**МЕЖГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ДАННЫХ**

**О ФИЗИЧЕСКИХ КОНСТАНТАХ И СВОЙСТВАХ**

**ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ**

УДК 546.212; 536.71

**ТАБЛИЦЫ СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ**

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ И ТЕМПЕРАТУРАХ ОТ 0 ˚С ДО 100 ˚С

**ССД СНГ 355 – 2022 (ГСССД 355–2019)**

(**ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ РЕДАКЦИЯ, ШИФР ТЕМЫ: RU.3.004-2022)**

Москва – 2022

РАЗРАБОТАНЫ Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 180 «Межгосударственная служба стандартных справочных данных»

ВНЕСЕНЫ Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

АВТОРЫ д.т.н. А. Д. Козлов, В. А. Колобаев, М. Д. Роговин, С. И. Рыбаков

СОГЛАСОВАНЫ С национальными органами по стандартизации стран СНГ:

РЕКОМЕНДОВАНЫ Научно-технической комиссией по метрологии Межгосударственного Совета по стандартизации, метрологии и сертификации

ПРИНЯТЫ Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 2022 г., № –2022)

УДК 546.212; 536.71

**МЕЖГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ДАННЫХ**

**О ФИЗИЧЕСКИХ КОНСТАНТАХ И СВОЙСТВАХ**

**ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ**

|  |  |
| --- | --- |
| **Таблицы стандартных справочных данных** |  |
| Теплофизические свойства при атмосферном давлении и температурах от 0 ˚С до 100 ˚С | **ССД СНГ**  **355-2022**  **ГСССД**  **355 – 2019** |
| **Tables of Standard Reference Data** |  |
| Thermophysical Properties at atmospheric pressure at temperatures from 0 ˚С to 100 ˚С | **SSD CNG**  **355-2022**  **GSSSD**  **355 – 2019** |

**АННОТАЦИЯ**

В таблицах стандартных справочных данных приведены методы расчетного определения, а также сами расчетные значения (и расширенные неопределенности) плотности ρ, изобарной теплоемкости *cp*, скорости звука *w*, коэффициента динамической вязкости μ и коэффициента теплопроводности λ, а также статической диэлектрической проницаемости ε для обычной воды в жидкой фазе и на линии фазового перехода газ-жидкость (линии насыщения) со стороны жидкости.

Использование уравнений в настоящем проекте позволяет обеспечить удобное представление теплофизических свойств, с неопределенностями, не превышающими те значения, которые дают значительно более сложные уравнения Международной ассоциации по свойствам воды и водяного пара (МАСВП), покрывающие широкие области температур и давлений.

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. | Введение.............................................................................................. | 6 |
| 2. | Термодинамические свойства........................................................... | 6 |
| 3. | Вязкость............................................................................................... | 12 |
| 4. | Теплопроводность.............................................................................. | 12 |
| 5. | Статическая диэлектрическая проницаемость................................ | 13 |
| 6. | Расчет вязкости, теплопроводности и статической диэлектрической проницаемости при давлениях, отличных от *p*0 ...................................................................................................... | 14 |
| 7. | Стандартные справочные значения теплофизических свойств воды…………………………………………………………………. | 14 |
| Список литературы………………………………………………………. | | 18 |

# ВВЕДЕНИЕ

Настоящие таблицы стандартных справочных данных содержат значения плотности ρ, изобарной теплоемкости *cp*, скорости звука *w*, коэффициента динамической вязкости μ и коэффициента теплопроводности λ, а также статической диэлектрической проницаемости ε для обычной воды в жидкой фазе и на линии фазового перехода газ-жидкость (линии насыщения) со стороны жидкости.

Уравнения, используемые для расчета указанных теплофизических свойств, взяты из работы [1]. Эти уравнения соответствуют Международной температурной шкале 1990 г. (ITS-90).

Использование этих уравнений позволяет обеспечить удобное представление теплофизических свойств, с неопределенностями, не превышающими те значения, которые дают значительно более сложные уравнения МАСВП [2-9], покрывающие широкие области температур и давлений.

Раздел 2 настоящих таблиц описывает расчет термодинамических свойств, а также диапазон применимости уравнений и неопределенности расчетных значений. Аналогичная информация приведена для вязкости в разделе 3, для теплопроводности в разделе 4 и для статической диэлектрической проницаемости в разделе 5. В разделе 6 рассматривается использование уравнений для μ, λ и ε жидкой воды при давлениях, отличающихся от 0,1 МПа. В разделе 7 представлены стандартные справочные значения теплофизических свойств.

# ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

## Метод расчета

Расчет термодинамических свойств жидкой воды при давлении *p* осуществляется по следующей схеме: значение свойства *f* (*T*, *p*) определяется как *f* (*T*, *p*) = *f*0 (*T*, *p*0) + Δ*f* (*T*, *p*0)∙(*p*-*p*0); в качестве *p*0 принято *p*0 = 0,1 МПа. Для скорости звука зависимость *f* (*T*, *p*) является более сложной: *w* = *fw* [ {*fi*(*T*, *p*)} ].

При проведении расчетов по формулам настоящего раздела давление необходимо задавать в паскалях (Па).

## Уравнения для расчета свойств при давлении *p*0

Термодинамические свойства жидкой воды при давлении *p*0 = 0,1 МПа описываются уравнениями для удельной энергии Гиббса *g*, удельного объема *v* и изотермической производной удельного объема по давлению:

*vp*  *v* / *p* *T*

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

где *R* = 461,51805 Дж·кг1·K1, *TR* = 10 K, а безразмерные коэффициенты *ai*, *bi* , *ci* и показатели степеней *ni* и *mi* приведены в таблице 1. Величины τ, αи βпредставлены в виде:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

где *T* – температура в К, *Ta* = 593 K, а *Tb* = 232 K.

Другие термодинамические свойства получены из уравнений (1) – (3) при использовании соотношений термодинамики. Величины, полученные с помощью дифференцирования уравнений (1) – (3) и алгебраических преобразований, приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Коэффициенты и показатели степеней уравнений (1) – (3)

| Уравн. | *i* | *ni* | *mi* | *ai* | *bi* | *ci* |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| (1) | 1 | 4 | 2 | 1,661470539E+5 | 8,237426256E1 | 2,452093414E+2 |
|  | 2 | 5 | 3 | 2,708781640E+6 | 1,908956353 | 3,869269598E+1 |
|  | 3 | 7 | 4 | 1,557191544E+8 | 2,017597384 | 8,983025854 |
|  | 4 | нет | 5 | нет | 8,546361348E1 | – |
| (2) | 5 | нет | 1 | 1,93763157E2 | 5,78545292E3 | – |
|  | 6 | 4 | 2 | 6,74458446E+3 | 1,53195665E2 | – |
|  | 7 | 5 | 3 | 2,22521604E+5 | 3,11337859E2 | – |
|  | 8 | 7 | 4 | 1,00231247E+8 | 4,23546241E2 | – |
|  | 9 | 8 | 5 | 1,63552118E+9 | 3,38713507E2 | – |
|  | 10 | 9 | 6 | 8,32299658E+9 | 1,19946761E2 | – |
| (3) | 11 | 1 | 1 | 7,5245878E6 | 3,1091470E6 | – |
|  | 12 | 3 | 3 | 1,3767418E2 | 2,8964919E5 | – |
|  | 13 | 5 | 4 | 1,0627293E+1 | 1,3112763E4 | – |
|  | 14 | 6 | 5 | 2,0457795E+2 | 3,0410453E4 | – |
|  | 15 | 7 | 6 | 1,2037414E+3 | 3,9034594E4 | – |
|  | 16 |  | 7 | – | 2,3403117E4 | – |
|  | 17 |  | 9 | – | 4,8510101E5 | – |
| Примечание – запись *y*E*n* в таблице 1 нужно интерпретировать как *y* 10*n* | | | | | | |

Таблица 2 – Термодинамические свойства жидкой воды при *p*0

|  |  |
| --- | --- |
| Свойства | Соотношения |
| Удельная изобарная теплоемкость  [получено из уравнения (1)] |  |
| *v*T  *v/**T*  *p*  [получено из уравнения (2)] |  |
| \* *vTT*  (2*v/**T2)p*  [получено из  уравнения (2)] |  |
| \* *vpT*  2*v/**p**T*  [получено из  уравнения (3)] | 0 |
| Скорость звука |  |
| \* Производные *vTT*0 и *vpT*0 нужны только для расчета термодинамических свойств при давлениях, отличающихся от *p*0 (таблица 3). | |

## Уравнения для расчета свойств при давлении *p*

Соотношения для расчета термодинамических свойств воды при давлениях *p*, отличающихся от *p0*, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Соотношения для термодинамических свойств жидкой воды при давлениях *p*, отличных от *p*0.

| Свойства | Соотношения |
| --- | --- |
| Удельная изобарная теплоемкость |  |
| Удельный объем |  |
| Плотность | ρ=1/*v* |
|  |  |
|  | где |
| Скорость звука |  |
| Размерность *cp* – Дж/(кг·К) | |

## Область применения и неопределенность расчетных значений

Уравнения для расчета термодинамических свойств предназначены для использования в следующем диапазоне температур и давлений:

|  |  |
| --- | --- |
| 273,15 K ≤ *T* ≤ 373,15 K; *pt*≤ *p* ≤ 0,3 МПа. | (5) |

Для определения границ жидкой фазы использованы уравнения для давлений на линиях насыщения и плавления.

Давление насыщения *p*σ рассчитывается по уравнению (6) [3]:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

где , *Tc* = 647,096 K, *pc* = 22,064 МПа,

*a*1 = –7,85951783, *a*2 = 1,84408259, *a*3 = –11,7866497, *a*4 = 22,6807411,

*a*5 = –15,9618719, *a*6 = 1,80122502.

Давление плавления *pm* рассчитывается по уравнению (7) [10]:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |

где π = *pm*/*p*\*, θ = *T*/*T*\* при *T*\* = *Tt* = 273,16 K и *p*\* = *pt* = 611,657 Па.

*Tt* и *pt* – это значения температуры и давления в тройной точке.

Коэффициенты *ai* и показатели степеней *bi* имеют следующий вид:

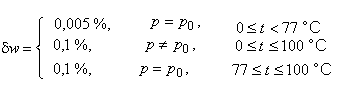
*a*1 = 0,119539337·107 *b*1 = 0,300000·101;

*a*2 = 0,808183159·105 *b*2 = 0,257500·102;

*a*3 = 0,333826860·104 *b*3 = 0,103750·103.

Расширенные неопределенности (с доверительной вероятностью 95 %) расчетных значений термодинамических свойств: плотности δρ = Δρ/ρ, скорости звука δ*w* = Δ*w*/*w* и изобарной теплоемкости δ*cp* = Δ*cp*/*cp* определяются в соответствии с оценками, приведенными в [1 - 3]:





– для всей области

# ВЯЗКОСТЬ

## Уравнение для расчета при *p*0

Вязкость жидкой воды при давлении *p*0 описывается следующим уравнением:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (8) |

где *T*\* = *T* / (300 K), а коэффициенты *ai* и показатели степеней *bi* приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Коэффициенты *ai* и *bi* для уравнения (8)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| i | *ai* | *bi* |
| 1 | 280,68 | 1,9 |
| 2 | 511,45 | 7,7 |
| 3 | 61,131 | 19,6 |
| 4 | 0,45903 | 40,0 |

## Область применения и неопределенность расчетных значений

Уравнение (8) предназначено для использования в следующем температурном диапазоне:

273,15 K ≤ *T* ≤ 373,15 K.

Расширенные неопределенности (с доверительной вероятностью 95%) расчетных значений коэффициента динамической вязкости δμ определяются в соответствии с оценками, приведенными в [4 – 5]: δμ = 1,0 %.

# ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ

## 4.1 Уравнение для расчета при *p*0

Теплопроводность λ жидкой воды при давлении *p*0 описывается следующим уравнением:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (9) |

где *T*\* = *T* / (300 K), а коэффициенты *ci* и показатели степеней *di* приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Коэффициенты *ci* и *di* для уравнения (9)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *i* | *ci* | *di* |
| 1 | 1,6630 | -1,15 |
| 2 | -1,7781 | -3,4 |
| 3 | 1,1567 | -6,0 |
| 4 | -0,432115 | -7,6 |

*i*

## Область применения и неопределенность расчетных значений

Уравнение (9) предназначено для использования в следующем температурном диапазоне:

273,15 K ≤ *T* ≤ 373,15 K.

Расширенные неопределенности (с доверительной вероятностью 95%) расчетных значений коэффициента теплопроводности δλ определяются в соответствии с оценками, приведенными в [6]: δλ = 1,5 %.

# СТАТИЧЕСКАЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ

## Уравнение для расчета при *p*0

Статическая диэлектрическая проницаемость ε жидкой воды при давлении *p*0 описывается следующим уравнением:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (10) |

где *T*\* = *T* / (300 K), а коэффициенты *ei* и показатели степеней *fi* приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Коэффициенты *ei* и *fi* для уравнения (10)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| i | *ei* | *fi* |
| 1 | -43,7527 | -0,05 |
| 2 | 299,504 | -1,47 |
| 3 | -399,364 | -2,11 |
| 4 | 221,327 | -2,31 |

## Область применения и неопределенность расчетных значений

Уравнение (11) предназначено для использования в следующем температурном диапазоне:

273,15 K ≤ *T* ≤ 373,15 K.

Расширенные неопределенности (с доверительной вероятностью 95%) расчетных значений диэлектрической проницаемости δε определяются в соответствии с оценкой, приведенной в [1]: δε = 0,01.

# РАСЧЕТ ВЯЗКОСТИ, ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И СТАТИЧЕСКОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПРИ ДАВЛЕНИЯХ, ОТЛИЧНЫХ ОТ *P*0.

Формулы для вязкости, теплопроводности и статической диэлектрической проницаемости (уравнения (8) – (10)), приведенные в настоящих таблицах, могут быть использованы для жидкой воды при любом давлении между давлением насыщенного пара и давлением, равным 0,3 МПа, без какой-либо значительной потери точности (это означает, что изменение свойства из-за изменения давления, более чем на порядок меньше, чем неопределенность самого свойства).

# СТАНДАРТНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДЫ

# Рассчитанные стандартные справочные значения термодинамических и переносных (μ, λ) свойств, а также диэлектрической проницаемости воды приведены в таблицах 7 и 8.

Таблица 7 – Стандартные значения теплофизических свойств жидкой воды на линии насыщения

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *t* | *pσ* | ρ′ | *cp′* | *w′* | µ ′ | λ′ | *ε′* | |
| ˚C | МПа | кг·м3 | кДж·кг1·K1 | м·с1 | Пa·с |  | Безраз-мерна | |
| 0,01 | 6,1166E-04 | 999,793 | 4,2198 | 1402,3 | 1791,2 | 555,7 | | 87,92 |
| 1 | 6,5708E-04 | 999,851 | 4,2165 | 1407,2 | 1731,1 | 558,2 | | 87,52 |
| 2 | 7,0597E-04 | 999,893 | 4,2134 | 1412,1 | 1673,5 | 560,7 | | 87,12 |
| 3 | 7,5805E-04 | 999,917 | 4,2105 | 1416,8 | 1619,0 | 563,1 | | 86,72 |
| 4 | 8,1351E-04 | 999,925 | 4,2078 | 1421,5 | 1567,3 | 565,5 | | 86,32 |
| 5 | 8,7253E-04 | 999,917 | 4,2053 | 1426,0 | 1518,2 | 567,8 | | 85,92 |
| 10 | 1,2281E-03 | 999,655 | 4,1955 | 1447,1 | 1305,9 | 578,8 | | 83,96 |
| 20 | 2,3392E-03 | 998,162 | 4,1845 | 1482,2 | 1001,6 | 598,0 | | 80,19 |
| 30 | 4,2469E-03 | 995,606 | 4,1802 | 1509,0 | 797,2 | 614,4 | | 76,60 |
| 40 | 7,3851E-03 | 992,175 | 4,1796 | 1528,7 | 652,7 | 628,5 | | 73,18 |
| 50 | 1,2352E-02 | 987,996 | 4,1814 | 1542,4 | 546,5 | 640,6 | | 69,93 |

Окончание таблиц 7

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *t* | *pσ* | ρ′ | *cp′* | *w′* | µ ′′ | λ′ | *ε′* |
| ˚C | МПа | кг·м3 | кДж·кг1·K1 | м·с1 | мкПa·с |  | Безраз-мерна |
| 60 | 1,9947E-02 | 983,160 | 4,1851 | 1550,8 | 466,0 | 651,0 | 66,82 |
| 70 | 3,1202E-02 | 977,734 | 4,1903 | 1554,6 | 403,5 | 659,8 | 63,86 |
| 80 | 4,7416E-02 | 971,766 | 4,1970 | 1554,3 | 354,0 | 667,0 | 61,02 |
| 90 | 7,0183E-02 | 965,295 | 4,2053 | 1550,4 | 314,2 | 672,8 | 58,32 |
| 100 | 1,0142E-01 | 958,349 | 4,2156 | 1543,2 | 281,6 | 677,2 | 55,73 |
| П р и м е ч а н и е – запись *y*E*n* в Таблице 7 нужно интерпретировать как *y* 10*n* | | | | | | | |

Таблица 8 – Стандартные значения теплофизических свойств жидкой воды в однофазной области

| *p* | | ρ | *cp* | *w* | µ | λ | ε |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| МПа | кг·м3 | | кДж·кг1·K1 | м·с1 | Пa·с |  | Безразмерна |
| *t*=0,0 оC | | | | | | | |
| 0,13523\*) | 999,860 | | 4,2191 | 1402,4 | 1791,8 | 555,6 | 87,93 |
| 0,2 | 999,893 | | 4,2188 | 1402,5 | 1791,8 | 555,6 | 87,93 |
| 0,3 | 999,944 | | 4,2183 | 1402,6 | 1791,8 | 555,6 | 87,93 |
| *t*=1,0 оC | | | | | | | |
| 0,1 | 999,901 | | 4,2160 | 1407,4 | 1731,1 | 558,2 | 87,52 |
| 0,2 | 999,952 | | 4,2155 | 1407,5 | 1731,1 | 558,2 | 87,52 |
| 0,3 | 1000,002 | | 4,2150 | 1407,6 | 1731,1 | 558,2 | 87,52 |
| *t*=2,0 оC | | | | | | | |
| 0,1 | 999,942 | | 4,2129 | 1412,2 | 1673,5 | 560,7 | 87,12 |
| 0,2 | 999,992 | | 4,2124 | 1412,4 | 1673,5 | 560,7 | 87,12 |
| 0,3 | 1000,043 | | 4,2119 | 1412,5 | 1673,5 | 560,7 | 87,12 |
| *t*=3,0 оC | | | | | | | |
| 0,1 | 999,966 | | 4,2100 | 1417,0 | 1619,0 | 563,1 | 86,72 |
| 0,2 | 1000,016 | | 4,2096 | 1417,1 | 1619,0 | 563,1 | 86,72 |
| 0,3 | 1000,066 | | 4,2091 | 1417,3 | 1619,0 | 563,1 | 86,72 |
| *t*=4,0 оC | | | | | | | |
| 0,1 | 999,974 | | 4,2074 | 1421,6 | 1567,3 | 565,5 | 86,32 |
| 0,2 | 1000,024 | | 4,2069 | 1421,8 | 1567,3 | 565,5 | 86,32 |
| 0,3 | 1000,073 | | 4,2065 | 1421,9 | 1567,3 | 565,5 | 86,32 |
| *t*=5,0 оC | | | | | | | |
| 0,1 | 999,966 | | 4,2049 | 1426,2 | 1518,2 | 567,8 | 85,92 |
| 0,2 | 1000,015 | | 4,2045 | 1426,3 | 1518,2 | 567,8 | 85,92 |
| 0,3 | 1000,064 | | 4,2041 | 1426,5 | 1518,2 | 567,8 | 85,92 |
| *t*=10,0 оC | | | | | | | |
| 0,1 | 999,702 | | 4,1951 | 1447,3 | 1305,9 | 578,8 | 83,96 |
| 0,2 | 999,750 | | 4,1948 | 1447,4 | 1305,9 | 578,8 | 83,96 |
| 0,3 | 999,797 | | 4,1944 | 1447,6 | 1305,9 | 578,8 | 83,96 |
| *t*=20,0 оC | | | | | | | |
| 0,1 | 998,207 | | 4,1842 | 1482,3 | 1001,6 | 598 | 80,19 |
| 0,2 | 998,252 | | 4,1839 | 1482,5 | 1001,6 | 598 | 80,19 |
| 0,3 | 998,298 | | 4,1836 | 1482,7 | 1001,6 | 598 | 80,19 |
| *t*=30,0 оC | | | | | | | |
| 0,1 | 995,649 | | 4,1799 | 1509,2 | 797,2 | 614,4 | 76,6 |
| 0,2 | 995,693 | | 4,1796 | 1509,3 | 797,2 | 614,4 | 76,6 |
| 0,3 | 995,738 | | 4,1794 | 1509,5 | 797,2 | 614,4 | 76,6 |

Окончание таблицы 8

| *p* | | | ρ | *cp* | *w* | µ | λ | ε | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| МПа | | кг·м3 | | кДж·кг1·K1 | м·с1 | Пa·с |  | Безразмерна | |
| *t*=40,0 оC | | | | | | | | | |
| 0,1 | | 992,216 | | 4,1794 | 1528,9 | 652,7 | 628,5 | 73,18 | |
| 0,2 | | 992,260 | | 4,1791 | 1529,1 | 652,7 | 628,5 | 73,18 | |
| 0,3 | | 992,304 | | 4,1789 | 1529,3 | 652,7 | 628,5 | 73,18 | |
| *t*=50,0 оC | | | | | | | | | |
| 0,1 | 988,035 | | | 4,1812 | 1542,6 | 546,5 | 640,6 | 69,93 |
| 0,2 | 988,078 | | | 4,1810 | 1542,8 | 546,5 | 640,6 | 69,93 |
| 0,3 | 988,122 | | | 4,1808 | 1543,0 | 546,5 | 640,6 | 69,93 |
| *t*=60,0 оC | | | | | | | | |
| 0,1 | 983,195 | | | 4,1849 | 1551,0 | 466,0 | 651 | 66,82 |
| 0,2 | 983,239 | | | 4,1847 | 1551,2 | 466,0 | 651 | 66,82 |
| 0,3 | 983,283 | | | 4,1845 | 1551,4 | 466,0 | 651 | 66,82 |
| *t*=70,0 оC | | | | | | | | |
| 0,1 | 977,764 | | | 4,1901 | 1554,7 | 403,5 | 659,8 | 63,86 |
| 0,2 | 977,808 | | | 4,1899 | 1554,9 | 403,5 | 659,8 | 63,86 |
| 0,3 | 977,852 | | | 4,1897 | 1555,1 | 403,5 | 659,8 | 63,86 |
| *t*=80,0 оC | | | | | | | | |
| 0,1 | 971,790 | | | 4,1969 | 1554,4 | 354,0 | 667 | 61,02 |
| 0,2 | 971,835 | | | 4,1966 | 1554,6 | 354,0 | 667 | 61,02 |
| 0,3 | 971,879 | | | 4,1964 | 1554,8 | 354,0 | 667 | 61,02 |
| *t*=90,0 оC | | | | | | | | |
| 0,1 | 965,309 | | | 4,2052 | 1550,4 | 314,2 | 672,8 | 58,32 |
| 0,2 | 965,355 | | | 4,205 | 1550,6 | 314,2 | 672,8 | 58,32 |
| 0,3 | 965,401 | | | 4,2048 | 1550,8 | 314,2 | 672,8 | 58,32 |
| *t*=100,0 оC | | | | | | | | |
| 0,2 | 958,395 | | | 4,2153 | 1543,3 | 281,6 | 677,2 | 55,73 |
| 0,3 | 958,442 | | | 4,2151 | 1543,4 | 281,6 | 677,2 | 55,73 |
| **(\*)** Значение давления рассчитано на линии плавления-затвердевания по уравнению (7) | | | | | | | | |

# БИБЛИОГРАФИЯ

* 1. IAPWS, *Revised Supplementary Release on Properties of Liquid Water at 0.1 MPa*, доступно на  [http://www.iapws.org](%20http://www.iapws.org) (2011).
  2. IAPWS R6-95(2016) *Revised Release on the IAPWS Formulation 1995 for the Thermodynamic Properties of Ordinary Water Substance for General and Scientific Use, September 2016.*
  3. Wagner, W., and Pruß, A., *J. Phys. Chem. Ref. Data* **31**, 387 (2002).
  4. IAPWS, *Release on the IAPWS Formulation 2008 for the Viscosity of Ordinary Water Substance*, доступно на  [http://www.iapws.org](%20http://www.iapws.org) (2008).
  5. Huber, M. L., Perkins, R. A., Laesecke, A., Friend, D. G., Sengers, J. V., Assael, M. J., Metaxa, I. N., Vogel, E., Mareš, R., and Miyagawa, K., *J. Phys. Chem. Ref. Data* **38**, 101 (2009).
  6. IAPWS, *Release on the IAPWS Formulation 2011 for the Thermal Conductivity of Ordinary Water Substance*, доступно на  [http://www.iapws.org](%20http://www.iapws.org) (2011).
  7. Huber, M. L., Perkins, R. A., Friend, D. G., Sengers, J. V., Assael, M. J., Metaxa, N., Miyagawa, K., Hellmann, R., and Vogel, E., *J. Phys. Chem. Ref. Data* **41**, 033102 (2012).
  8. IAPWS, *Release on the Static Dielectric Constant of Ordinary Water Substance for Temperatures from 238 K to 873 K and Pressures up to 1000 MPa*, доступно на [http://www.iapws.org](http://www.iapws.org/) (1997).
  9. Fernández, D. P., Goodwin, A. R. H., Lemmon, E. W., Levelt Sengers, J. M. H., and Williams, R. C., *J. Phys. Chem. Ref. Data* **26**, 1125 (1997).
  10. IAPWS R14-08(2011) *Revised Release on the Pressure along the Melting and Sublimation Curves of Ordinary Water Substance, September 2011.*