**РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ**

# 5.2 МЕТОДИКА РАСЧЕТА НОРМ РАСХОДА НЕФТИ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ПРИ СБОРЕ И ПОДГОТОВКЕ НЕФТИ



gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

1 РАЗРАБОТАН ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт организации, управления и экономики нефтегазовой промышленности» (Отдел ресурсосбережения и нормирования расхода топливно-энергетических ресурсов)

ВНЕСЕН Департаментом нефтяной промышленности Министерства энергетики Российской Федерации

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Минэнерго России от……..№……..

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий руководящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Министерства энергетики Российской Федерации.

**Содержание**


| | Стр. |
|---|---|
| 1 Область применения | 1 |
| 2 Определения | 1 |
| 3 Порядок разработки | 1 |

**РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ**

# МЕТОДИКА РАСЧЕТА НОРМ РАСХОДА НЕФТИ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ПРИ СБОРЕ И ПОДГОТОВКЕ НЕФТИ

**Дата введения 2002–01–01**

## 1 Область применения

Настоящий документ распространяется на работы по сбору и подготовке нефти, позволяет провести расчеты норм потребности и расходов нефти в качестве топлива при выполнении операций по обогреву устья скважин и нагреву водонефтяной эмульсии в процессе ее подготовки, является обязательным для организаций и предприятий топливно-энергетического комплекса независимо от форм собственности.

## 2 Определения

В настоящем документе применены следующие определения:

2.1 Расход подготовленной нефти в качестве топлива при сборе и подготовке нефти – количество подготовленной нефти, используемой в качестве топлива в нагревательных аппаратах установок подготовки нефти или путевых подогревателях.

2.2 Норматив расхода подготовленной нефти в качестве топлива при сборе и подготовке нефти – часть годовой добычи нефти, выраженная в %, расходуемая в качестве топлива в процессах сбора и подготовки нефти.

2.3 Нагреватели – устьевые и путевые подогреватели нефти, печи блочные, подогреватели трубопроводов, нефтяные нагреватели установок подготовки нефти, нагреватели нефти блочные, печи трубчатые блочные.

## 3 Порядок разработки

Нефть в качестве топлива может применяться для сбора (обогрева устья скважин, сборных коллекторов, установок замера добываемой жидкости и газа) и подготовки нефти, только в случае, если использование для этих целей природного или нефтяного газа экономически не оправдано или технически не осуществимо.

Исходными данными для расчета расхода подготовленной нефти в качестве топлива при сборе и подготовке нефти являются:

- первичная техническая и технологическая документация;
- технологические регламенты и инструкции;
- характеристики оборудования (типы нагревателей, их теплопроизводительность, используемое топливо, коэффициент полезного действия, часовой расход топлива);
- план добычи и подготовки нефти;
- обводненность эмульсии (жидкости) в системе сбора, поступающей на нагрев;
- температура эмульсии (жидкости) в системе сбора до и после нагрева;
- характеристика нефти (плотность), поступающей на нагрев;
- масса нефти, проходящей через каждый нагреватель в течение года.

В расчетах принято несколько допущений:

- не учитывается расход тепла на испарение нефти в нагревателях;
- не учитывается расход тепла на нагрев солей и мехпримесей, содержащихся в эмульсии.

3.1 Индивидуальная норма расхода нефти в качестве топлива при сборе и подготовке нефти – расход нефти на нагрев 1т жидкости (эмульсии, нефти или воды) для v-го нагревателя установки подготовки нефти или путевого подогрева в i-м цехе k-го предприятия акционерного общества вычисляется по формуле

$$H_{kiv} = \frac{\theta_{kiv}}{U_н \cdot \eta_v} \cdot 10^{-3}, \quad т/т, \qquad (1)$$

где $H_{kiv}$ – индивидуальная норма расхода нефти в качестве топлива при сборе и подготовке нефти на v-й нагреватель i-го цеха k-го предприятия акционерного общества, т/т;

$\theta_{kiv}$ – количество тепла, которое необходимо передать 1 т жидкости (эмульсии, нефти или воде) на v-й нагреватель i-го цеха k-го предприятия акционерного общества, кДж/т;

$U_н$ – низшая теплотворная способность сжигаемой нефти (данные по исследованию свойств добываемой нефти или [2] в v-м нагревателе i-го цеха k-го предприятия акционерного общества, кДж/кг;

$H_v$ – коэффициент полезного действия (паспортные данные или результаты технического освидетельствования) v-го нагревателя i-го цеха k-го предприятия акционерного общества, доля.

Для расчета индивидуальной нормы расхода нефти в качестве топлива при сборе и подготовке нефти вычисляется:

3.1.1 Количество тепла, передаваемое v-м нагревателем i-го цеха k-го предприятия акционерного общества 1 т нагреваемой жидкости:

$$\theta_{kiv} = (E_{kiv\,э2} - E_{kiv\,э1}) \cdot 10^3 = (1 - b_{kiv}) \cdot (E_{kiv\,н2} - E_{kiv\,н1}) \cdot 10^3 + \\ + b_{kiv} \cdot (E_{kiv\,в2} - E_{kiv\,в1}) \cdot 10^3, \quad \text{кДж/т}, \qquad (2)$$

где $\theta_{kiv}$ – количество тепла, которое необходимо передать 1т жидкости (эмульсии, нефти или воде) на v-й нагреватель i-го цеха k-го предприятия акционерного общества, кДж/т;

$E_{kiv\,э1}$, $E_{kiv\,э2}$ – энтальпия эмульсии при среднегодовой температуре до и после v-го нагревателя i-го цеха k-го предприятия акционерного общества, кДж/кг;

$b_{kiv}$ – обводненность эмульсии (нефти), поступающей на v-й нагреватель i-го цеха k-го предприятия акционерного общества доля (массовая);

$E_{kiv\,н1}$, $E_{kiv\,н2}$ – энтальпия нефти при среднегодовой температуре до и после v-го нагревателя i-го цеха k-го предприятия акционерного общества, кДж/кг;

$E_{kiv\,в1}$, $E_{kiv\,в2}$ – энтальпия воды при среднегодовой температуре до и после v-го нагревателя i-го цеха k-го предприятия акционерного общества.

3.1.2 Среднегодовая температура вычисляется по правилу аддитивности, как средневзвешенная:

$$T_{ср} = \frac{\sum_{j=1}^{m} T_{kivj} \cdot Q_{kivj}}{\sum_{j=1}^{m} Q_{kivj}}, \quad \text{К}, \qquad (3)$$

где $T_{ср}$ – среднегодовая температура измеряемой среды , К;

$T_{kivj}$ – температура измеряемой среды в j-й момент времени, К;

$Q_{kivj}$ – масса жидкости (эмульсии, нефти, воды), поступающей на нагрев в j-й промежуток времени на v-й нагреватель i-го цеха k-го предприятия акционерного общества, т;

m – количество j-х отрезков времени.

3.1.3 Массу нефти или воды, поступающих на нагрев в v-й нагреватель, если отсутствуют данные по замерам, вычисляют, используя объем жидкости, поступающей на подогрев, ее обводненность, плотности нефти и воды при среднегодовой температуре перед v-м нагревателем i-го цеха k-го предприятия акционерного общества, по формулам:

$$Q_{kiv\,н} = V_{kiv} \cdot (1 - \delta_{kiv}) \cdot \rho_{kiv\,t\,н}, \quad т/год, \qquad (4)$$

где $Q_{kiv\,н}$ – масса нефти, поступающей на нагрев в v-й нагреватель i-го цеха k-го предприятия акционерного общества, т;

$V_{kiv}$ – объем эмульсии, поступающей на нагрев в v-й нагреватель i-го цеха k-го предприятия акционерного общества, $м^3$/год;

$\rho_{kiV\,t\,н}$ – плотность нефти, поступающей в v-й нагреватель i-го цеха k-го предприятия акционерного общества, при температуре t °C, $т/м^3$;

$\delta_{kiv}$ – обводненность (объемная доля воды) эмульсии, поступающей в v-й нагреватель i-го цеха k-го предприятия акционерного общества, доля.

$$Q_{kiv\,в} = V_{kiv} \cdot \delta_{kiv} \cdot \rho_{kiv\,тв}, \quad т/год, \qquad (5)$$

где $Q_{kiv\,в}$ – масса воды, поступающей на нагрев в v-й нагреватель i-го цеха k-го предприятия акционерного общества, т;

$V_{kiv}$ – объем эмульсии, поступающей на нагрев в v-й нагреватель i-го цеха k-го предприятия акционерного общества, $м^3$/год;

$\rho_{kiv\,тв}$ – плотность воды, поступающей в v-й нагреватель i-го цеха k-го предприятия акционерного общества, при температуре t°C, $т/м^3$;

$\delta_{kiv}$ – обводненность (объемная доля воды) эмульсии, поступающей в v-й нагреватель i-го цеха k-го предприятия акционерного общества, доля.

$$\rho_{н\,t} = \rho_4^{20} - a\,(t-20), \quad кг/м^3, \qquad (6)$$

где $\rho_{н\,t}$ – плотность нефти при температуре t, т/м$^3$;

$\rho_4^{20}$ – плотность нефти при стандартных условиях, т/м$^3$;

a – температурная поправка для расчета плотности нефти.

Значения поправки «а» приведены в табл.1.

Значения плотности воды при разных температурах приведены в табл.2.

Табулированные значения энтальпии нефти приведены в табл.3.

3.1.4 Для нахождения энтальпии нефти необходимо пересчитать плотность нефти:

$$\rho_{15,6}^{15,6} = (\rho_4^{20} + 4,4a)/\rho_{15,6В}, \qquad (7)$$

где $\rho_{15,6}^{15,6}$ – относительная плотность нефти при температуре 15,6°С;

$\rho_4^{20}$ – плотность нефти при стандартных условиях, т/м$^3$;

a – температурная поправка для расчета плотности нефти;

$\rho_{15,6В}$ – плотность воды при температуре 15,6°С, т/м$^3$;

$$\rho_{15,6В} = 0,99902 \text{ т/м}^3 .$$

3.1.5 Энтальпия воды при различных температурах вычисляется с помощью данных табл.4 по формуле

$$E_в = (273,15 + t_в)\cdot C_Р, \quad \text{кДж/кг}, \qquad (8)$$

где $E_в$ – энтальпия воды, кДж/кг;

$t_в$ – температура воды, °С;

$C_Р$ – удельная теплоемкость воды, кДж/кг·К.

3.1.6 Свойства водяного пара представлены в табл.5 [1].

3.1.7 С помощью вышеизложенной методики рассчитываются нормы и расходы нефти для подогрева воды (доля нефти = 0), подогрева чистой нефти (доля воды = 0), а также нормы и расходы нефти для производства пара (доля нефти=0), энтальпия нагрева и испарения воды берется для пара.

3.2 Норма расхода подготовленной нефти в качестве топлива для нагревателей установок подготовки нефти или путевых подогревателей i-го

цеха k-го предприятия акционерного общества – средневзвешенное количество нефти, расходуемой в качестве топлива в нагревателях установок подготовки нефти или путевого подогрева i-го цеха k-го предприятия акционерного общества, для подогрева 1т жидкости (эмульсии, нефти, воды) вычисляется по формуле

$$H_{ki} = \frac{\sum_{v=1}^{f} H_{kiv} \cdot Q_{э.kiv}}{\sum_{v=1}^{f} Q_{э.kiv}}, \quad т/т, \qquad (9)$$

где $H_{ki}$ – норма расхода нефти в качестве топлива при сборе и подготовке нефти по i-му цеху k-го предприятия акционерного общества, т/т;

$H_{kiv}$ – индивидуальная норма расхода нефти в качестве топлива при сборе и подготовке нефти на v-м нагревателе i-го цеха k-го предприятия акционерного общества, т/т;

$Q_{э\,kiv}$ – масса эмульсии (нефти, воды), поступающей на подогрев (подготовка нефти и путевой подогрев) в v-й нагреватель нефти i-го цеха k-го предприятия акционерного общества за год, т/год;

f – количество v-х нагревателей в i-м цехе k-го предприятия акционерного общества.

3.3 Масса эмульсии, поступающей на нагреватели нефти (подготовка нефти и путевой подогрев) в цехах k-го предприятия акционерного общества, вычисляется по формуле

$$Q_{э\,k} = \sum_{i=1}^{n} Q_{э\,ki}, \quad т/год, \qquad (10)$$

где $Q_{э\,k}$ – масса эмульсии, поступающей на подогрев (подготовка нефти и путевой подогрев) в нагреватели k-го предприятия акционерного общества за год, т/год;

$Q_{э\,ki}$ – масса эмульсии, поступающей на подогрев (подготовка нефти и путевой подогрев) в нагреватели i-го цеха k-го предприятия акционерного общества за год, т/год;

n – количество i-х площадей k-го предприятия акционерного общества.

3.4 Норма расхода нефти в качестве топлива для установок подготовки нефти или путевого подогрева k-го предприятия акционерного общества – средневзвешенное количество подготовленной нефти, используемой в качестве топлива в нагревателях установок подготовки нефти или путевого подогрева k-го предприятия акционерного общества для подогрева 1т эмульсии (нефти, воды), вычисляется по формуле

$$H_k = \frac{\sum_{i=1}^{n} H_{ki} \cdot Q_{э\,ki}}{\sum_{i=1}^{n} Q_{э\,ki}}, \quad т/т, \qquad (11)$$

где $H_k$ – норма использования нефти в качестве топлива при сборе и подготовке нефти по k-му предприятию акционерного общества, т/т;

$H_{ki}$ – норма использования нефти в качестве топлива при сборе и подготовке нефти по i-му цеху k-го предприятия акционерного общества, т/т;

$Q_{э\,ki}$ – масса эмульсии, поступающая на подогрев (подготовка нефти и путевой подогрев) в установки нагрева i-го цеха k-го предприятия акционерного общества за год, т/год;

n – количество i-х площадей k-го предприятия акционерного общества.

3.5 Масса эмульсии, поступающей на подогрев (подготовка нефти и путевой подогрев) в цехах акционерного общества, за год, вычисляется по формуле

$$Q_э = \sum_{i=1}^{n} Q_{э\,k}, \quad т/год, \qquad (12)$$

где $Q_э$ – масса эмульсии, поступающей на подогрев (подготовка нефти и путевой подогрев) в нагреватели по акционерному обществу за год, т/год;

$Q_{э\,k}$ – масса эмульсии, поступающей на подогрев (подготовка нефти и путевой подогрев) в нагреватели k-го предприятия акционерного общества за год, т/год;

n – количество i-х площадей k-го предприятия акционерного общества.

3.6 Норма расхода подготовленной нефти в качестве топлива для установок подготовки нефти или путевого подогрева акционерного общества – средневзвешенное количество нефти, расходуемой в качестве топлива в нагревателях установок подготовки нефти или путевого подогрева акционерного общества для подогрева 1т эмульсии (нефти, воды), вычисляется по формуле

$$H = \frac{\sum_{k=1}^{e} H_k \cdot Q_{э\,k}}{\sum_{k=1}^{e} Q_{э\,k}}, \quad т/т, \qquad (13)$$

где $H$ – норма расхода нефти в качестве топлива при сборе и подготовке нефти по акционерному обществу, т/т;

$H_k$ – норма расхода нефти в качестве топлива при сборе и подготовке нефти по k-му предприятию акционерного общества, т/т;

$Q_{э\,k}$ – масса эмульсии, поступающей на подогрев (подготовка нефти и путевой подогрев) в нагреватели k-го предприятия акционерного общества за год, т/год;

$e$ – количество k-х предприятий акционерного общества.

3.7 Расход подготовленной нефти в качестве топлива на нагрев при сборе и подготовке нефти в i-м цехе k-го предприятия акционерного общества за год вычисляется по формуле

$$Q_{ki} = H_{ki} \cdot Q_{э\,ki}, \quad т/год, \qquad (14)$$

где $Q_{ki}$ – масса эмульсии, поступающей на подогрев (подготовка нефти и путевой подогрев) в нагреватели k-го предприятия акционерного общества за год, т/год;

$H_{ki}$ – норма расхода нефти в качестве топлива при сборе и подготовке нефти по i-му цеху k-го предприятия акционерного общества, т/т;

$Q_{э\,ki}$ – масса эмульсии, поступающей на подогрев (подготовка нефти и путевой подогрев) в нагреватели i-го цеха k-го предприятия акционерного общества за год, т/год.

3.8 Расход подготовленной нефти в качестве топлива на нагрев при сборе и подготовке нефти для k-го предприятия акционерного общества вычисляется по формуле

$$Q_k = H_k \cdot Q_{э\,k}, \quad \text{т/год}, \tag{15}$$

где $Q_k$ – масса эмульсии, поступающей на подогрев (подготовка нефти и путевой подогрев) в нагреватели k-го предприятия акционерного общества за год, т/год;

$H_k$ – норма расхода нефти в качестве топлива при сборе и подготовке нефти по k-му предприятию акционерного общества, т/т;

$Q_{э\,k}$ – масса эмульсии, поступающей на подогрев (подготовка нефти и путевой подогрев) в нагреватели k-го предприятия акционерного общества за год, т/год.

3.9 Расход подготовленной нефти в качестве топлива на нагрев при сборе и подготовке нефти в акционерном обществе вычисляется по формуле

$$Q = H \cdot Q_э, \quad \text{т/год}, \tag{16}$$

где $Q$ – расход подготовленной нефти на нагрев при сборе и подготовке нефти по акционерному обществу за год, т/год;

$H$ – норма расхода нефти в качестве топлива при сборе и подготовке нефти по акционерному обществу, т/т;

$Q_э$ – масса эмульсии, поступающей на подогрев (подготовка нефти и путевой подогрев) в нагреватели по акционерному обществу за год, т/год.

3.10 Норматив расхода подготовленной нефти на нагрев при сборе и подготовке нефти k-го предприятия акционерного общества – отношение массы нефти, расходуемой в качестве топлива на подготовку нефти и путевой подогрев в k-м предприятии, к массе годовой добычи нефти k-м предприятием вычисляется по формуле

$$N_k = \frac{Q_k}{G_k} \cdot 100, \quad \%, \tag{17}$$

где $N_k$ – норматив расхода подготовленной нефти на сбор и подготовку нефти k-го предприятия акционерного общества, % от добычи нефти за год;

$Q_k$ – масса эмульсии, поступающей на подогрев (подготовка нефти и путевой подогрев) в нагреватели k-го предприятия акционерного общества за год, т/год;

$G_k$ – годовая добыча нефти k-м предприятием акционерного общества, т/год.

3.11 Норматив расхода подготовленной нефти на нагрев при сборе и подготовке нефти по акционерному обществу – отношение массы нефти, расходуемой в качестве топлива на подготовку нефти и путевой подогрев в акционерном обществе, к массе годовой добычи нефти вычисляется по формуле

$$N = \frac{Q}{G} \cdot 100, \quad \%, \tag{18}$$

где N – норматив расхода подготовленной нефти на сбор и подготовку нефти по акционерному обществу, % от годовой добычи нефти;

Q – расход подготовленной нефти на нагрев при сборе и подготовке нефти по акционерному обществу, за год, т/год;

G – годовая добыча нефти акционерным обществом, т/год.

**Приложение А**
(справочное)

Таблица А1 – Температурные поправки к значениям плотности нефтепродуктов на 1°С

| $\rho_4^{20}$, кг/м$^3$ | а | $\rho_4^{20}$, кг/м$^3$ | а |
|---|---|---|---|
| 690,0-699,9 | 0,000910 | 850,0-859,9 | 0,000699 |
| 700,0-709,9 | 0,000897 | 860,0-869,9 | 0,000686 |
| 710,0-719,9 | 0,000884 | 870,0-879,9 | 0,000673 |
| 720,0-729,9 | 0,000870 | 880,0-889,9 | 0,000660 |
| 730,0-739,9 | 0,000857 | 890,0-899,9 | 0,000647 |
| 740,0-749,9 | 0,000844 | 900,0-909,9 | 0,000633 |
| 750,0-759,9 | 0,000831 | 910,0-919,9 | 0,000620 |
| 760,0-769,9 | 0,000818 | 920,0-929,9 | 0,000607 |
| 770,0-779,9 | 0,000805 | 930,0-939,9 | 0,000594 |
| 780,0-789,9 | 0,000792 | 940,0-949,9 | 0,000581 |
| 790,0-799,9 | 0,000778 | 950,0-959,9 | 0,000567 |
| 800,0-809,9 | 0,000765 | 960,0-969,9 | 0,000554 |
| 810,0-819,9 | 0,000752 | 970,0-979,9 | 0,000541 |
| 820,0-829,9 | 0,000738 | 980,0-989,9 | 0,000528 |
| 830,0-839,9 | 0,000725 | 990,0-1000,0 | 0,000515 |
| 840,0-849,9 | 0,000712 | | |

Таблица А2 – Плотность воды при разных температурах

| **t, °C** | ρ, кг/м$^3$ | **t, °C** | ρ, кг/м$^3$ |
|---|---|---|---|
| 0 | 999,84 | 25 | 997,04 |
| 1 | 999,90 | 26 | 996,78 |
| 2 | 999,94 | 27 | 996,51 |
| 3 | 999,96 | 28 | 996,23 |
| 4 | 999,97 | 29 | 995,94 |
| 5 | 999,96 | 30 | 995,64 |
| 6 | 999,94 | 35 | 994,03 |
| 7 | 999,90 | 40 | 992,21 |
| 8 | 999,85 | 45 | 990,21 |
| 9 | 999,78 | 50 | 988,04 |
| 10 | 999,70 | 55 | 985,70 |
| 11 | 999,60 | 60 | 983,21 |
| 12 | 999,49 | 65 | 980,56 |
| 13 | 999,37 | 70 | 977,78 |
| 14 | 999,24 | 75 | 974,86 |
| 15 | 999,10 | 80 | 971,80 |
| 16 | 998,94 | 85 | 968,62 |
| 17 | 998,77 | 90 | 965,31 |
| 18 | 998,59 | 95 | 961,89 |
| 19 | 998,40 | 100 | 958,35 |
| 20 | 998,20 | 110 | 951,00 |
| 21 | 997,99 | 120 | 943,40 |
| 22 | 997,77 | 130 | 935,20 |
| 23 | 997,53 | 140 | 926,40 |
| 24 | 997,29 | 150 | 917,30 |

где **t** – температура, ρ – плотность.

Таблица А3 – Энтальпия нефтяных жидкостей, кДж/кг

| $T_ж$, K | Энтальпия при значениях относительных плотностей от 0,65 до 1,00 , соответствующих 288 K | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,65 | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,90 | 0,95 | 1,00 |
| 273 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 275 | 4,23 | 4,06 | 3,89 | 3,77 | 3,68 | 3,56 | 3,48 | 3,38 |
| 277 | 8,42 | 8,08 | 7,83 | 7,58 | 7,37 | 7,16 | 6,95 | 6,77 |
| 279 | 12,64 | 12,18 | 11,76 | 11,39 | 11,05 | 10,76 | 10,47 | 10,19 |
| 281 | 16,87 | 16,24 | 15,70 | 15,20 | 14,74 | 14,36 | 13,98 | 13,61 |
| 283 | 21,14 | 20,39 | 19,68 | 19,05 | 18,51 | 17,96 | 17,50 | 17,04 |
| 285 | 25,41 | 24,49 | 23,66 | 22,90 | 22,23 | 21,27 | 21,02 | 20,49 |
| 287 | 29,73 | 28,64 | 27,63 | 26,80 | 20,00 | 25,20 | 24,58 | 23,95 |
| 289 | 34,04 | 32,78 | 31,69 | 30,69 | 29,77 | 28,93 | 28,14 | 27,43 |
| 291 | 38,35 | 36,97 | 35,71 | 34,58 | 33,58 | 32,57 | 31,74 | 30,92 |
| 293 | 42,66 | 41,16 | 39,77 | 38,48 | 37,35 | 36,30 | 35,30 | 34,42 |
| 295 | 47,06 | 45,34 | 43,79 | 42,41 | 41,16 | 39,98 | 38,94 | 37,94 |
| 297 | 51,46 | 49,57 | 47,90 | 46,35 | 44,97 | 43,71 | 42,54 | 41,47 |
| 299 | 55,85 | 53,80 | 52,00 | 50,33 | 48,82 | 47,44 | 46,18 | 45,02 |
| 301 | 60,25 | 58,03 | 56,10 | 54,30 | 52,88 | 51,20 | 49,82 | 48,58 |
| 303 | 64,67 | 62,34 | 60,21 | 58,28 | 56,56 | 54,93 | 53,51 | 52,15 |
| 305 | 69,12 | 66,65 | 64,35 | 62,30 | 60,46 | 58,74 | 57,23 | 55,73 |
| 307 | 73,60 | 70,92 | 68,50 | 66,36 | 64,39 | 62,55 | 60,88 | 59,33 |
| 309 | 78,08 | 75,24 | 72,68 | 70,38 | 68,29 | 66,36 | 64,56 | 62,94 |
| 311 | 82,56 | 79,63 | 76,87 | 74,44 | 72,18 | 70,21 | 68,29 | 66,57 |
| 313 | 87,09 | 83,90 | 81,06 | 78,50 | 76,16 | 74,02 | 72,01 | 70,20 |
| 315 | 91,61 | 88,26 | 85,29 | 82,56 | 80,09 | 77,83 | 75,78 | 73,86 |
| 317 | 96,17 | 92,65 | 89,51 | 86,67 | 84,07 | 81,73 | 79,55 | 77,52 |
| 319 | 100,73 | 97,05 | 93,78 | 90,77 | 88,09 | 85,58 | 83,32 | 81,22 |
| 321 | 105,30 | 101,49 | 98,01 | 94,92 | 92,07 | 89,47 | 87,13 | 84,90 |
| 323 | 109,90 | 105,93 | 102,33 | 99,06 | 96,09 | 93,41 | 90,81 | 88,61 |
| 325 | 114,51 | 110,36 | 106,60 | 103,20 | 100,15 | 97,34 | 94,71 | 92,32 |
| 327 | 119,11 | 114,80 | 110,91 | 107,39 | 104,21 | 101,28 | 98,56 | 96,06 |
| 329 | 123,80 | 119,28 | 115,26 | 111,58 | 108,27 | 105,21 | 102,41 | 99,81 |
| 331 | 128,45 | 123,80 | 119,58 | 115,81 | 112,33 | 109,19 | 106,26 | 103,57 |
| 333 | 133,14 | 128,28 | 123,97 | 119,99 | 116,44 | 113,17 | 110,11 | 107,34 |
| 335 | 137,83 | 132,85 | 128,33 | 124,26 | 120,54 | 117,19 | 114,01 | 111,13 |
| 337 | 142,52 | 137,37 | 132,72 | 128,49 | 124,64 | 121,17 | 117,90 | 114,93 |
| 339 | 147,25 | 141,93 | 137,12 | 132,76 | 128,79 | 125,19 | 121,84 | 118,75 |
| 341 | 152,02 | 146,50 | 141,56 | 137,03 | 132,97 | 129,25 | 125,77 | 122,58 |
| 343 | 156,80 | 151,10 | 145,99 | 141,35 | 137,12 | 133,27 | 129,67 | 126,42 |
| 345 | 161,57 | 155,71 | 150,43 | 145,66 | 141,31 | 137,33 | 133,64 | 130,28 |

Окончание табл.3

| $T_ж$, К | Энтальпия при значениях относительных плотностей от 0,65 до 1,00 , соответствующих 288 К | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,65 | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,90 | 0,95 | 1,00 |
| 347 | 166,38 | 160,35 | 154,91 | 150,01 | 145,49 | 141,43 | 137,62 | 134,15 |
| 349 | 171,20 | 165,00 | 159,43 | 154,33 | 149,72 | 145,49 | 141,60 | 138,03 |
| 351 | 176,01 | 169,65 | 163,96 | 158,68 | 153,95 | 149,59 | 145,62 | 141,92 |
| 353 | 180,91 | 174,30 | 168,52 | 163,12 | 158,18 | 153,78 | 149,68 | 145,84 |
| 355 | 185,77 | 179,03 | 173,08 | 167,43 | 162,45 | 157,84 | 153,66 | 149,76 |
| 357 | 190,63 | 183,72 | 177,60 | 171,83 | 166,72 | 162,03 | 157,68 | 153,70 |
| 359 | 195,52 | 188,45 | 182,13 | 176,26 | 170,99 | 166,22 | 161,74 | 157,65 |
| 361 | 200,46 | 193,18 | 186,65 | 180,70 | 175,30 | 170,36 | 165,80 | 161,61 |
| 363 | 205,36 | 197,95 | 191,21 | 185,14 | 179,57 | 174,59 | 169,94 | 165,59 |
| 365 | 210,35 | 202,68 | 195,78 | 189,58 | 183,93 | 178,78 | 174,00 | 169,58 |
| 367 | 215,29 | 207,50 | 200,38 | 194,10 | 188,28 | 183,01 | 178,11 | 173,59 |
| 369 | 220,27 | 212,27 | 205,07 | 198,58 | 192,64 | 187,23 | 182,21 | 177,60 |
| 371 | 225,29 | 217,09 | 209,72 | 203,02 | 196,99 | 191,50 | 186,36 | 181,62 |
| 373 | 230,32 | 221,94 | 214,41 | 207,58 | 201,43 | 195,69 | 190,50 | 185,69 |
| 375 | 235,34 | 226,80 | 219,10 | 212,15 | 205,78 | 200,05 | 194,69 | 189,75 |
| 377 | 240,36 | 231,66 | 223,83 | 216,67 | 210,22 | 204,32 | 198,87 | 192,82 |
| 379 | 245,47 | 236,55 | 228,52 | 221,27 | 214,66 | 208,63 | 203,06 | 197,90 |
| 381 | 250,54 | 241,41 | 233,25 | 225,84 | 219,14 | 212,94 | 207,25 | 201,96 |
| 383 | 255,66 | 246,35 | 237,98 | 230,48 | 233,53 | 217,25 | 211,43 | 206,95 |
| 385 | 260,84 | 251,33 | 242,75 | 235,09 | 228,01 | 221,61 | 215,66 | 210,24 |
| 387 | 265,90 | 256,23 | 247,52 | 239,65 | 232,49 | 215,96 | 219,93 | 214,39 |
| 389 | 271,05 | 261,17 | 252,34 | 244,30 | 237,02 | 230,40 | 224,20 | 218,54 |
| 391 | 276,25 | 266,16 | 257,11 | 248,99 | 241,54 | 234,75 | 228,47 | 222,71 |
| 393 | 281,40 | 271,18 | 261,97 | 253,64 | 246,06 | 239,15 | 232,74 | 226,89 |
| 395 | 286,63 | 276,20 | 266,83 | 258,37 | 250,66 | 243,59 | 237,10 | 231,09 |
| 397 | 291,86 | 281,23 | 271,68 | 263,06 | 255,23 | 247,98 | 241,41 | 235,29 |
| 399 | 297,10 | 286,29 | 276,58 | 267,75 | 259,79 | 252,46 | 245,72 | 239,52 |
| 401 | 302,33 | 291,36 | 281,48 | 272,52 | 264,40 | 256,94 | 250,08 | 243,76 |
| 403 | 307,60 | 296,43 | 286,38 | 277,29 | 269,00 | 261,42 | 254,43 | 248,01 |
| 405 | 312,92 | 301,53 | 291,28 | 282,02 | 273,61 | 265,90 | 258,83 | 262,27 |
| 407 | 318,62 | 306,64 | 296,22 | 286,84 | 278,26 | 270,43 | 263,22 | 256,54 |
| 409 | 323,51 | 311,75 | 301,20 | 291,61 | 282,90 | 274,95 | 267,62 | 260,83 |
| 411 | 328,87 | 316,90 | 306,14 | 296,43 | 287,59 | 279,47 | 272,02 | 265,13 |
| 413 | 334,23 | 322,05 | 311,12 | 301,24 | 292,28 | 284,03 | 276,45 | 269,44 |
| 415 | 339,59 | 327,20 | 316,16 | 306,10 | 296,97 | 288,55 | 280,89 | 273,78 |

Таблица А4 – Удельная теплоемкость воды (до ломаной жирной линии) и водяных паров (ниже ломаной жирной линии), кДж/(кг · К)

| t °C | Давление, МПа | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 20 |
| 0 | 4,2119 | 4,2119 | 4,212 | 4,208 | 4,208 | 4,208 | 4,202 | 4,204 | 4,195 (10МПа) |
| 20 | 4,1809 | 4,1805 | 4,178 | 4,178 | 4,178 | 4,174 | 4,174 | 4,170 | |
| 40 | 4,1772 | 4,1768 | 4,174 | 4,174 | 4,170 | 4,170 | 4,166 | 4,162 | |
| 60 | 4,1901 | 4,1893 | 4,187 | 4,183 | 4,178 | 4,174 | 4,170 | 4,166 | |
| 80 | 4,2056 | 4,2048 | 4,204 | 4,199 | 4,195 | 4,191 | 4,187 | 4,183 | |
| 100 | 2,041 | 4,2274 | 4,224 | 4,220 | 4,216 | 4,212 | 4,208 | 4,204 | 4,157 |
| 120 | 2,012 | 2,117 | 4,254 | 4,250 | 4,245 | 4,241 | 4,237 | 4,233 | 4,103 |
| 140 | 1,986 | 2,067 | 4,296 | 4,287 | 4,279 | 4,275 | 4,271 | 4,266 | |
| 160 | 1,979 | 2,038 | 2,255 | 4,358 | 4,346 | 4,337 | 4,329 | 4,325 | |
| 180 | 1,969 | 2,020 | 2,184 | 2,546 | 4,424 | 4,408 | 4,400 | 4,396 | |
| 200 | 1,969 | 2,007 | 2,132 | 2,401 | 4,517 | 4,500 | 4,488 | 4,484 | |
| 220 | 1,969 | 2,002 | 2,089 | 2,297 | 2,877 | 4,625 | 4,609 | 4,592 | |
| 240 | 1,976 | 2,002 | 2,080 | 2,234 | 2,655 | 3,236 | 4,751 | 4,738 | |
| 260 | 1,984 | 2,006 | 2,075 | 2,191 | 2,494 | 2,904 | 3,471 | 4,944 | |
| 280 | 1,993 | 2,015 | 2,070 | 2,164 | 2,389 | 2,680 | 3,073 | 3,628 | |
| 300 | 2,005 | 2,023 | 2,066 | 2,151 | 2,327 | 2,544 | 2,822 | 3,201 | |
| 320 | 2,013 | 2,030 | 2,069 | 2,138 | 2,290 | 2,492 | 2,666 | 2,926 | |
| 340 | 2,026 | 2,039 | 2,073 | 2,133 | 2,257 | 2,383 | 2,547 | 2,730 | |
| 360 | 2,039 | 2,047 | 2,079 | 2,129 | 2,236 | 2,343 | 2,469 | 2,609 | |
| 380 | 2,052 | 2,060 | 2,086 | 2,125 | 2,218 | 2,313 | 2,411 | 2,523 | |
| 400 | 2,060 | 2,068 | 2,090 | 2,120 | 2,193 | 2,274 | 2,364 | 2,458 | |
| 420 | 2,072 | 2,081 | 2,099 | 2,128 | 2,189 | 2,256 | 2,340 | 2,411 | |
| 440 | 2,085 | 2,093 | 2,107 | 2,136 | 2,192 | 2,248 | 2,312 | 2,376 | |
| 460 | 2,098 | 2,102 | 2,119 | 2,145 | 2,192 | 2,243 | 2,298 | 2,354 | |
| 480 | 2,110 | 2,114 | 2,127 | 2,153 | 2,192 | 2,243 | 2,290 | 2,336 | |
| 500 | 2,127 | 2,131 | 2,139 | 2,161 | 2,196 | 2,238 | 2,281 | 2,323 | 2,202 |
| 550 | 2,160 | 2,160 | 2,181 | 2,181 | 2,207 | 2,238 | 2,272 | 2,306 | |

Таблица А5 – Энтальпия перегретого водяного пара, кДж/кг

| Давление, 0,1МПа | Температура, °С | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| 1 | 2676,6 | 2715,8 | 2754,7 | 2793,2 | 2833,0 | 2872,0 | 3074,0 | 3274,3 | 3484,1 |
| 2 | | 2711,6 | 2748,0 | 2787,5 | 2827,0 | 2867,5 | 3071,0 | 3273,5 | 3483,7 |
| 3 | | | 2739,5 | 2781,2 | 2822,2 | 2862,7 | 3068,0 | 3272,2 | 3483,3 |
| 4 | | | | 2775,5 | 2816,5 | 2857,7 | 3064,5 | 3271,0 | 3482,8 |
| 5 | | | | 2767,0 | 2810,5 | 2852,5 | 3061,0 | 3270,1 | 3482,5 |
| 6 | | | | | 2805,0 | 2844,2 | 3058,5 | 3268,5 | 3482,1 |
| 7 | | | | | 2801,2 | 2841,5 | 3056,0 | 3267,2 | 3481,4 |
| 8 | | | | | 2792,2 | 2838,2 | 3053,5 | 3265,9 | 3480,7 |
| 9 | | | | | 2785,5 | 2832,5 | 3051,0 | 3264,6 | 3479,9 |
| 10 | | | | | 2778,0 | 2827,0 | 3048,5 | 3263,2 | 3479,1 |
| 20 | | | | | | | 3022,0 | 3250,0 | 3471,7 |
| 30 | | | | | | | 2990,5 | 3234,5 | 3465,0 |
| 40 | | | | | | | 2958,5 | 3218,0 | 3456,7 |
| 50 | | | | | | | 2926,0 | 3202,5 | 3448,5 |
| 100 | | | | | | | | 3113,0 | 3396,5 |

**Приложение Б**
(информационное)

Библиография

[1] Вукалович М.П. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара. Энергия, 1965 г.

[2] Варгафтик Н.Б. Справочник по физическим свойствам газов и жидкостей. Наука, 1972.

| УДК | Т | ОКСТУ |
|---|---|---|

Ключевые слова: норма, норматив, подготовка нефти, подготовленная нефть, топливо.

gost.e-ecolog.ru