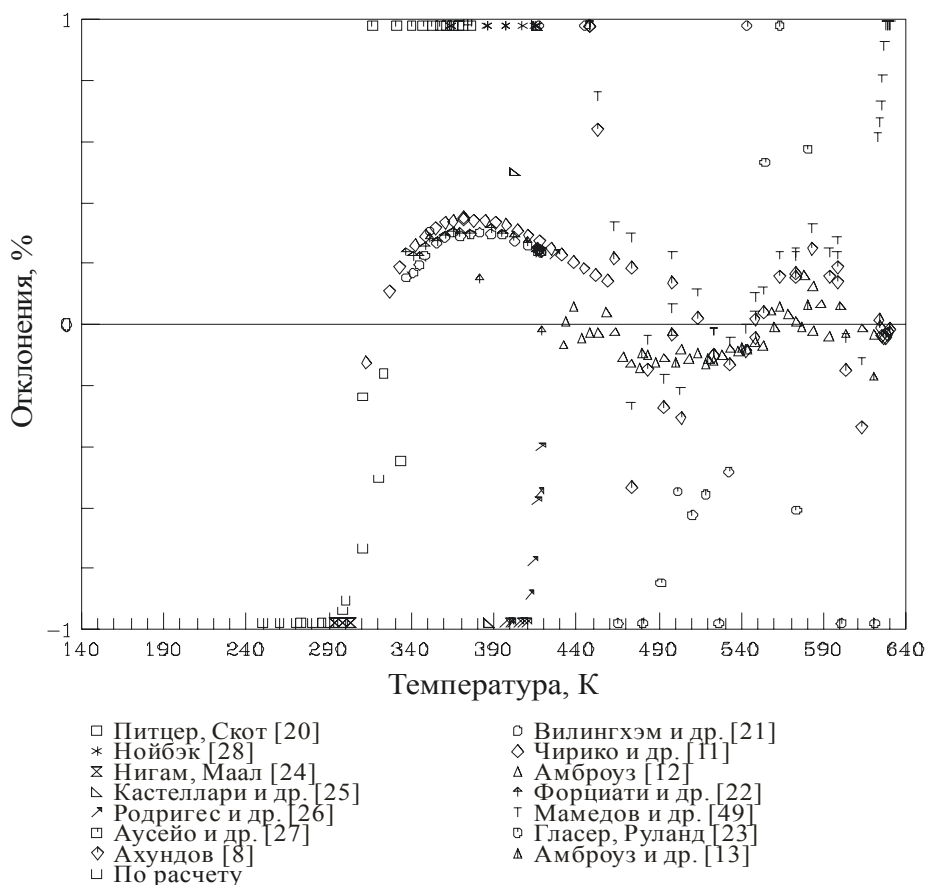


Рис. Б.5. Отклонения экспериментальных данных о давлении насыщенных паров о-ксилола от рассчитанных по фундаментальному уравнению состояния

Изобарная теплоемкость c_p и теплоемкость c_s в жидкой фазе описываются с отклонениями, близкими к погрешности экспериментального исследования. В газовой фазе и сверхкритической области отклонения несколько возрастают, что также соответствует тенденции изменения точности экспериментальных данных. Скорость звука исследована, в жидкой фазе до температуры 413 К. Отклонения, как правило, находятся в диапазоне 0,4 – 1,0 %.

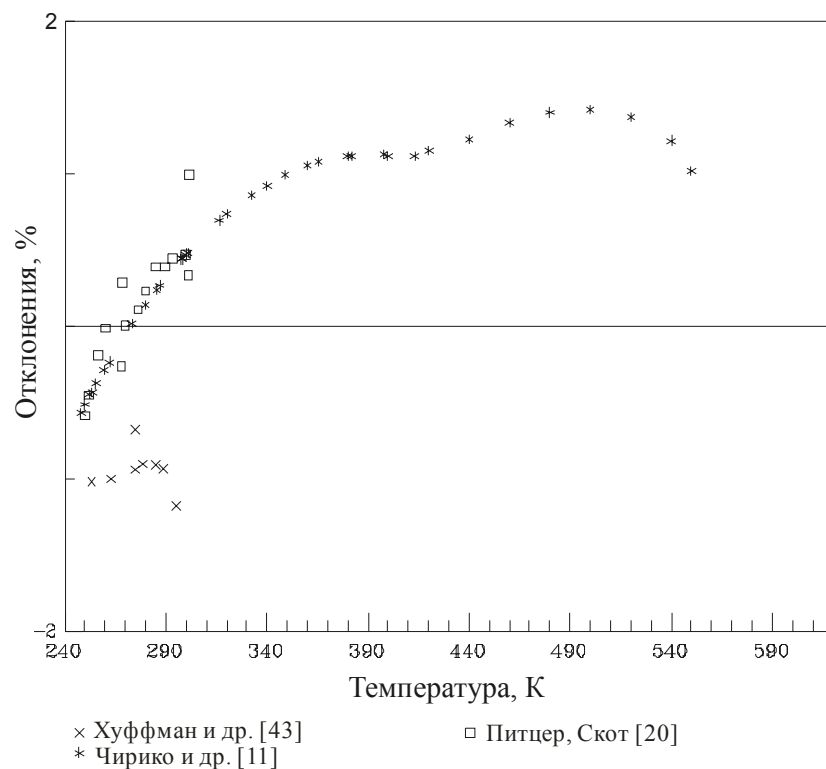


Рис. Б.6. Отклонения экспериментальных данных о теплоемкости насыщенной жидкой фазы оксилола от рассчитанных по фундаментальному уравнению состояния

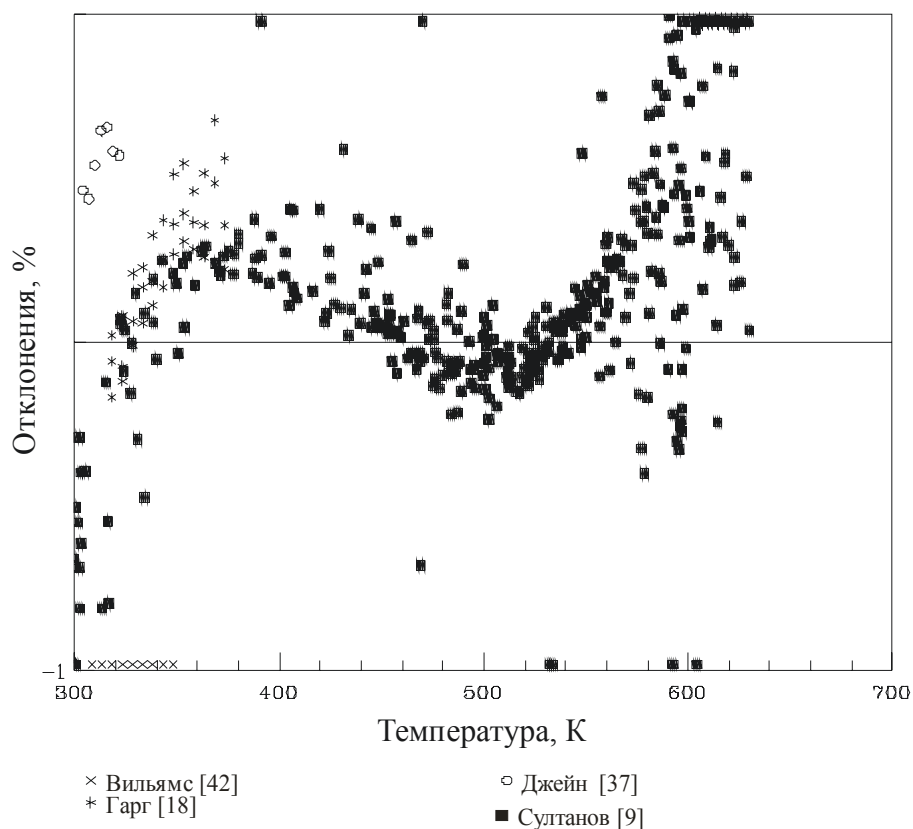


Рис. Б.7. Отклонения экспериментальных данных о изобарной теплоемкости жидкой фазы оксилола от рассчитанных по фундаментальному уравнению состояния

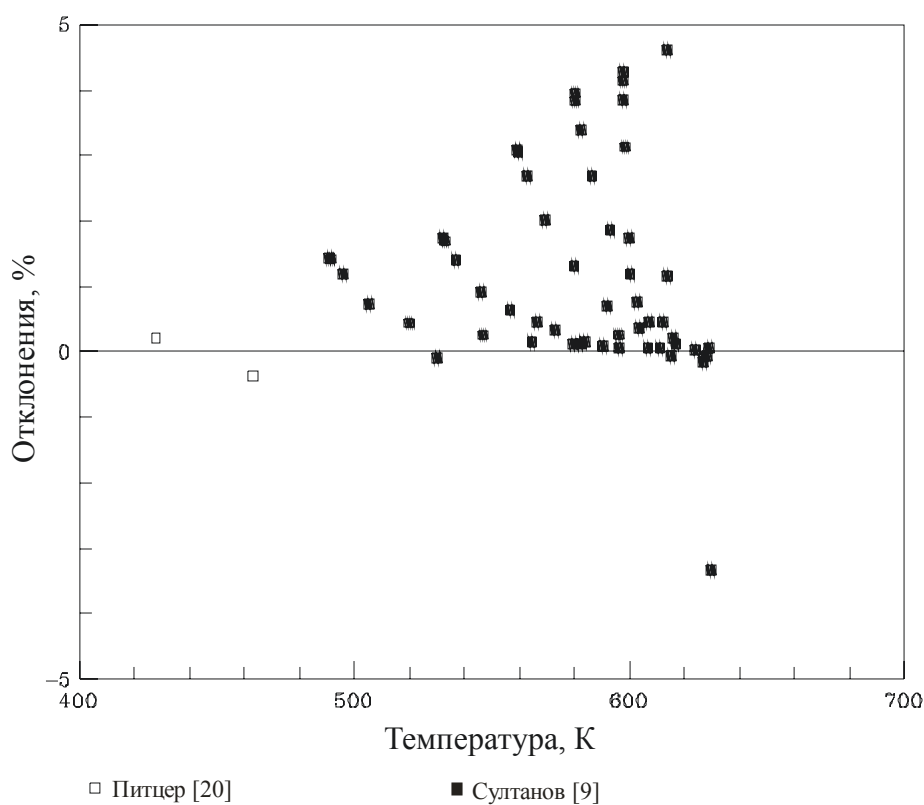


Рис. Б.8. Отклонения экспериментальных данных о изобарной теплоемкости газовой фазы о-ксилола от рассчитанных по фундаментальному уравнению состояния

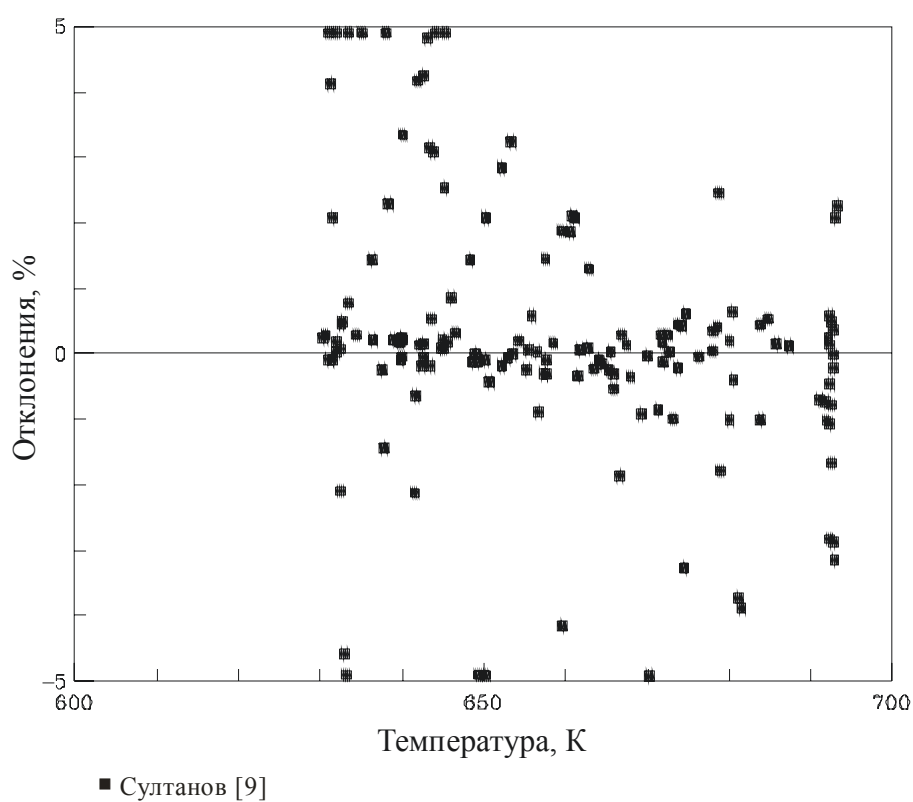


Рис. Б.9. Отклонения экспериментальных данных о изобарной теплоемкости о-ксилола в критической и сверхкритической областях от рассчитанных по фундаментальному уравнению состояния

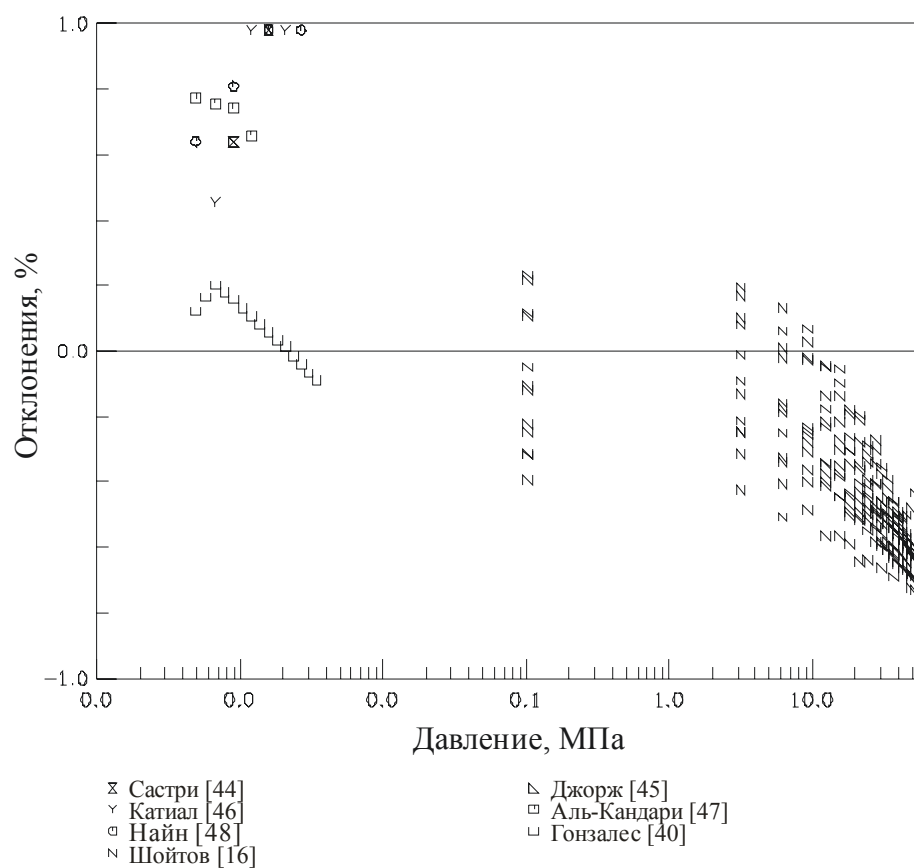


Рис. Б.10. Отклонения экспериментальных данных о скорости звука в жидкой фазе о-ксилола от рассчитанных по фундаментальному уравнению состояния

Таблица Б.1

Результаты сравнения данных о термодинамических свойствах о-ксилола с рассчитанными по фундаментальному уравнению состояния значениями

Год	Первый автор, Источник	Точ- ки	Диапазон по темпе- ратуре и давлению		Отклонения, %	
			T , К	p , МПа	СОО	СКО
p, V, T – данные						
1974	Ахундов [8]:	380	298-673	0,13-80,4		
	Ж	281	298-623	0,13-80,4	0,16	0,285
	Г	24	298-598	0,13-2,28	0,701	0,950
	К	18	617-643	3,8-7,4	1,709	2,203
	Ф	57	648-673	0,13-80,4	0,696	1,008
1988	Хоссенлоп [17] (Г)	9	353-446	0,013-0,1	0,404	0,412
1993	Гарг [18]	60	318-373	1-10	0,042	0,051
1994	Таравилло [10]	139	257-298	0,37-107,9	0,098	0,113
1995	Эт-Тахир [19]	40	298-363	5-40	0,198	0,207
Давление насыщенных паров p_v						
1943	Питцер [20]	6	273-333		0,932	1,220
1945	Вилингхэм[21]	20	337-418		0,595	0,610
1949	Форциати [22]	20	337-419		0,589	0,614
1957	Гласер [23]	17	417-621		1,651	2,689
1967	Амброуз [12]	8	480-620		0,073	0,084
1970	Мамедов [49]	28	448-630		0,475	0,673
1971	Нигам [24]	6	293-303		0,901	0,948
1974	Ахундов [8]	36	298-630		0,202	0,333
1982	Кастеллари[25]	6	386-416		1,701	1,878
1986	Хэсслер [15]	19	248-283		11,7	15,65
1987	Амброуз [13]	39	432-620		0,065	0,078
1997	Чирико [11]	23	313-459		0,582	0,612
2005	Родригес [26]	11	397-427		0,876	1,040
2006	Аусейо [27]	12	316-377		2,024	2,281
2010	Александров [15]	9	250-320		0,087	0,111
Плотность насыщенной жидкой фазы ρ_l						
1887	Нойбек [28]	11	364-416		0,689	0,698
1896	Перкин [29]	6	277-298		0,409	0,410
1902	Петерсон [30]	5	292-309		0,028	0,03
1932	Хэйл [31]	16	253-403		0,211	0,258
1936	Массарт [32]	9	250-399		0,053	0,067
1957	Фрэнсис [33]	25	373-608		0,421	0,537
1958	Панченков [51]	7	293-353		0,295	0,368
1965	Шрайбер [34]	8	293-363		0,019	0,023
1972	Хэлс [35]	14	293-490		0,022	0,024
1974	Ахундов [8]	40	298-623		0,143	0,228
1976	Хаст [36]	16	248-328		0,549	0,607
1992	Мат.доклада [50]	45	254-323		0,102	0,106
1993	Гарг [18]	12	318-373		0,024	0,028
1994	Джейн [37]	8	298-322		0,020	0,024
1997	Чирико [11]	9	323-523		0,15	0,182
1997	Чирико [11] (К)	3	616-630		1,351	1,425
2001	Свейн [38]	9	293-318		1,439	1,492

Окончание табл. Б.1

Год	Первый автор, Источник	Точ- ки	Диапазон по темпе- ратуре и давлению		Отклонения, %	
			T , К	p , МПа	СОО	СКО
2007	Чен [39]	8	293-353		0,023	0,029
2008	Гонзалес [40]	15	288-323		0,117	0,118
2008	Сонг [41]	7	303-333		0,081	0,089
Плотность насыщенной газовой фазы ρ_v						
1974	Ахундов [8]	40	298-623		0,774	1,104
1997	Чирико [11]	4	617-630		5,594	5,918
Изобарная теплоемкость c_p						
1924	Вильямс [42]	10	303-348	0,101	2,771	3,007
1943	Питцер [20] (Г)	3	393-463	0,022-0,10	0,236	0,301
1976	Султанов [9]	705	299-693	0,1-25		
	Ж	400	299-614	0,1-25	0,388	0,855
	Г	54	491-614	0,1-3,0	0,980	1,491
	К	99	617-643	3,8-7,4	2,231	2,546
	Ф	152	632-693	0,5-25	1,320	1,456
1992	Джейн [37]	7	304-322	0,101	0,338	0,347
1993	Гарг [18]	36	318-373	0,1-10	0,175	0,213
Теплоемкость по линии насыщения c_s						
1930	Хуффман [43]	8	253-295		1,141	1,148
1943	Питцер [20]	15	252-302		0,294	0,371
1997	Чирико [11]	35	440-550		0,688	0,784
Скорость звука w						
1972	Шойтов [16]	216	303-413	0,1-51,8	0,426	0,463
1995	Зотов [66]	89	303-413	10-250	0,301	0,440
1999	Састри [44]	2	298-308	0,1	1,151	1,286
2003	Джорж [45]	2	298-308	0,1	1,114	1,231
2003	Катиал [46]	3	293-313	0,1	1,033	1,123
2006	Аль-Кандари [47]	4	288-303	0,1	0,692	0,694
2007	Найн [48]	8	288-318	0,1	1,215	1,332
2008	Гонзалес [40]	15	288-323	0,1	0,085	0,091

Примечание. СОО – среднее относительное отклонение; СКО – среднее квадратичное отклонение.

Как было сказано выше, использовалась система ограничений, обеспечивающих «физическую» форму поверхности состояния и улучшающих экстраполяционные возможности уравнения. В частности, контролировался ход идеальных кривых, вид которых показан на рисунке Б.11.

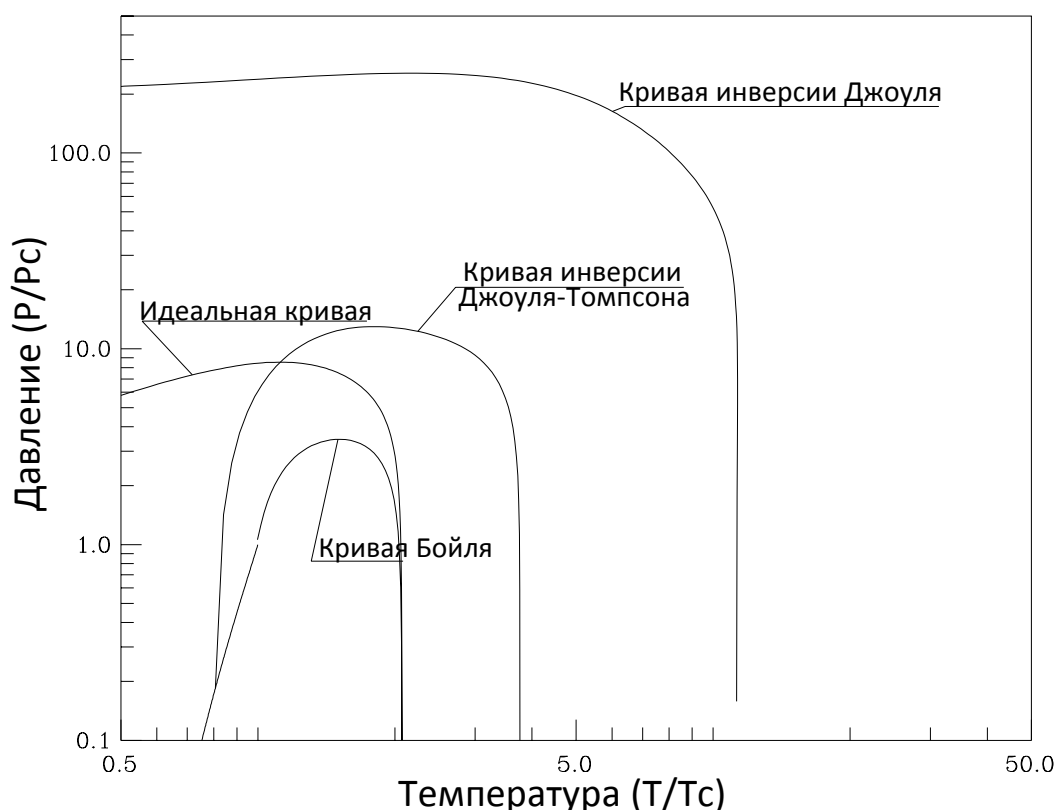


Рис. Б11. Поведение идеальных кривых для о-ксилола по ФУС.

Б.2. Анализ результатов и оценка точности табличных значений свойств переноса

Б.2.1. Вязкость

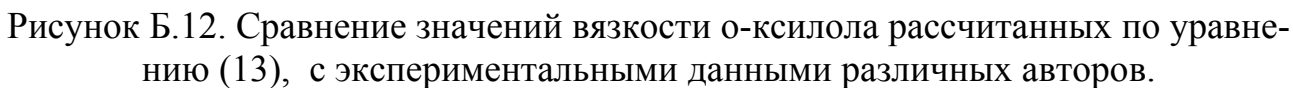
В таблице Б.2. представлены результаты сравнения экспериментальных данных о вязкости о-ксилола с расчетами по разработанным уравнениям, а на рис.Б.12 показан характер отклонений. Значения температуры, измеренные по разным температурным шкалам, пересчитаны на Международную температурную шкалу 1990 г. (МТШ-90).

Основу массива обрабатываемых данных составили данные Ахундова Т. С.-А. [8], которые описываются со средним относительным отклонением 1,0%, а также широкодиапазонные данные Ахундова Р.Т. [54], величина СОО для которых составила 1,1 %. Кроме вышеописанных широкодиапазонных данных, измерения остальных авторов в основном выполнены либо при атмосферном давлении либо по линии насыщения и охватывают узкий интервал температур. Средняя погрешность описания таких данных составляет в среднем 1,5 – 3,0 %. Исключение составляют данные Хашиваги [55] и Свейна [56], которые систематически отклоняются от обрабатываемого массива.

Кроме экспериментальных данных о вязкости плотного флюида, к обработке привлекались расчетные данные о вязкости разряженного газа. Эти данные были необходимы для определения коэффициентов приведенного эффективного интегра-

Таблица Б.2. Результаты сравнения экспериментальных данных о вязкости оксилола с рассчитанными по уравнению (13) значениями

Год	Первый автор, источник	Число точек	Диапазон параметров			Отклонения, %	
			T , К	p , МПа	ρ , кмоль/м ³	СОО	СКО
1894	Торп [52]	36	274-414	насыщ.	7,27-8,45	1,376	1,611
1946	Гейст [53]	3	273-313	0,1	8,13-8,45	1,338	1,364
1970	Мамедов [60]	142	297-548	0,5-40	5,85-8,5	0,966	1,232
1974	Ахундов [8]	141	297-548	0,1-40	5,84-8,49	1,002	1,348
1982	Хашиваги [55]	44	298-348	0,1-100	7,93-8,75	18,44	22,52
1992	Ахундов [54]	110	417-673	0,1-39,3	0,01-7,24	1,115	1,510
1995	Эт-Тахир [59]	30	298-363	0,1-100	7,9-8,75	1,769	1,621
2000	Свэйн [56]	13	293-318	0,1	8,0-8,3	7,674	8,555
2007	Янг [57]	7	298-353	0,1	7,8-8,25	0,437	0,504
2008	Сонг [58]	7	303-333	0,1	7,97-8,21	2,616	2,664
	Расчет по [54]	18	360-700	0,1	разреж.	0,131	0,204



Б.2.2. Теплопроводность

Широкодиапазонные измерения коэффициента теплопроводности о-ксилола выполнены Ахундовым [8] и Мустафаевым [61]. В работе [8] эксперимент проводился стационарным методом нагретой проволоки. Погрешность данных по оценке автора [8] не превышает 1,5%. В работе Мустафаева [61] использовался метод монотонного разогрева. Погрешность данных оценивается величиной $\pm 2,0\%$. В жидкой фазе при повышенных давлениях измерения теплопроводности выполнены в работе Богатова [69], методом нагретой проволоки с погрешностью $\pm 1,5\%$ и в работе Пугача [62] – методом коаксиальных цилиндров с погрешностью $\pm 1,5\%$. Следует также отметить справочно-аналитическое издание Варгафтика с соавторами [63], где представлены рекомендуемые значения теплопроводности технически важных веществ. Данные получены графоаналитической обработкой экспериментальных значений теплопроводности, опубликованных до 1975 года. Поэтому ряд работ, в которых получено небольшое количество экспериментальных точек мы не включили в табл. Б3, считая, что они уже учтены при составлении таблиц [63].

Таблица Б.3

Результаты сравнения экспериментальных данных о теплопроводности о-ксилола с рассчитанными по уравнению (17) значениями.

Год	Первый автор, Источник	Число точек	Диапазон параметров			Отклонения, %	
			T , К	P , МПа	ρ , моль/л	СОО	СКО
1971	Пугач [62]	54	300-450	40-150	7,7-8,35	1,256	1,441
1974	Ахундов [8]	117	304-680	0,1-30	0,02-8,2	0,786	1,188
1978	Варгафтик [63]	166	180-680	0,1-30	0,02-8,2	0,586	0,799
1980	Мустафаев [61]	139	306-672	0,1-100	6,7-8,0	3,019	4,28
1982	Кашиваги [65]	6	298-358	насыщ.	насыщ.	0,720	0,900
1987	Назиев [67]	6	273-398	насыщ.	насыщ.	0,626	0,756
1988	Ассаель [68]	12	295-356	насыщ.	насыщ.	0,260	0,296
1992	Богатов [69]	122	315-477	0,1-59		0,609	0,726
2002	Тарзиманов [70]	7	293-593	насыщ.	насыщ.	1,850	2,238
2004	Ватанабе [64]	15	295-330	0,1	7,8-8,3	0,839	0,857

Как видно из табл. Б.3, для подавляющего большинства данных величина ССО не превышает оцененную авторами погрешность эксперимента.

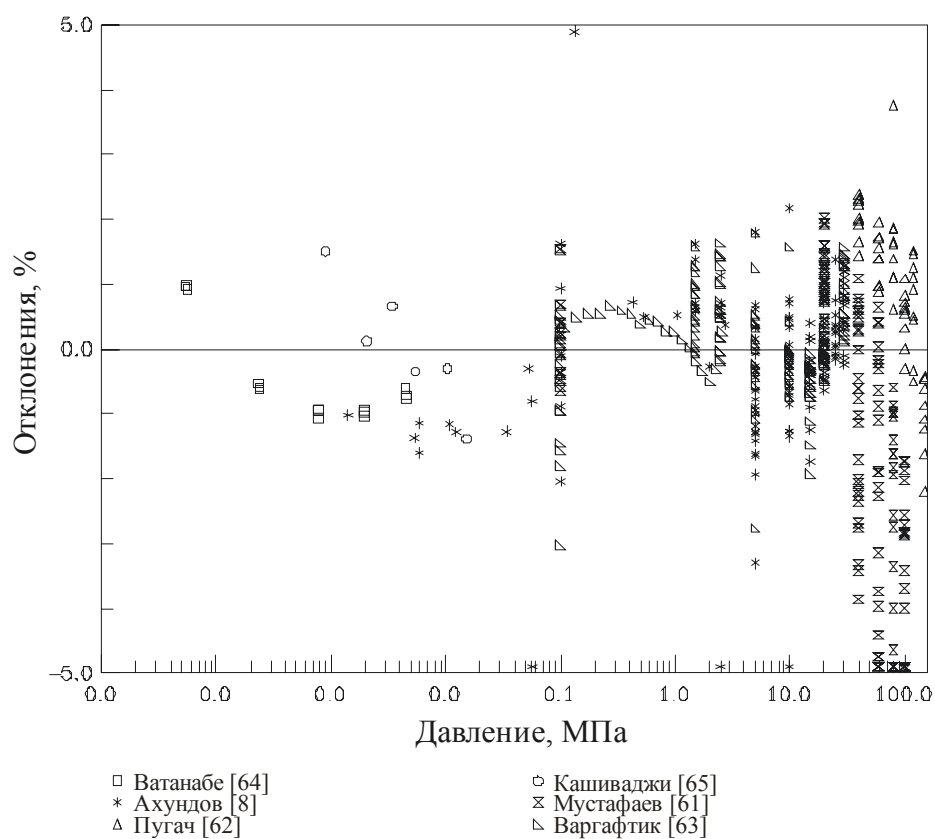


Рисунок Б.13. Сравнение значений теплопроводности о-ксилола, рассчитанных по уравнению (17), с экспериментальными данными различных авторов.

Таблица Б.4. Теплофизические свойства о-ксилола в однофазной области

T	ρ	h	s	Cv	Cp	w	λ	η
K	кг/м ³	кДж/кг	кДж/кг*К	кДж/кг*К	кДж/кг*К	м/с	Вт/м*К	мПа*с
p=0.1 МПа								
250	917.12	317.03	2.0189	1.2527	1.6467	1543.1	135.17	1735.5
260	908.58	333.6	2.0839	1.2754	1.6684	1499.1	135.56	1428
270	900.07	350.4	2.1473	1.2992	1.6918	1456.2	134.98	1191.3
280	891.57	367.44	2.2093	1.324	1.7166	1414.3	133.72	1007.2
290	883.06	384.74	2.27	1.3498	1.7428	1373.2	131.97	862.46
300	874.55	402.3	2.3295	1.3763	1.7701	1333	129.9	747.43
310	866.01	420.14	2.388	1.4035	1.7986	1293.5	127.6	655.03
320	857.43	438.28	2.4456	1.4313	1.828	1254.7	125.16	580
330	848.81	456.71	2.5023	1.4595	1.8583	1216.6	122.62	518.4
340	840.12	475.44	2.5582	1.4883	1.8894	1179.1	120.03	467.26
350	831.36	494.5	2.6135	1.5173	1.9213	1142	117.46	424.32
360	822.51	513.87	2.668	1.5466	1.9538	1105.5	114.88	387.87
370	813.57	533.58	2.722	1.5762	1.987	1069.3	112.32	356.58
380	804.51	553.62	2.7755	1.6059	2.0208	1033.6	109.79	329.42
390	795.31	574	2.8284	1.6357	2.0552	998.09	107.31	305.6
400	785.97	594.72	2.8809	1.6656	2.0901	962.89	104.88	284.49
410	776.47	615.8	2.9329	1.6955	2.1257	927.88	102.51	265.59
420	3.166	982.01	3.811	1.6155	1.7133	179.11	24.09	9.0934
430	3.0811	999.27	3.8516	1.6438	1.739	181.73	25.026	9.3137
440	3.0016	1016.8	3.8919	1.673	1.7662	184.26	25.969	9.5331
450	2.9268	1034.6	3.9319	1.7029	1.7945	186.72	26.918	9.7518
460	2.8563	1052.7	3.9716	1.7329	1.8232	189.11	27.872	9.9696
470	2.7894	1071.1	4.0112	1.763	1.8522	191.45	28.832	10.187
480	2.726	1089.7	4.0505	1.793	1.8813	193.74	29.796	10.403
490	2.6657	1108.7	4.0896	1.8228	1.9102	195.99	30.763	10.619
500	2.6083	1127.9	4.1284	1.8523	1.9391	198.19	31.735	10.834
510	2.5535	1147.5	4.1671	1.8815	1.9677	200.36	32.709	11.049
520	2.5011	1167.3	4.2056	1.9104	1.996	202.49	33.686	11.263
530	2.4509	1187.4	4.2439	1.9389	2.024	204.58	34.665	11.476
540	2.4029	1207.8	4.282	1.967	2.0517	206.65	35.647	11.689
550	2.3568	1228.4	4.3199	1.9947	2.079	208.69	36.632	11.901
560	2.3126	1249.3	4.3576	2.0219	2.1058	210.7	37.618	12.112
570	2.2701	1270.5	4.3951	2.0487	2.1323	212.69	38.607	12.323
580	2.2292	1292	4.4324	2.0751	2.1583	214.65	39.599	12.533
590	2.1898	1313.7	4.4695	2.1009	2.1839	216.59	40.595	12.743
600	2.1518	1335.7	4.5064	2.1263	2.209	218.5	41.594	12.952
610	2.1152	1357.9	4.5431	2.1512	2.2337	220.4	42.599	13.16
620	2.0799	1380.3	4.5797	2.1756	2.2579	222.27	43.609	13.368
630	2.0457	1403	4.616	2.1996	2.2816	224.13	44.627	13.575
640	2.0127	1426	4.6521	2.223	2.3049	225.96	45.653	13.781
650	1.9808	1449.1	4.688	2.2459	2.3276	227.78	46.691	13.987

660	1.9499	1472.5	4.7237	2.2683	2.3499	229.58	47.741	14.192
670	1.92	1496.1	4.7592	2.2902	2.3717	231.37	48.807	14.397
680	1.8911	1520	4.7945	2.3117	2.3929	233.14	49.892	14.601
690	1.863	1544	4.8296	2.3326	2.4137	234.89	51	14.804
700	1.8357	1568.2	4.8645	2.353	2.434	236.63	52.134	15.007
p=0.5 MIIa								
250	917.34	317.36	2.0185	1.2528	1.6465	1544.9	135.32	1741
260	908.81	333.93	2.0835	1.2755	1.6683	1501	135.7	1432.7
270	900.31	350.73	2.1469	1.2993	1.6916	1458.2	135.11	1195.5
280	891.83	367.77	2.2089	1.3241	1.7164	1416.3	133.85	1010.8
290	883.34	385.06	2.2695	1.3499	1.7425	1375.3	132.1	865.67
300	874.84	402.62	2.3291	1.3764	1.7698	1335.1	130.03	750.29
310	866.32	420.46	2.3876	1.4036	1.7982	1295.7	127.73	657.59
320	857.76	438.59	2.4451	1.4313	1.8276	1257	125.29	582.31
330	849.15	457.02	2.5018	1.4596	1.8579	1219	122.75	520.49
340	840.49	475.75	2.5577	1.4883	1.889	1181.5	120.17	469.16
350	831.75	494.8	2.613	1.5174	1.9208	1144.6	117.6	426.07
360	822.93	514.17	2.6675	1.5467	1.9532	1108.1	115.03	389.48
370	814.01	533.87	2.7215	1.5763	1.9863	1072.1	112.48	358.08
380	804.98	553.9	2.7749	1.606	2.02	1036.5	109.96	330.82
390	795.82	574.27	2.8278	1.6358	2.0543	1001.1	107.49	306.91
400	786.51	594.99	2.8803	1.6656	2.0891	966.08	105.07	285.73
410	777.05	616.05	2.9323	1.6955	2.1245	931.24	102.7	266.78
420	767.4	637.48	2.9839	1.7254	2.1605	896.55	100.4	249.66
430	757.54	659.27	3.0352	1.7552	2.1972	861.97	98.166	234.06
440	747.45	681.43	3.0861	1.7849	2.2345	827.42	95.998	219.74
450	737.09	703.96	3.1368	1.8146	2.2727	792.84	93.9	206.48
460	726.44	726.88	3.1871	1.8441	2.3118	758.15	91.874	194.13
470	715.44	750.2	3.2373	1.8735	2.3521	723.27	89.921	182.53
480	704.05	773.93	3.2872	1.9028	2.3938	688.1	88.042	171.59
490	692.21	798.08	3.337	1.932	2.4373	652.53	86.238	161.19
500	14.433	1114.9	3.9832	1.8897	2.0319	180.06	31.934	11.092
510	14.009	1135.3	4.0236	1.9128	2.0475	183.55	32.884	11.303
520	13.619	1155.9	4.0635	1.9371	2.0658	186.85	33.84	11.513
530	13.258	1176.6	4.1031	1.962	2.0858	190	34.802	11.721
540	12.923	1197.6	4.1422	1.9873	2.107	193	35.769	11.927
550	12.608	1218.8	4.1811	2.0127	2.1289	195.88	36.74	12.133
560	12.313	1240.2	4.2197	2.0381	2.1512	198.67	37.716	12.338
570	12.035	1261.8	4.2579	2.0634	2.1738	201.36	38.695	12.542
580	11.773	1283.6	4.2959	2.0884	2.1965	203.97	39.678	12.745
590	11.524	1305.7	4.3337	2.1131	2.2192	206.5	40.666	12.948
600	11.287	1328	4.3712	2.1375	2.2417	208.97	41.659	13.15
610	11.062	1350.6	4.4084	2.1615	2.2641	211.37	42.657	13.352
620	10.848	1373.3	4.4454	2.1851	2.2863	213.72	43.662	13.553
630	10.643	1396.3	4.4822	2.2084	2.3081	216.02	44.675	13.754
640	10.447	1419.5	4.5187	2.2312	2.3297	218.27	45.697	13.954

650	10.259	1442.9	4.555	2.2535	2.351	220.48	46.731	14.154
660	10.078	1466.5	4.591	2.2755	2.3718	222.64	47.778	14.353
670	9.9053	1490.3	4.6268	2.2969	2.3924	224.77	48.841	14.552
680	9.7388	1514.3	4.6624	2.3179	2.4125	226.86	49.923	14.751
690	9.5785	1538.6	4.6978	2.3384	2.4322	228.91	51.028	14.949
700	9.4241	1563	4.7329	2.3585	2.4515	230.93	52.16	15.146
p=1.0 MPa								
250	917.62	317.78	2.018	1.2529	1.6464	1547.2	135.51	1747.8
260	909.1	334.35	2.083	1.2756	1.668	1503.4	135.88	1438.7
270	900.62	351.14	2.1464	1.2994	1.6913	1460.6	135.28	1200.6
280	892.15	368.18	2.2083	1.3243	1.7161	1418.8	134.01	1015.4
290	883.68	385.47	2.269	1.35	1.7422	1377.9	132.26	869.69
300	875.2	403.03	2.3285	1.3765	1.7695	1337.8	130.19	753.86
310	866.7	420.86	2.387	1.4037	1.7978	1298.5	127.9	660.79
320	858.16	438.99	2.4445	1.4315	1.8272	1259.9	125.46	585.19
330	849.58	457.41	2.5012	1.4597	1.8574	1222	122.93	523.11
340	840.94	476.14	2.5571	1.4884	1.8884	1184.6	120.35	471.55
350	832.23	495.18	2.6123	1.5175	1.9201	1147.8	117.78	428.26
360	823.44	514.54	2.6669	1.5468	1.9525	1111.5	115.22	391.5
370	814.55	534.23	2.7208	1.5763	1.9855	1075.6	112.68	359.95
380	805.56	554.25	2.7742	1.606	2.0191	1040.1	110.17	332.57
390	796.44	574.61	2.8271	1.6358	2.0532	1004.9	107.7	308.56
400	787.18	595.32	2.8795	1.6657	2.0879	970.05	105.29	287.28
410	777.77	616.37	2.9315	1.6955	2.1231	935.4	102.94	268.25
420	768.17	637.78	2.9831	1.7254	2.1589	900.93	100.65	251.07
430	758.38	659.56	3.0343	1.7552	2.1953	866.58	98.425	235.43
440	748.36	681.69	3.0852	1.7849	2.2324	832.29	96.269	221.07
450	738.08	704.21	3.1358	1.8145	2.2702	798	94.184	207.79
460	727.52	727.1	3.1861	1.844	2.309	763.64	92.172	195.41
470	716.63	750.39	3.2362	1.8734	2.3487	729.13	90.234	183.81
480	705.37	774.08	3.2861	1.9026	2.3898	694.38	88.371	172.88
490	693.67	798.19	3.3358	1.9317	2.4325	659.29	86.584	162.5
500	681.47	822.74	3.3854	1.9607	2.4774	623.72	84.874	152.6
510	668.67	847.75	3.4349	1.9896	2.525	587.53	83.239	143.11
520	655.15	873.25	3.4844	2.0184	2.5764	550.51	81.676	133.95
530	640.75	899.29	3.534	2.0472	2.6331	512.39	80.179	125.07
540	29.155	1181.9	4.0659	2.0259	2.234	171.15	36.3	12.21
550	28.11	1204.2	4.1069	2.0449	2.2356	175.93	37.201	12.421
560	27.179	1226.6	4.1473	2.0655	2.2427	180.34	38.12	12.627
570	26.338	1249.1	4.187	2.087	2.2534	184.43	39.051	12.83
580	25.571	1271.7	4.2263	2.1091	2.2667	188.27	39.994	13.031
590	24.867	1294.5	4.2652	2.1315	2.2817	191.9	40.947	13.229
600	24.215	1317.4	4.3037	2.154	2.2979	195.34	41.91	13.426
610	23.61	1340.4	4.3418	2.1764	2.315	198.62	42.883	13.622
620	23.045	1363.7	4.3796	2.1987	2.3326	201.76	43.865	13.817
630	22.515	1387.1	4.4171	2.2207	2.3506	204.79	44.858	14.01

640	22.017	1410.7	4.4542	2.2425	2.3688	207.7	45.863	14.204
650	21.546	1434.4	4.4911	2.264	2.387	210.51	46.881	14.396
660	21.101	1458.4	4.5277	2.2851	2.4053	213.23	47.914	14.588
670	20.679	1482.5	4.564	2.3059	2.4235	215.88	48.965	14.78
680	20.278	1506.9	4.6	2.3262	2.4415	218.45	50.036	14.971
690	19.896	1531.4	4.6358	2.3462	2.4594	220.95	51.131	15.162
700	19.531	1556.1	4.6713	2.3657	2.477	223.39	52.254	15.353
p=1.5 MIIa								
250	917.89	318.2	2.0175	1.2531	1.6462	1549.4	135.7	1754.7
260	909.39	334.77	2.0825	1.2758	1.6678	1505.7	136.05	1444.6
270	900.92	351.56	2.1459	1.2996	1.6911	1463	135.45	1205.8
280	892.47	368.59	2.2078	1.3244	1.7158	1421.3	134.17	1019.9
290	884.02	385.88	2.2685	1.3501	1.7419	1380.4	132.42	873.72
300	875.56	403.43	2.328	1.3766	1.7691	1340.5	130.35	757.44
310	867.08	421.27	2.3864	1.4038	1.7974	1301.2	128.06	664
320	858.56	439.39	2.444	1.4316	1.8267	1262.7	125.62	588.08
330	850	457.8	2.5006	1.4598	1.8568	1224.9	123.1	525.72
340	841.39	476.52	2.5565	1.4885	1.8878	1187.7	120.53	473.93
350	832.71	495.56	2.6117	1.5176	1.9194	1151	117.97	430.45
360	823.95	514.92	2.6662	1.5469	1.9517	1114.8	115.41	393.52
370	815.1	534.6	2.7201	1.5764	1.9846	1079	112.87	361.82
380	806.14	554.61	2.7735	1.6061	2.0181	1043.7	110.37	334.32
390	797.06	574.96	2.8264	1.6359	2.0521	1008.7	107.92	310.2
400	787.85	595.65	2.8788	1.6657	2.0867	973.98	105.52	288.84
410	778.48	616.7	2.9307	1.6956	2.1218	939.52	103.17	269.73
420	768.94	638.09	2.9823	1.7254	2.1574	905.26	100.9	252.49
430	759.21	659.85	3.0335	1.7552	2.1936	871.14	98.683	236.79
440	749.25	681.96	3.0843	1.7849	2.2304	837.1	96.539	222.39
450	739.06	704.46	3.1349	1.8145	2.2679	803.09	94.466	209.08
460	728.59	727.33	3.1851	1.8439	2.3062	769.05	92.467	196.69
470	717.8	750.58	3.2351	1.8732	2.3455	734.89	90.543	185.09
480	706.66	774.24	3.2849	1.9024	2.386	700.54	88.696	174.15
490	695.11	798.31	3.3346	1.9315	2.428	665.91	86.926	163.79
500	683.07	822.81	3.3841	1.9604	2.4718	630.88	85.234	153.92
510	670.48	847.75	3.4335	1.9891	2.5182	595.31	83.62	144.47
520	657.22	873.18	3.4828	2.0178	2.5678	559.05	82.081	135.37
530	643.15	899.12	3.5322	2.0465	2.622	521.85	80.613	126.57
540	628.07	925.64	3.5818	2.0752	2.6827	483.43	79.207	118
550	611.7	952.81	3.6317	2.104	2.7534	443.34	77.843	109.6
560	46.921	1209	4.0907	2.1076	2.4386	155.4	39.188	12.899
570	44.65	1233.2	4.1335	2.1209	2.4062	162.39	39.941	13.122
580	42.736	1257.2	4.1752	2.1372	2.3903	168.53	40.75	13.334
590	41.082	1281.1	4.216	2.1553	2.3846	174.03	41.598	13.537
600	39.624	1304.9	4.2561	2.1745	2.3854	179.04	42.476	13.735
610	38.322	1328.8	4.2956	2.1944	2.3906	183.67	43.378	13.929
620	37.145	1352.7	4.3345	2.2146	2.3989	187.97	44.302	14.12

630	36.073	1376.8	4.373	2.235	2.4093	192.01	45.246	14.309
640	35.088	1400.9	4.411	2.2554	2.4213	195.82	46.208	14.496
650	34.179	1425.2	4.4486	2.2757	2.4344	199.44	47.19	14.682
660	33.334	1449.6	4.4859	2.2958	2.4482	202.89	48.192	14.867
670	32.545	1474.2	4.5228	2.3157	2.4627	206.18	49.215	15.051
680	31.807	1498.9	4.5594	2.3352	2.4775	209.35	50.262	15.234
690	31.112	1523.7	4.5957	2.3545	2.4925	212.39	51.336	15.418
700	30.457	1548.7	4.6317	2.3735	2.5076	215.33	52.441	15.601
p=2.0 MIIa								
250	918.16	318.62	2.017	1.2532	1.646	1551.7	135.89	1761.6
260	909.68	335.18	2.082	1.2759	1.6676	1508	136.23	1450.6
270	901.23	351.97	2.1453	1.2997	1.6909	1465.4	135.61	1211
280	892.79	369	2.2073	1.3245	1.7156	1423.7	134.33	1024.5
290	884.36	386.29	2.2679	1.3502	1.7416	1383	132.58	877.74
300	875.91	403.84	2.3274	1.3767	1.7688	1343.1	130.51	761.02
310	867.45	421.67	2.3859	1.4039	1.797	1304	128.22	667.2
320	858.96	439.78	2.4434	1.4317	1.8262	1265.6	125.79	590.97
330	850.43	458.19	2.5	1.46	1.8563	1227.8	123.27	528.34
340	841.84	476.91	2.5559	1.4886	1.8872	1190.7	120.7	476.32
350	833.18	495.94	2.6111	1.5177	1.9188	1154.1	118.15	432.64
360	824.45	515.29	2.6656	1.547	1.951	1118.1	115.6	395.54
370	815.64	534.96	2.7195	1.5765	1.9838	1082.5	113.07	363.7
380	806.71	554.97	2.7728	1.6062	2.0172	1047.3	110.58	336.07
390	797.67	575.31	2.8257	1.6359	2.0511	1012.4	108.13	311.84
400	788.5	595.99	2.878	1.6658	2.0855	977.88	105.74	290.39
410	779.18	617.02	2.9299	1.6956	2.1204	943.61	103.41	271.21
420	769.7	638.4	2.9815	1.7254	2.1558	909.55	101.14	253.9
430	760.02	660.14	3.0326	1.7552	2.1918	875.65	98.939	238.15
440	750.14	682.24	3.0834	1.7848	2.2284	841.86	96.806	223.71
450	740.02	704.71	3.1339	1.8144	2.2656	808.12	94.746	210.37
460	729.64	727.55	3.1841	1.8438	2.3036	774.38	92.76	197.96
470	718.95	750.78	3.2341	1.8731	2.3424	740.56	90.85	186.35
480	707.93	774.41	3.2838	1.9023	2.3824	706.6	89.017	175.41
490	696.51	798.43	3.3334	1.9312	2.4236	672.4	87.263	165.06
500	684.64	822.88	3.3827	1.9601	2.4666	637.87	85.588	155.22
510	672.24	847.77	3.432	1.9888	2.5118	602.9	83.993	145.8
520	659.22	873.13	3.4813	2.0173	2.5598	567.33	82.477	136.76
530	645.46	898.98	3.5305	2.0458	2.6118	530.98	81.036	128.03
540	630.77	925.38	3.5799	2.0743	2.6693	493.61	79.663	119.56
550	614.93	952.4	3.6294	2.1029	2.7349	454.86	78.345	111.29
560	597.57	980.12	3.6794	2.1317	2.8132	414.24	77.054	103.15
570	578.12	1008.7	3.73	2.1611	2.9131	370.94	75.743	95.048
580	67.068	1237.4	4.1248	2.1807	2.6984	140.65	42.615	13.62
590	62.724	1263.8	4.17	2.1891	2.6	150.4	43.052	13.858
600	59.326	1289.5	4.2132	2.2019	2.5477	158.47	43.658	14.073
610	56.531	1314.8	4.255	2.2172	2.5189	165.44	44.365	14.275

620	54.158	1339.9	4.2959	2.234	2.5038	171.61	45.141	14.468
630	52.096	1364.9	4.3359	2.2519	2.4972	177.19	45.968	14.655
640	50.274	1389.9	4.3752	2.2702	2.4964	182.3	46.836	14.838
650	48.643	1414.9	4.4139	2.2889	2.4996	187.02	47.74	15.017
660	47.168	1439.9	4.4521	2.3076	2.5056	191.43	48.678	15.195
670	45.823	1465	4.4898	2.3264	2.5136	195.57	49.647	15.371
680	44.587	1490.2	4.5272	2.345	2.5231	199.48	50.647	15.546
690	43.445	1515.5	4.5641	2.3635	2.5337	203.2	51.681	15.72
700	42.385	1540.8	4.6006	2.3817	2.5451	206.74	52.751	15.894
p=2.5 MIIa								
250	918.43	319.03	2.0165	1.2534	1.6458	1554	136.08	1768.5
260	909.97	335.6	2.0815	1.276	1.6674	1510.3	136.4	1456.5
270	901.53	352.39	2.1448	1.2998	1.6906	1467.8	135.78	1216.2
280	893.11	369.42	2.2067	1.3247	1.7153	1426.2	134.49	1029.1
290	884.69	386.7	2.2674	1.3504	1.7412	1385.5	132.74	881.77
300	876.27	404.25	2.3269	1.3769	1.7684	1345.7	130.67	764.61
310	867.83	422.07	2.3853	1.404	1.7966	1306.7	128.38	670.41
320	859.36	440.18	2.4428	1.4318	1.8258	1268.4	125.95	593.86
330	850.85	458.59	2.4994	1.4601	1.8558	1230.8	123.44	530.96
340	842.28	477.3	2.5553	1.4887	1.8866	1193.7	120.88	478.71
350	833.66	496.32	2.6104	1.5178	1.9181	1157.3	118.33	434.83
360	824.96	515.66	2.6649	1.5471	1.9503	1121.3	115.79	397.56
370	816.17	535.33	2.7188	1.5766	1.983	1085.9	113.27	365.57
380	807.28	555.33	2.7721	1.6062	2.0163	1050.8	110.78	337.81
390	798.28	575.66	2.8249	1.636	2.0501	1016.1	108.35	313.48
400	789.16	596.33	2.8773	1.6658	2.0843	981.74	105.96	291.94
410	779.88	617.34	2.9292	1.6956	2.1191	947.65	103.64	272.68
420	770.45	638.71	2.9807	1.7254	2.1544	913.79	101.38	255.31
430	760.83	660.43	3.0318	1.7552	2.1901	880.11	99.193	239.51
440	751.02	682.52	3.0825	1.7848	2.2264	846.56	97.072	225.03
450	740.97	704.96	3.133	1.8144	2.2634	813.09	95.024	211.66
460	730.67	727.79	3.1831	1.8438	2.301	779.63	93.05	199.23
470	720.08	750.99	3.233	1.873	2.3394	746.14	91.153	187.6
480	709.17	774.58	3.2827	1.9021	2.3789	712.55	89.334	176.67
490	697.88	798.57	3.3322	1.931	2.4195	678.77	87.595	166.33
500	686.17	822.97	3.3815	1.9598	2.4617	644.72	85.937	156.5
510	673.96	847.81	3.4306	1.9884	2.5057	610.3	84.361	147.12
520	661.16	873.1	3.4797	2.0169	2.5524	575.38	82.865	138.13
530	647.68	898.87	3.5288	2.0453	2.6024	539.81	81.448	129.46
540	633.36	925.16	3.578	2.0736	2.6571	503.39	80.105	121.08
550	617.99	952.03	3.6273	2.1019	2.7185	465.84	78.825	112.92
560	601.29	979.56	3.6769	2.1304	2.79	426.78	77.589	104.94
570	582.81	1007.9	3.727	2.1593	2.8779	385.63	76.36	97.052
580	561.78	1037.2	3.778	2.1889	2.995	341.42	75.066	89.155
590	536.74	1068	3.8306	2.2201	3.1739	292.32	73.56	81.043
600	89.005	1267.6	4.1651	2.2446	3.012	129.02	46.531	14.437

610	81.611	1296.5	4.2129	2.2491	2.8033	141.52	46.444	14.666
620	76.28	1324	4.2576	2.2594	2.7026	151.31	46.762	14.871
630	72.102	1350.7	4.3003	2.2728	2.6469	159.5	47.284	15.06
640	68.666	1377	4.3418	2.2879	2.6147	166.61	47.932	15.24
650	65.75	1403.1	4.3821	2.3042	2.5962	172.94	48.671	15.413
660	63.22	1429	4.4217	2.3211	2.5865	178.67	49.478	15.582
670	60.989	1454.8	4.4605	2.3383	2.5827	183.92	50.342	15.748
680	58.994	1480.6	4.4988	2.3557	2.5831	188.79	51.257	15.913
690	57.192	1506.5	4.5365	2.3732	2.5864	193.33	52.22	16.076
700	55.551	1532.4	4.5738	2.3905	2.5918	197.6	53.229	16.239
p=3.0 MIIa								
250	918.71	319.45	2.016	1.2535	1.6457	1556.2	136.26	1775.3
260	910.25	336.02	2.0809	1.2762	1.6672	1512.6	136.57	1462.5
270	901.83	352.8	2.1443	1.3	1.6904	1470.2	135.94	1221.4
280	893.43	369.83	2.2062	1.3248	1.715	1428.7	134.65	1033.6
290	885.03	387.11	2.2668	1.3505	1.7409	1388.1	132.9	885.8
300	876.62	404.65	2.3263	1.377	1.768	1348.3	130.83	768.19
310	868.2	422.47	2.3848	1.4042	1.7962	1309.4	128.54	673.62
320	859.75	440.58	2.4422	1.4319	1.8253	1271.2	126.12	596.75
330	851.26	458.98	2.4989	1.4602	1.8553	1233.7	123.61	533.58
340	842.73	477.69	2.5547	1.4889	1.886	1196.7	121.05	481.1
350	834.13	496.7	2.6098	1.5179	1.9175	1160.4	118.51	437.02
360	825.46	516.04	2.6643	1.5472	1.9495	1124.6	115.97	399.58
370	816.7	535.7	2.7181	1.5767	1.9822	1089.2	113.46	367.44
380	807.85	555.68	2.7715	1.6063	2.0154	1054.3	110.99	339.56
390	798.89	576.01	2.8242	1.6361	2.049	1019.8	108.56	315.12
400	789.8	596.67	2.8765	1.6659	2.0832	985.58	106.19	293.49
410	780.58	617.67	2.9284	1.6957	2.1178	951.67	103.87	274.15
420	771.19	639.02	2.9799	1.7254	2.1529	918	101.63	256.72
430	761.64	660.73	3.0309	1.7552	2.1885	884.53	99.446	240.87
440	751.88	682.8	3.0817	1.7848	2.2246	851.21	97.336	226.34
450	741.91	705.22	3.1321	1.8143	2.2612	817.99	95.3	212.94
460	731.69	728.02	3.1822	1.8437	2.2985	784.82	93.338	200.49
470	721.2	751.2	3.232	1.8729	2.3366	751.64	91.454	188.85
480	710.39	774.76	3.2816	1.902	2.3755	718.4	89.649	177.91
490	699.23	798.71	3.331	1.9308	2.4155	685.02	87.924	167.57
500	687.66	823.07	3.3802	1.9596	2.4569	651.43	86.281	157.77
510	675.63	847.86	3.4293	1.9881	2.5001	617.53	84.722	148.42
520	663.05	873.08	3.4783	2.0165	2.5454	583.22	83.245	139.46
530	649.83	898.77	3.5272	2.0447	2.5937	548.37	81.851	130.86
540	635.83	924.97	3.5762	2.0729	2.646	512.81	80.534	122.55
550	620.9	951.71	3.6252	2.101	2.7038	476.33	79.288	114.49
560	604.78	979.07	3.6745	2.1293	2.7699	438.63	78.097	106.64
570	587.11	1007.2	3.7242	2.1577	2.8486	399.3	76.935	98.936
580	567.34	1036.1	3.7746	2.1866	2.9484	357.66	75.749	91.301
590	544.45	1066.2	3.8261	2.2166	3.088	312.59	74.439	83.607

600	516.35	1098.2	3.8798	2.2487	3.3204	261.81	72.787	75.578
610	476.89	1133.7	3.9384	2.2864	3.8974	199	70.278	66.323
620	110.4	1301.2	4.212	2.2977	3.2815	123.5	50.395	15.428
630	99.79	1332.3	4.2616	2.3009	2.9716	137.34	49.814	15.582
640	92.523	1361.2	4.3072	2.3102	2.8315	147.98	49.868	15.742
650	86.988	1389.1	4.3504	2.3225	2.7547	156.8	50.223	15.899
660	82.521	1416.4	4.3921	2.3366	2.7092	164.42	50.761	16.052
670	78.783	1443.3	4.4326	2.3518	2.6815	171.17	51.424	16.202
680	75.573	1470.1	4.4722	2.3675	2.6649	177.26	52.184	16.351
690	72.766	1496.7	4.5111	2.3837	2.6556	182.82	53.023	16.499
700	70.275	1523.2	4.5492	2.4	2.6515	187.97	53.932	16.646
p=4.0 MIIa								
250	919.25	320.29	2.015	1.2538	1.6453	1560.7	136.63	1789.1
260	910.82	336.85	2.0799	1.2765	1.6668	1517.2	136.92	1474.4
270	902.43	353.63	2.1433	1.3003	1.6899	1474.9	136.27	1231.8
280	894.06	370.65	2.2052	1.3251	1.7145	1433.5	134.97	1042.7
290	885.69	387.93	2.2658	1.3508	1.7403	1393.1	133.22	893.86
300	877.33	405.46	2.3252	1.3772	1.7674	1353.5	131.15	775.37
310	868.94	423.28	2.3836	1.4044	1.7954	1314.8	128.87	680.05
320	860.54	441.38	2.4411	1.4322	1.8244	1276.8	126.45	602.54
330	852.1	459.77	2.4977	1.4604	1.8543	1239.4	123.95	538.83
340	843.61	478.46	2.5535	1.4891	1.8849	1202.7	121.4	485.88
350	835.06	497.47	2.6086	1.5181	1.9162	1166.6	118.87	441.4
360	826.45	516.79	2.663	1.5473	1.9481	1131	116.35	403.62
370	817.75	536.43	2.7168	1.5768	1.9806	1095.9	113.85	371.2
380	808.97	556.41	2.7701	1.6065	2.0136	1061.3	111.39	343.06
390	800.08	576.71	2.8228	1.6362	2.0471	1027	108.98	318.41
400	791.08	597.35	2.8751	1.666	2.081	993.15	106.63	296.59
410	781.94	618.33	2.9269	1.6958	2.1153	959.58	104.34	277.09
420	772.66	639.66	2.9783	1.7255	2.1501	926.29	102.11	259.53
430	763.21	661.33	3.0293	1.7552	2.1853	893.22	99.948	243.57
440	753.58	683.36	3.0799	1.7848	2.2209	860.35	97.86	228.96
450	743.75	705.75	3.1302	1.8143	2.2571	827.62	95.846	215.49
460	733.69	728.51	3.1803	1.8436	2.2938	794.99	93.908	202.99
470	723.37	751.63	3.23	1.8727	2.3311	762.41	92.048	191.32
480	712.77	775.13	3.2795	1.9017	2.3692	729.82	90.268	180.37
490	701.84	799.02	3.3287	1.9305	2.4081	697.19	88.57	170.04
500	690.55	823.3	3.3778	1.9591	2.4482	664.44	86.957	160.26
510	678.84	847.99	3.4266	1.9875	2.4896	631.5	85.428	150.95
520	666.66	873.1	3.4754	2.0157	2.5327	598.3	83.986	142.07
530	653.91	898.65	3.5241	2.0438	2.5781	564.74	82.63	133.56
540	640.5	924.67	3.5727	2.0717	2.6264	530.71	81.359	125.38
550	626.32	951.19	3.6214	2.0995	2.6786	496.07	80.168	117.49
560	611.17	978.26	3.6701	2.1273	2.7364	460.66	79.05	109.85
570	594.84	1005.9	3.7191	2.1551	2.8021	424.23	77.988	102.42
580	576.96	1034.3	3.7685	2.183	2.8798	386.46	76.954	95.169

590	557.02	1063.6	3.8185	2.2114	2.977	346.87	75.897	88.027
600	534.13	1094	3.8696	2.2407	3.109	304.73	74.718	80.902
610	506.55	1126	3.9226	2.2715	3.314	258.71	73.225	73.597
620	470.16	1160.9	3.9793	2.3061	3.7231	206.06	71.001	65.566
630	408.03	1203.8	4.0479	2.3529	5.3699	138.92	67.233	54.086
640	204.01	1300.8	4.2006	2.3909	6.3412	97.812	61.033	20.835
650	159.69	1347.4	4.2728	2.3763	3.8315	117.72	57.08	18.231
660	140.31	1382.6	4.3266	2.3775	3.3047	131.84	55.837	17.77
670	127.97	1414.4	4.3744	2.3848	3.0772	143.05	55.432	17.652
680	118.99	1444.5	4.419	2.3953	2.9537	152.48	55.463	17.644
690	111.97	1473.6	4.4616	2.4075	2.879	160.67	55.77	17.685
700	106.23	1502.2	4.5026	2.4209	2.8312	167.95	56.272	17.752
p=5.0 MIIa								
250	919.78	321.13	2.014	1.2541	1.645	1565.1	137	1802.9
260	911.39	337.68	2.0789	1.2767	1.6665	1521.8	137.26	1486.3
270	903.03	354.46	2.1422	1.3005	1.6895	1479.6	136.6	1242.2
280	894.69	371.48	2.2041	1.3253	1.714	1438.4	135.29	1051.9
290	886.36	388.75	2.2647	1.351	1.7397	1398.1	133.53	901.93
300	878.02	406.28	2.3241	1.3775	1.7667	1358.7	131.46	782.55
310	869.68	424.08	2.3825	1.4047	1.7947	1320.1	129.19	686.48
320	861.32	442.17	2.44	1.4324	1.8236	1282.3	126.78	608.34
330	852.92	460.56	2.4965	1.4606	1.8533	1245.1	124.28	544.08
340	844.48	479.24	2.5523	1.4893	1.8839	1208.6	121.75	490.67
350	835.98	498.24	2.6074	1.5183	1.915	1172.7	119.22	445.79
360	827.43	517.55	2.6618	1.5475	1.9468	1137.4	116.72	407.67
370	818.79	537.18	2.7155	1.577	1.9791	1102.5	114.24	374.95
380	810.08	557.13	2.7688	1.6066	2.0119	1068.1	111.8	346.56
390	801.26	577.42	2.8214	1.6363	2.0452	1034.2	109.4	321.69
400	792.33	598.04	2.8736	1.6661	2.0789	1000.6	107.07	299.68
410	783.29	618.99	2.9254	1.6959	2.1129	967.37	104.79	280.03
420	774.1	640.3	2.9767	1.7256	2.1474	934.43	102.58	262.33
430	764.76	661.94	3.0277	1.7552	2.1823	901.75	100.44	246.26
440	755.24	683.94	3.0782	1.7848	2.2175	869.3	98.377	231.56
450	745.54	706.3	3.1285	1.8142	2.2532	837.02	96.385	218.02
460	735.63	729.01	3.1784	1.8435	2.2893	804.89	94.469	205.46
470	725.48	752.08	3.228	1.8726	2.326	772.87	92.632	193.76
480	715.07	775.53	3.2774	1.9015	2.3633	740.9	90.876	182.79
490	704.36	799.35	3.3265	1.9302	2.4013	708.95	89.204	172.46
500	693.33	823.56	3.3754	1.9587	2.4401	676.96	87.616	162.69
510	681.91	848.16	3.4241	1.987	2.4801	644.89	86.115	153.42
520	670.08	873.16	3.4727	2.0151	2.5214	612.66	84.703	144.59
530	657.75	898.59	3.5211	2.043	2.5644	580.23	83.38	136.16
540	644.85	924.46	3.5694	2.0707	2.6096	547.51	82.146	128.07
550	631.3	950.79	3.6178	2.0982	2.6576	514.42	80.999	120.31
560	616.95	977.62	3.6661	2.1256	2.7095	480.84	79.935	112.83
570	601.65	1005	3.7146	2.1529	2.7665	446.66	78.944	105.61

580	585.18	1033	3.7632	2.1803	2.831	411.7	78.011	98.623
590	567.21	1061.7	3.8122	2.2077	2.9063	375.77	77.105	91.832
600	547.3	1091.2	3.8618	2.2355	2.9985	338.57	76.177	85.197
610	524.68	1121.7	3.9123	2.2638	3.1185	299.74	75.137	78.651
620	498.1	1153.7	3.9643	2.2933	3.29	258.76	73.823	72.064
630	465.06	1187.9	4.019	2.3248	3.5706	215.01	71.939	65.119
640	419.91	1226	4.079	2.3604	4.1307	168.5	68.964	56.885
650	349.59	1272.7	4.1514	2.4008	5.2979	126.17	64.497	44.48
660	265.26	1327.1	4.2345	2.4225	5.1197	113.81	61.593	29.834
670	215	1372.7	4.3031	2.4241	4.0901	121.73	60.907	23.528
680	186.74	1410.7	4.3593	2.4274	3.567	132	60.358	21.295
690	168.29	1444.8	4.4092	2.4342	3.2932	141.67	60.018	20.338
700	154.95	1476.9	4.4554	2.4436	3.133	150.45	59.939	19.869
p=10.0 MPa								
260	914.16	341.87	2.0739	1.2782	1.6647	1544.2	138.94	1546
270	905.94	358.63	2.1372	1.302	1.6874	1502.6	138.21	1294.2
280	897.76	375.62	2.199	1.3268	1.7116	1462.1	136.86	1097.6
290	889.59	392.86	2.2595	1.3524	1.737	1422.5	135.09	942.39
300	881.43	410.36	2.3188	1.3788	1.7636	1383.9	133.02	818.57
310	873.27	428.14	2.3771	1.406	1.7912	1346.1	130.77	718.74
320	865.1	446.19	2.4344	1.4337	1.8196	1309.1	128.39	637.41
330	856.91	464.53	2.4908	1.4619	1.8489	1272.8	125.95	570.43
340	848.7	483.17	2.5465	1.4905	1.8789	1237.2	123.47	514.68
350	840.45	502.11	2.6014	1.5194	1.9095	1202.3	121	467.8
360	832.15	521.36	2.6556	1.5486	1.9406	1168.1	118.55	427.96
370	823.8	540.93	2.7092	1.578	1.9722	1134.3	116.15	393.74
380	815.39	560.81	2.7622	1.6076	2.0043	1101.1	113.78	364.07
390	806.9	581.01	2.8147	1.6372	2.0366	1068.5	111.47	338.09
400	798.33	601.54	2.8667	1.6669	2.0693	1036.2	109.22	315.13
410	789.68	622.4	2.9182	1.6965	2.1023	1004.5	107.03	294.66
420	780.92	643.59	2.9693	1.7261	2.1355	973.09	104.91	276.26
430	772.05	665.11	3.0199	1.7557	2.169	942.09	102.86	259.6
440	763.05	686.97	3.0701	1.7851	2.2026	911.44	100.89	244.4
450	753.92	709.17	3.12	1.8143	2.2365	881.12	98.988	230.45
460	744.65	731.7	3.1696	1.8434	2.2705	851.1	97.169	217.57
470	735.21	754.58	3.2187	1.8723	2.3047	821.36	95.431	205.62
480	725.59	777.79	3.2676	1.901	2.3391	791.89	93.776	194.48
490	715.78	801.36	3.3162	1.9294	2.3737	762.67	92.206	184.04
500	705.76	825.27	3.3645	1.9576	2.4085	733.67	90.723	174.24
510	695.51	849.53	3.4126	1.9855	2.4436	704.89	89.329	165
520	685	874.14	3.4604	2.0131	2.4791	676.31	88.026	156.27
530	674.22	899.11	3.5079	2.0404	2.5149	647.92	86.816	148.01
540	663.13	924.44	3.5553	2.0675	2.5512	619.72	85.701	140.17
550	651.71	950.14	3.6024	2.0942	2.588	591.7	84.682	132.72
560	639.92	976.2	3.6494	2.1206	2.6256	563.88	83.761	125.64
570	627.71	1002.7	3.6962	2.1467	2.6639	536.25	82.937	118.9

580	615.06	1029.5	3.7429	2.1725	2.7031	508.83	82.21	112.5
590	601.9	1056.7	3.7894	2.198	2.7435	481.66	81.576	106.42
600	588.19	1084.4	3.8359	2.2232	2.7851	454.77	81.03	100.64
610	573.86	1112.4	3.8822	2.2481	2.8284	428.22	80.564	95.169
620	558.85	1140.9	3.9286	2.2727	2.8733	402.1	80.165	89.987
630	543.08	1169.9	3.9749	2.2969	2.9201	376.53	79.817	85.09
640	526.48	1199.3	4.0213	2.3208	2.9689	351.66	79.496	80.468
650	508.98	1229.3	4.0677	2.3444	3.0194	327.69	79.176	76.103
660	490.54	1259.7	4.1142	2.3675	3.0713	304.9	78.824	71.97
670	471.14	1290.7	4.1608	2.3902	3.1231	283.6	78.412	68.029
680	450.85	1322.2	4.2074	2.4122	3.173	264.18	77.921	64.226
690	429.81	1354.1	4.2541	2.4334	3.2177	247.03	77.353	60.504
700	408.3	1386.5	4.3007	2.4536	3.2534	232.48	76.738	56.812
p=20.0 MIIa								
260	919.46	350.27	2.0643	1.2813	1.6618	1586.8	142.16	1665.8
270	911.51	366.99	2.1274	1.305	1.684	1546.3	141.3	1398.8
280	903.6	383.95	2.1891	1.3297	1.7076	1507	139.89	1189.6
290	895.72	401.15	2.2494	1.3553	1.7324	1468.7	138.1	1023.8
300	887.87	418.6	2.3086	1.3817	1.7584	1431.3	136.06	891.04
310	880.03	436.32	2.3667	1.4088	1.7853	1394.9	133.85	783.68
320	872.21	454.31	2.4238	1.4364	1.8131	1359.3	131.55	695.93
330	864.39	472.58	2.48	1.4645	1.8416	1324.6	129.2	623.47
340	856.56	491.15	2.5354	1.4931	1.8707	1290.6	126.83	563.02
350	848.73	510	2.5901	1.5219	1.9005	1257.3	124.46	512.08
360	840.87	529.16	2.6441	1.5511	1.9306	1224.7	122.12	468.73
370	832.99	548.61	2.6974	1.5804	1.9612	1192.8	119.83	431.48
380	825.09	568.38	2.7501	1.6098	1.9921	1161.6	117.61	399.16
390	817.14	588.46	2.8022	1.6394	2.0232	1130.9	115.44	370.88
400	809.16	608.85	2.8539	1.6689	2.0546	1100.8	113.33	345.92
410	801.12	629.55	2.905	1.6984	2.086	1071.2	111.29	323.71
420	793.04	650.57	2.9556	1.7279	2.1176	1042.2	109.32	303.79
430	784.89	671.9	3.0058	1.7573	2.1493	1013.7	107.42	285.82
440	776.68	693.55	3.0556	1.7865	2.1809	985.61	105.6	269.48
450	768.41	715.52	3.105	1.8156	2.2125	958.05	103.85	254.55
460	760.05	737.8	3.1539	1.8445	2.2441	930.94	102.19	240.84
470	751.62	760.4	3.2025	1.8732	2.2756	904.29	100.6	228.18
480	743.1	783.31	3.2508	1.9016	2.3069	878.08	99.088	216.44
490	734.49	806.54	3.2987	1.9297	2.3381	852.3	97.662	205.52
500	725.78	830.07	3.3462	1.9575	2.3691	826.96	96.318	195.33
510	716.96	853.92	3.3934	1.9851	2.3999	802.05	95.059	185.79
520	708.04	878.07	3.4403	2.0123	2.4305	777.58	93.885	176.83
530	699.01	902.53	3.4869	2.0392	2.4609	753.54	92.797	168.42
540	689.86	927.29	3.5332	2.0657	2.4909	729.94	91.797	160.49
550	680.59	952.35	3.5792	2.0918	2.5207	706.79	90.885	153.03
560	671.19	977.7	3.6248	2.1176	2.5501	684.11	90.063	145.98
570	661.66	1003.3	3.6702	2.1429	2.5792	661.91	89.331	139.33

580	652	1029.3	3.7153	2.1679	2.6079	640.21	88.69	133.05
590	642.2	1055.5	3.7602	2.1924	2.6362	619.01	88.139	127.12
600	632.27	1082	3.8047	2.2166	2.664	598.36	87.678	121.53
610	622.2	1108.8	3.849	2.2403	2.6913	578.27	87.306	116.25
620	611.99	1135.8	3.893	2.2635	2.718	558.78	87.022	111.28
630	601.65	1163.1	3.9366	2.2863	2.7441	539.9	86.824	106.6
640	591.18	1190.7	3.9801	2.3087	2.7696	521.68	86.709	102.2
650	580.58	1218.5	4.0232	2.3306	2.7943	504.14	86.673	98.065
660	569.88	1246.6	4.066	2.352	2.8182	487.32	86.714	94.184
670	559.07	1274.9	4.1086	2.3729	2.8412	471.25	86.826	90.544
680	548.18	1303.4	4.1509	2.3933	2.8632	455.95	87.006	87.132
690	537.21	1332.2	4.1928	2.4132	2.8841	441.45	87.249	83.935
700	526.2	1361.1	4.2344	2.4326	2.904	427.79	87.55	80.938
p=40.0 MIIa								
260	929.24	367.18	2.0461	1.288	1.6578	1664.9	148.16	1906.7
270	921.72	383.86	2.1091	1.3116	1.6792	1626.3	147.13	1609.3
280	914.27	400.77	2.1706	1.3362	1.702	1588.8	145.65	1374.8
290	906.87	417.91	2.2307	1.3617	1.726	1552.4	143.87	1187.9
300	899.52	435.29	2.2896	1.388	1.751	1517.1	141.89	1037.3
310	892.22	452.93	2.3475	1.4149	1.777	1482.8	139.8	914.8
320	884.95	470.83	2.4043	1.4425	1.8038	1449.3	137.64	814.14
330	877.7	489.01	2.4602	1.4705	1.8313	1416.8	135.45	730.61
340	870.49	507.46	2.5153	1.499	1.8594	1385.1	133.27	660.63
350	863.29	526.2	2.5696	1.5277	1.8879	1354.3	131.11	601.43
360	856.11	545.22	2.6232	1.5568	1.9169	1324.2	128.99	550.91
370	848.94	564.54	2.6761	1.586	1.9462	1294.8	126.92	507.4
380	841.77	584.15	2.7284	1.6153	1.9757	1266.1	124.9	469.61
390	834.61	604.05	2.7801	1.6447	2.0054	1238.2	122.94	436.53
400	827.46	624.26	2.8313	1.6742	2.0353	1210.9	121.05	407.34
410	820.3	644.76	2.8819	1.7036	2.0652	1184.2	119.24	381.4
420	813.13	665.56	2.932	1.7329	2.095	1158.1	117.51	358.19
430	805.96	686.66	2.9817	1.7622	2.1249	1132.7	115.85	337.29
440	798.78	708.06	3.0309	1.7913	2.1546	1107.8	114.25	318.37
450	791.59	729.75	3.0796	1.8202	2.1842	1083.5	112.73	301.14
460	784.38	751.74	3.128	1.8489	2.2136	1059.8	111.27	285.37
470	777.16	774.02	3.1759	1.8774	2.2428	1036.6	109.89	270.89
480	769.93	796.59	3.2234	1.9056	2.2717	1013.9	108.59	257.53
490	762.68	819.45	3.2705	1.9335	2.3003	991.74	107.35	245.17
500	755.42	842.6	3.3173	1.9611	2.3287	970.12	106.19	233.68
510	748.13	866.03	3.3637	1.9884	2.3566	949.01	105.09	222.99
520	740.83	889.73	3.4097	2.0154	2.3842	928.41	104.07	213
530	733.51	913.71	3.4554	2.042	2.4114	908.31	103.12	203.66
540	726.18	937.96	3.5007	2.0682	2.4381	888.73	102.25	194.91
550	718.83	962.47	3.5457	2.0941	2.4644	869.64	101.44	186.69
560	711.46	987.24	3.5903	2.1195	2.4902	851.05	100.71	178.97
570	704.09	1012.3	3.6346	2.1445	2.5155	832.97	100.05	171.7

580	696.69	1037.6	3.6786	2.1691	2.5402	815.39	99.454	164.85
590	689.29	1063.1	3.7222	2.1933	2.5645	798.31	98.932	158.39
600	681.88	1088.8	3.7655	2.217	2.5882	781.72	98.481	152.3
610	674.47	1114.8	3.8085	2.2403	2.6113	765.65	98.101	146.54
620	667.05	1141.1	3.8511	2.2631	2.6338	750.07	97.79	141.11
630	659.63	1167.5	3.8935	2.2855	2.6557	734.99	97.549	135.98
640	652.22	1194.2	3.9354	2.3074	2.677	720.42	97.378	131.13
650	644.82	1221	3.9771	2.3289	2.6976	706.35	97.277	126.55
660	637.42	1248.1	4.0184	2.3499	2.7176	692.78	97.245	122.22
670	630.05	1275.4	4.0595	2.3704	2.737	679.71	97.283	118.13
680	622.69	1302.9	4.1002	2.3904	2.7558	667.14	97.392	114.26
690	615.36	1330.5	4.1405	2.41	2.7738	655.06	97.572	110.6
700	608.06	1358.3	4.1806	2.4291	2.7912	643.47	97.825	107.14
p=60.0 MPa								
270	930.95	400.86	2.0921	1.3184	1.6764	1698.4	152.65	1820.9
280	923.87	417.74	2.1535	1.3429	1.6986	1662.3	151.16	1561.2
290	916.86	434.84	2.2135	1.3684	1.722	1627.5	149.42	1353.1
300	909.91	452.18	2.2723	1.3946	1.7464	1593.6	147.53	1184.6
310	903.02	469.77	2.3299	1.4214	1.7718	1560.8	145.55	1047
320	896.18	487.62	2.3866	1.4489	1.7979	1529	143.53	933.31
330	889.38	505.73	2.4423	1.4769	1.8248	1498.1	141.5	838.63
340	882.62	524.11	2.4972	1.5053	1.8522	1468	139.49	759
350	875.91	542.78	2.5513	1.534	1.88	1438.8	137.51	691.43
360	869.22	561.72	2.6047	1.5629	1.9083	1410.4	135.57	633.61
370	862.56	580.94	2.6573	1.5921	1.9368	1382.8	133.68	583.7
380	855.94	600.45	2.7094	1.6213	1.9656	1355.9	131.85	540.3
390	849.33	620.25	2.7608	1.6507	1.9945	1329.7	130.08	502.25
400	842.75	640.34	2.8117	1.6801	2.0235	1304.2	128.38	468.66
410	836.19	660.72	2.862	1.7094	2.0526	1279.4	126.74	438.81
420	829.65	681.4	2.9118	1.7387	2.0816	1255.2	125.16	412.12
430	823.12	702.36	2.9611	1.7679	2.1106	1231.6	123.65	388.1
440	816.61	723.61	3.01	1.7969	2.1394	1208.7	122.21	366.38
450	810.11	745.14	3.0584	1.8258	2.1681	1186.3	120.86	346.63
460	803.63	766.97	3.1063	1.8544	2.1966	1164.5	119.57	328.6
470	797.16	789.08	3.1539	1.8828	2.2248	1143.2	118.34	312.07
480	790.7	811.46	3.201	1.911	2.2528	1122.5	117.18	296.85
490	784.25	834.13	3.2477	1.9388	2.2805	1102.3	116.08	282.79
500	777.81	857.07	3.2941	1.9664	2.3078	1082.7	115.04	269.76
510	771.38	880.29	3.3401	1.9936	2.3348	1063.5	114.06	257.65
520	764.97	903.77	3.3857	2.0205	2.3614	1044.9	113.15	246.37
530	758.57	927.51	3.4309	2.047	2.3876	1026.7	112.29	235.84
540	752.18	951.52	3.4758	2.0732	2.4133	1009.1	111.5	225.98
550	745.8	975.78	3.5203	2.0989	2.4386	991.91	110.77	216.75
560	739.44	1000.3	3.5644	2.1243	2.4635	975.22	110.1	208.07
570	733.09	1025	3.6082	2.1492	2.4878	958.99	109.49	199.92
580	726.76	1050	3.6517	2.1737	2.5117	943.22	108.93	192.24

590	720.45	1075.3	3.6949	2.1978	2.5351	927.91	108.44	185.01
600	714.15	1100.7	3.7377	2.2214	2.5579	913.05	108	178.18
610	707.88	1126.4	3.7801	2.2446	2.5802	898.63	107.62	171.73
620	701.63	1152.3	3.8223	2.2674	2.602	884.66	107.3	165.64
630	695.4	1178.5	3.8641	2.2897	2.6232	871.12	107.04	159.88
640	689.19	1204.8	3.9055	2.3115	2.6439	858.01	106.83	154.42
650	683.02	1231.3	3.9467	2.3329	2.664	845.32	106.69	149.26
660	676.87	1258.1	3.9875	2.3538	2.6836	833.05	106.61	144.36
670	670.75	1285	4.028	2.3743	2.7026	821.19	106.58	139.72
680	664.67	1312.1	4.0682	2.3942	2.721	809.74	106.62	135.32
690	658.62	1339.4	4.108	2.4137	2.7388	798.69	106.73	131.15
700	652.61	1366.9	4.1476	2.4327	2.7561	788.03	106.9	127.19
p=80.0 MPa								
270	939.41	417.95	2.0762	1.3254	1.675	1764.4	157.99	2033
280	932.64	434.81	2.1375	1.3498	1.6968	1729.6	156.51	1748.1
290	925.95	451.89	2.1974	1.3751	1.7197	1695.9	154.84	1518.8
300	919.32	469.2	2.2561	1.4013	1.7437	1663.2	153.04	1332.5
310	912.77	486.76	2.3137	1.4281	1.7686	1631.6	151.18	1179.6
320	906.27	504.58	2.3703	1.4555	1.7942	1601	149.29	1053
330	899.83	522.65	2.4259	1.4834	1.8206	1571.3	147.4	947.07
340	893.45	540.99	2.4806	1.5117	1.8475	1542.5	145.54	857.74
350	887.1	559.6	2.5346	1.5403	1.8749	1514.6	143.72	781.73
360	880.81	578.49	2.5878	1.5692	1.9027	1487.4	141.94	716.53
370	874.55	597.66	2.6403	1.5983	1.9307	1461.1	140.21	660.15
380	868.34	617.11	2.6921	1.6275	1.959	1435.5	138.53	611.04
390	862.16	636.84	2.7434	1.6568	1.9874	1410.6	136.92	567.94
400	856.01	656.86	2.7941	1.6862	2.016	1386.4	135.37	529.86
410	849.89	677.16	2.8442	1.7155	2.0445	1362.8	133.87	496.01
420	843.81	697.75	2.8938	1.7447	2.0731	1339.9	132.44	465.73
430	837.76	718.62	2.9429	1.7739	2.1015	1317.7	131.07	438.5
440	831.73	739.78	2.9916	1.8029	2.1299	1296	129.76	413.88
450	825.73	761.22	3.0398	1.8317	2.1581	1274.9	128.52	391.51
460	819.75	782.94	3.0875	1.8603	2.1861	1254.4	127.33	371.11
470	813.8	804.94	3.1348	1.8886	2.2138	1234.4	126.2	352.41
480	807.88	827.21	3.1817	1.9167	2.2413	1215	125.12	335.22
490	801.98	849.76	3.2282	1.9446	2.2685	1196.1	124.15	319.37
500	796.1	872.58	3.2743	1.9721	2.2953	1177.7	123.21	304.69
510	790.25	895.67	3.32	1.9993	2.3219	1159.8	122.33	291.06
520	784.42	919.02	3.3653	2.0261	2.348	1142.4	121.49	278.39
530	778.62	942.63	3.4103	2.0526	2.3737	1125.5	120.71	266.56
540	772.84	966.49	3.4549	2.0787	2.3991	1109	119.99	255.51
550	767.09	990.61	3.4992	2.1044	2.424	1093	119.31	245.16
560	761.36	1015	3.5431	2.1297	2.4485	1077.4	118.69	235.45
570	755.65	1039.6	3.5866	2.1546	2.4725	1062.3	118.12	226.33
580	749.98	1064.4	3.6298	2.1791	2.496	1047.6	117.6	217.74
590	744.33	1089.5	3.6727	2.2031	2.519	1033.3	117.13	209.66

600	738.7	1114.8	3.7152	2.2267	2.5416	1019.4	116.7	202.03
610	733.11	1140.3	3.7574	2.2499	2.5637	1006	116.33	194.82
620	727.55	1166.1	3.7993	2.2726	2.5852	992.94	116.01	188.01
630	722.01	1192	3.8408	2.2949	2.6063	980.28	115.75	181.56
640	716.51	1218.2	3.882	2.3167	2.6268	968	115.53	175.46
650	711.04	1244.6	3.9229	2.338	2.6468	956.1	115.36	169.67
660	705.6	1271.1	3.9635	2.3589	2.6662	944.58	115.25	164.19
670	700.2	1297.9	4.0037	2.3793	2.6852	933.41	115.19	158.98
680	694.83	1324.8	4.0436	2.3992	2.7036	922.61	115.2	154.04
690	689.5	1352	4.0832	2.4187	2.7215	912.15	115.25	149.34
700	684.21	1379.3	4.1225	2.4377	2.7388	902.03	115.38	144.88
p=100.0 MIIa								
280	940.73	451.95	2.1225	1.3567	1.696	1791.8	161.76	1935.1
290	934.3	469.02	2.1824	1.3819	1.7186	1759	160.15	1684.7
300	927.96	486.32	2.241	1.4079	1.7422	1727.4	158.45	1480.6
310	921.69	503.87	2.2985	1.4347	1.7667	1696.8	156.7	1312.5
320	915.48	521.66	2.355	1.462	1.792	1667.1	154.94	1172.8
330	909.34	539.71	2.4106	1.4898	1.818	1638.4	153.18	1055.6
340	903.25	558.02	2.4652	1.5181	1.8446	1610.6	151.45	956.57
350	897.22	576.61	2.5191	1.5466	1.8716	1583.6	149.76	872.08
360	891.24	595.46	2.5722	1.5755	1.899	1557.5	148.12	799.46
370	885.31	614.59	2.6246	1.6045	1.9268	1532.1	146.53	736.56
380	879.42	633.99	2.6764	1.6337	1.9547	1507.5	144.99	681.69
390	873.58	653.68	2.7275	1.663	1.9828	1483.6	143.5	633.49
400	867.77	673.65	2.7781	1.6923	2.011	1460.4	142.08	590.87
410	862.01	693.9	2.8281	1.7215	2.0392	1437.8	140.71	552.96
420	856.29	714.44	2.8775	1.7507	2.0674	1415.9	139.39	519.04
430	850.6	735.25	2.9265	1.7798	2.0956	1394.6	138.14	488.53
440	844.94	756.35	2.975	1.8088	2.1236	1373.9	136.94	460.96
450	839.32	777.72	3.0231	1.8375	2.1515	1353.8	135.79	435.92
460	833.74	799.38	3.0706	1.8661	2.1792	1334.2	134.7	413.09
470	828.18	821.3	3.1178	1.8944	2.2066	1315.2	133.67	392.18
480	822.66	843.51	3.1645	1.9225	2.2338	1296.7	132.68	372.97
490	817.17	865.98	3.2109	1.9503	2.2607	1278.7	131.75	355.26
500	811.7	888.72	3.2568	1.9778	2.2873	1261.2	130.87	338.88
510	806.27	911.72	3.3024	2.0049	2.3136	1244.1	130.03	323.69
520	800.87	934.99	3.3476	2.0317	2.3395	1227.6	129.26	309.57
530	795.5	958.51	3.3924	2.0582	2.365	1211.5	128.55	296.41
540	790.16	982.29	3.4368	2.0843	2.3901	1195.8	127.88	284.11
550	784.85	1006.3	3.4809	2.1099	2.4148	1180.6	127.26	272.61
560	779.57	1030.6	3.5246	2.1352	2.4391	1165.8	126.67	261.82
570	774.32	1055.1	3.568	2.1601	2.4629	1151.4	126.14	251.69
580	769.1	1079.8	3.611	2.1846	2.4863	1137.5	125.64	242.16
590	763.92	1104.8	3.6537	2.2086	2.5092	1123.9	125.19	233.19
600	758.76	1130	3.6961	2.2322	2.5317	1110.7	124.79	224.72
610	753.64	1155.5	3.7381	2.2553	2.5536	1097.9	124.43	216.73

620	748.55	1181.1	3.7798	2.278	2.5751	1085.4	124.11	209.18
630	743.49	1207	3.8212	2.3002	2.5961	1073.4	123.84	202.03
640	738.46	1233	3.8622	2.322	2.6166	1061.6	123.62	195.27
650	733.47	1259.3	3.903	2.3433	2.6365	1050.3	123.44	188.85
660	728.51	1285.7	3.9434	2.3642	2.656	1039.2	123.31	182.76
670	723.59	1312.4	3.9834	2.3846	2.675	1028.5	123.24	176.98
680	718.7	1339.2	4.0232	2.4045	2.6934	1018.2	123.21	171.49
690	713.85	1366.3	4.0627	2.4239	2.7114	1008.1	123.24	166.28
700	709.03	1393.5	4.1018	2.4429	2.7288	998.35	123.33	161.31

Таблица Б.5. Теплофизические свойства о-ксилола на линии насыщения

T	P_s	ρ'	ρ''	h'	h''	s'	s''	C_p'	C_p''	w'	w''	λ'	λ''	η'	η''
К	МПа	кг/м ³	кг/м ³	кДж/кг	кДж/кг	кДж/кг*К	кДж/кг*К	кДж/кг*К	кДж/кг*К	м/с	м/с	мВт/м*К	мВт/м*К	мкПа*с	мкПа*с
250	0.00002737	917.06	0.001398	316.94	750.73	2.019	3.7542	1.6467	1.1064	1542.6	145.15	135.13	9.7412	1734.1	5.1187
255	0.000042206	912.79	0.0021136	325.2	756.3	2.0517	3.7423	1.6574	1.1224	1520.5	146.51	135.47	10.101	1570.2	5.2347
260	0.000063846	908.52	0.0031359	333.52	761.95	2.084	3.7318	1.6685	1.1386	1498.7	147.86	135.52	10.466	1426.8	5.3507
265	0.000094851	904.26	0.0045711	341.89	767.68	2.1159	3.7227	1.68	1.1548	1477.1	149.19	135.33	10.835	1301	5.4666
270	0.00013854	900.01	0.0065534	350.32	773.49	2.1474	3.7147	1.6918	1.1712	1455.7	150.5	134.94	11.209	1190.3	5.5824
275	0.00019914	895.75	0.0092497	358.81	779.38	2.1786	3.7079	1.7041	1.1876	1434.6	151.81	134.38	11.587	1092.7	5.6982
280	0.00028197	891.5	0.012864	367.36	785.34	2.2094	3.7022	1.7167	1.2041	1413.8	153.09	133.68	11.969	1006.3	5.814
285	0.00039361	887.25	0.017645	375.97	791.39	2.2399	3.6975	1.7296	1.2207	1393.1	154.36	132.86	12.356	929.73	5.9296
290	0.00054213	883	0.023888	384.66	797.51	2.2701	3.6937	1.7428	1.2375	1372.7	155.61	131.94	12.747	861.66	6.0453
295	0.00073726	878.74	0.031943	393.4	803.72	2.3	3.6909	1.7564	1.2543	1352.5	156.85	130.94	13.142	800.97	6.1608
300	0.00099066	874.48	0.042218	402.22	810	2.3296	3.6889	1.7702	1.2713	1332.5	158.07	129.87	13.541	746.72	6.2764
305	0.0013161	870.21	0.055186	411.11	816.36	2.359	3.6877	1.7843	1.2883	1312.6	159.27	128.74	13.944	698.1	6.3919
310	0.0017298	865.93	0.071387	420.06	822.8	2.3881	3.6873	1.7987	1.3055	1293	160.45	127.57	14.351	654.4	6.5075
315	0.0022503	861.65	0.091437	429.09	829.31	2.417	3.6876	1.8133	1.3228	1273.5	161.61	126.36	14.762	615.02	6.623
320	0.0028993	857.35	0.11603	438.2	835.9	2.4457	3.6885	1.8281	1.3403	1254.2	162.75	125.12	15.176	579.44	6.7386
325	0.0037012	853.05	0.14593	447.38	842.57	2.4742	3.6901	1.8432	1.3579	1235	163.87	123.86	15.593	547.2	6.8542
330	0.0046839	848.73	0.18201	456.63	849.3	2.5024	3.6923	1.8584	1.3756	1216	164.96	122.58	16.014	517.9	6.97
335	0.0058784	844.39	0.2252	465.96	856.11	2.5305	3.6951	1.8739	1.3934	1197.2	166.02	121.29	16.439	491.21	7.0858
340	0.0073194	840.04	0.27654	475.37	862.99	2.5584	3.6984	1.8896	1.4114	1178.5	167.06	120	16.866	466.82	7.2018
345	0.0090455	835.67	0.33715	484.86	869.95	2.5861	3.7022	1.9054	1.4295	1159.9	168.07	118.71	17.297	444.47	7.3179
350	0.011099	831.27	0.40826	494.43	876.96	2.6136	3.7065	1.9214	1.4478	1141.5	169.05	117.42	17.731	423.93	7.4343
355	0.013526	826.86	0.49117	504.08	884.05	2.6409	3.7113	1.9376	1.4662	1123.1	170	116.13	18.168	405.01	7.5508
360	0.016377	822.43	0.58731	513.81	891.2	2.6682	3.7165	1.954	1.4847	1104.9	170.91	114.84	18.607	387.53	7.6676
365	0.019706	817.97	0.69816	523.62	898.42	2.6952	3.7221	1.9705	1.5034	1086.8	171.79	113.56	19.05	371.34	7.7848
370	0.023572	813.48	0.82534	533.52	905.7	2.7221	3.728	1.9872	1.5222	1068.8	172.63	112.29	19.495	356.29	7.9022
375	0.028038	808.97	0.97054	543.5	913.04	2.7489	3.7344	2.004	1.5412	1050.9	173.43	111.02	19.944	342.28	8.02
380	0.033171	804.43	1.1356	553.57	920.44	2.7756	3.741	2.021	1.5603	1033.1	174.19	109.77	20.395	329.19	8.1381
385	0.039042	799.85	1.3223	563.72	927.9	2.8021	3.748	2.0381	1.5795	1015.3	174.9	108.52	20.848	316.93	8.2567

390	0.045726	795.25	1.5328	573.96	935.42	2.8285	3.7553	2.0553	1.5989	997.68	175.58	107.29	21.304	305.42	8.3757
395	0.053303	790.6	1.7691	584.28	942.99	2.8548	3.7629	2.0727	1.6184	980.1	176.2	106.07	21.763	294.59	8.4951
400	0.061856	785.92	2.0335	594.7	950.62	2.8809	3.7707	2.0902	1.638	962.58	176.78	104.87	22.224	284.37	8.6151
405	0.071474	781.2	2.3283	605.2	958.29	2.907	3.7788	2.1079	1.6578	945.13	177.3	103.68	22.687	274.7	8.7355
410	0.082247	776.44	2.6558	615.79	966.02	2.933	3.7872	2.1257	1.6777	927.73	177.78	102.5	23.154	265.54	8.8565
415	0.09427	771.64	3.0187	626.47	973.79	2.9588	3.7957	2.1437	1.6977	910.39	178.19	101.35	23.622	256.83	8.9779
420	0.10764	766.78	3.4196	637.24	981.61	2.9846	3.8045	2.1618	1.7179	893.09	178.56	100.21	24.093	248.54	9.1
425	0.12247	761.88	3.8613	648.11	989.47	3.0102	3.8135	2.1801	1.7382	875.83	178.86	99.083	24.567	240.64	9.2226
430	0.13885	756.93	4.3468	659.06	997.38	3.0358	3.8226	2.1985	1.7586	858.6	179.1	97.978	25.043	233.07	9.3458
435	0.1569	751.92	4.8791	670.11	1005.3	3.0613	3.8319	2.2171	1.7792	841.41	179.28	96.89	25.521	225.83	9.4696
440	0.17673	746.86	5.4614	681.25	1013.3	3.0867	3.8414	2.2359	1.8	824.24	179.39	95.822	26.003	218.88	9.5941
445	0.19846	741.73	6.0973	692.49	1021.3	3.112	3.851	2.2549	1.8209	807.08	179.44	94.772	26.487	212.19	9.7191
450	0.2222	736.54	6.7901	703.83	1029.4	3.1373	3.8607	2.2741	1.842	789.94	179.41	93.741	26.974	205.76	9.8449
455	0.24808	731.28	7.5439	715.26	1037.5	3.1625	3.8706	2.2935	1.8633	772.8	179.31	92.73	27.463	199.55	9.9713
460	0.27622	725.95	8.3624	726.79	1045.6	3.1876	3.8806	2.3131	1.8849	755.67	179.14	91.74	27.956	193.55	10.098
465	0.30675	720.55	9.2501	738.41	1053.7	3.2127	3.8907	2.333	1.9066	738.53	178.89	90.769	28.453	187.75	10.226
470	0.3398	715.06	10.211	750.14	1061.9	3.2376	3.9009	2.3532	1.9287	721.38	178.56	89.82	28.952	182.12	10.355
475	0.3755	709.49	11.251	761.97	1070	3.2626	3.9111	2.3737	1.9511	704.21	178.14	88.892	29.456	176.67	10.484
480	0.41399	703.83	12.374	773.9	1078.2	3.2874	3.9215	2.3945	1.9737	687.01	177.63	87.985	29.963	171.37	10.615
485	0.45541	698.07	13.587	785.94	1086.4	3.3123	3.9319	2.4157	1.9968	669.79	177.04	87.101	30.475	166.21	10.746
490	0.49989	692.21	14.894	798.08	1094.7	3.337	3.9423	2.4373	2.0203	652.52	176.34	86.238	30.992	161.19	10.878
495	0.54759	686.24	16.304	810.33	1102.9	3.3618	3.9528	2.4594	2.0443	635.22	175.55	85.398	31.514	156.3	11.012
500	0.59864	680.15	17.821	822.69	1111.1	3.3865	3.9633	2.482	2.0688	617.86	174.66	84.581	32.043	151.53	11.146
505	0.6532	673.94	19.456	835.16	1119.3	3.4111	3.9738	2.5052	2.094	600.43	173.65	83.787	32.577	146.87	11.282
510	0.71142	667.6	21.215	847.75	1127.5	3.4358	3.9844	2.5291	2.1199	582.94	172.53	83.016	33.12	142.31	11.419
515	0.77345	661.11	23.108	860.45	1135.7	3.4604	3.9949	2.5537	2.1466	565.37	171.3	82.269	33.671	137.85	11.558
520	0.83946	654.47	25.146	873.28	1143.9	3.485	4.0054	2.5792	2.1743	547.71	169.93	81.544	34.231	133.49	11.699
525	0.90961	647.66	27.339	886.22	1152.1	3.5095	4.0159	2.6058	2.2031	529.96	168.43	80.843	34.802	129.21	11.841
530	0.98406	640.67	29.702	899.3	1160.2	3.5341	4.0263	2.6334	2.2332	512.09	166.8	80.165	35.386	125.02	11.986
535	1.063	633.48	32.249	912.5	1168.3	3.5587	4.0367	2.6625	2.2648	494.1	165.01	79.509	35.985	120.9	12.133
540	1.1466	626.08	34.997	925.85	1176.3	3.5832	4.047	2.6931	2.2983	475.97	163.06	78.875	36.6	116.87	12.282
545	1.235	618.44	37.965	939.33	1184.3	3.6078	4.0572	2.7255	2.334	457.69	160.95	78.261	37.236	112.9	12.435

550	1.3284	610.54	41.176	952.97	1192.2	3.6325	4.0674	2.7603	2.3723	439.25	158.65	77.666	37.894	109	12.59
555	1.4271	602.35	44.656	966.76	1200	3.6571	4.0773	2.7977	2.4138	420.61	156.16	77.088	38.58	105.17	12.75
560	1.5311	593.84	48.436	980.72	1207.7	3.6819	4.0871	2.8384	2.4592	401.77	153.46	76.524	39.298	101.39	12.914
565	1.6409	584.97	52.556	994.86	1215.3	3.7067	4.0968	2.8831	2.5095	382.69	150.54	75.971	40.055	97.68	13.082
570	1.7565	575.68	57.06	1009.2	1222.7	3.7316	4.1062	2.933	2.566	363.35	147.37	75.423	40.86	94.021	13.256
575	1.8782	565.92	62.006	1023.7	1230	3.7566	4.1153	2.9894	2.6305	343.72	143.93	74.875	41.722	90.412	13.436
580	2.0063	555.62	67.466	1038.5	1237	3.7818	4.1241	3.0542	2.7056	323.75	140.19	74.318	42.655	86.848	13.623
585	2.1412	544.67	73.533	1053.5	1243.8	3.8072	4.1325	3.1305	2.795	303.39	136.14	73.742	43.676	83.323	13.821
590	2.283	532.96	80.331	1068.9	1250.3	3.8328	4.1404	3.2226	2.9042	282.59	131.73	73.134	44.809	79.825	14.031
595	2.4322	520.31	88.028	1084.5	1256.5	3.8588	4.1477	3.3374	3.0424	261.27	126.93	72.476	46.086	76.34	14.258
600	2.5893	506.49	96.861	1100.6	1262.1	3.8852	4.1543	3.4867	3.2245	239.34	121.69	71.748	47.553	72.842	14.511
605	2.7547	491.14	107.19	1117.2	1267.1	3.9122	4.1598	3.6917	3.4783	216.69	115.97	70.929	49.281	69.289	14.807
610	2.9291	473.71	119.57	1134.5	1271.1	3.9401	4.164	3.9959	3.8592	193.15	109.73	70	51.38	65.606	15.179
615	3.1132	453.25	134.99	1152.8	1273.9	3.9693	4.1662	4.5027	4.498	168.53	102.93	68.981	54.052	61.642	15.701
620	3.3081	427.84	155.43	1172.6	1274.6	4.0007	4.1652	5.5297	5.7856	142.6	95.605	68.017	57.735	57.058	16.572
625	3.5154	392.37	186.02	1195.6	1271.3	4.0368	4.1579	8.6919	9.6178	115.13	87.943	67.823	63.915	50.869	18.474
630	3.7375	311.58	261.73	1233.6	1251.4	4.0963	4.1245	153.62	162.27	85.66	81.78	108.13	116.78	36.141	27.456

Таблица Б.6

Поля неопределенности расчета плотности

p , МПа	Температура, К													
	250	300	350	400	450	500	550	600	610	620	630	640	650	700
0,5	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,30	0,40
2,0	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,35	0,25	0,25	0,25	0,25	0,30	0,40
3,0	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,20	0,30	0,50	0,30	0,30	0,35	0,40
3,5	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,80	0,50	0,35	0,40
4,0	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,20	0,25	0,30	0,50	0,80	0,50	0,35	0,40
5,0	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,20	0,40	0,50	0,80	0,50	0,40	0,40
10,0	-	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,20	0,25	0,30	0,80	0,40	0,30	0,40
50,0	-	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,20	0,25	0,30	0,60	0,35	0,40	0,40
100,0	-	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,30	0,35	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40

Таблица Б.7

Поля неопределенности расчета изобарной теплоемкости

p , МПа	Температура, К													
	250	300	350	400	450	500	550	600	610	620	630	640	650	700
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
2,0	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,7	1,0	1,0	0,8	0,7	0,4	0,3	0,3	0,3
3,0	1,0	0,7	0,5	0,5	0,5	0,7	1,0	2,0	2,5	2,5	2,0	1,5	1,0	0,6
3,5	1,0	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	1,5	3,5	3,5	2,0	1,0	0,7	0,4
4,0	1,0	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	1,0	1,2	2,5	-	2,5	1,5	1,0	0,5
5,0	1,0	0,9	0,7	0,7	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5	2,5	3,0	2,0	1,5	1,0
10,0	-	1,0	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	1,2	1,2	1,5	1,7	2,0	1,7	1,0
50,0	-	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	1,0
100,0	-	1,5	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Таблица Б.8

Поля неопределенности расчета скорости распространения звука

p , МПа	Температура, К													
	250	300	350	400	450	500	550	600	610	620	630	640	650	700
0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7
2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,5	1,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7
3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,5	2,0	3,0	3,0	1,5	1,0	0,6	0,7
3,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,5	4,5	4,5	2,0	1,0	0,7	0,7
4,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,5	1,2	5,0	-	2,5	1,5	1,0	0,8
5,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,5	3,0	2,0	1,5	1,0
10,0	-	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,5	2,0	2,2	2,0	2,0	1,9	1,2
50,0	-	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,7	2,2	2,5	2,5	2,5	2,5	1,5
100,0	-	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	2,0	2,2	2,2	2,5	2,5	2,5	2,5

Таблица Б.9

Поля неопределенности расчета коэффициента теплопроводности

p , МПа	Температура, К													
	250	300	350	400	450	500	550	600	610	620	630	640	650	700
0,5	2,0	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	2,0
2,0	2,0	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	2,0
3,0	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,9	2,0
3,5	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	2,5	2,5	2,0	1,9	1,9	2,0
4,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0	2,0
5,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,2	2,5	3,0	2,5	2,0	2,0	2,0
10,0	-	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,3	2,3	2,3	2,1
50,0	-	2,1	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3
100,0	-	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,5	2,5

Таблица Б.10

Поля неопределенности расчета коэффициента динамической вязкости

p , МПа	Температура, К													
	250	300	350	400	450	500	550	600	610	620	630	640	650	700
0,5	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,2	2,5	2,2	1,8	1,5	1,5	1,5
3,5	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5	2,5	2,0	1,8	1,5
4,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,3	2,0	1,7
5,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,2	2,5	2,5	2,5	2,2	2,0
10,0	-	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,2	2,5	2,5	2,3	2,0
50,0	-	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,2
100,0	-	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3

Поля неопределенности расчета теплофизических свойств на линии
равновесия «жидкость – газ»

T , К	δp_v , %	$\delta \rho_l$, %	$\delta \rho_v$, %	$\delta C_p'$, %	$\delta C_p''$, %	$\delta h'$, %	$\delta s'$, %	$\delta \Delta h_v$, %	$\delta \lambda'$, %	$\delta \lambda''$, %	$\delta \eta'$, %	$\delta \eta''$, %
250	1,00	0,10	1,00	0,5	0,5	0,30	0,30	0,5	2,0	1,7	3,0	2,0
300	0,70	0,10	0,70	0,5	0,5	0,30	0,30	0,5	1,7	1,7	2,0	1,5
350	0,30	0,10	0,30	0,5	0,5	0,30	0,30	0,5	1,7	1,7	2,0	1,5
400	0,15	0,10	0,20	0,7	0,6	0,30	0,30	0,5	1,7	1,7	2,0	1,5
450	0,15	0,10	0,3	0,7	0,8	0,30	0,30	0,7	1,7	1,7	2,0	1,5
500	0,15	0,15	0,5	0,8	1,0	0,30	0,30	0,7	1,7	1,7	2,0	2,0
550	0,15	0,20	0,7	0,8	1,5	0,32	0,32	0,8	1,7	1,7	2,2	2,2
600	0,20	0,25	0,9	1,0	2,0	0,32	0,32	1,0	1,8	1,8	2,3	2,3
610	0,30	0,30	1,5	1,5	2,5	0,34	0,34	1,5	1,9	1,9	2,4	2,5
620	0,40	0,80	2,0	2,5	4,0	0,34	0,34	2,0	2,0	2,0	2,5	2,8
625	0,50	1,50	3,0	3,0	6,0	0,40	0,40	4,0	2,5	2,5	2,8	3,0
630	0,70	3,00	6,0	6,0	9,0	0,50	0,50	7,0	3,0	3,0	3,0	3,2