

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

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

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

РД 153-39.0-1.07-01

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 подогревателей.

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 1 т 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

$$N_{kiv} = \frac{\theta_{kiv}}{U_n \cdot \eta_v} \cdot 10^{-3}, \quad \text{т/т}, \quad (1)$$

- где N_{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;
- θ_{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_n – 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;
- η_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:

$$\theta_{kiv} = (E_{kiv \text{ э}2} - E_{kiv \text{ э}1}) \cdot 10^3 = (1 - b_{kiv}) \cdot (E_{kiv \text{ н}2} - E_{kiv \text{ н}1}) \cdot 10^3 + b_{kiv} \cdot (E_{kiv \text{ в}2} - E_{kiv \text{ в}1}) \cdot 10^3, \text{ кДж/т}, \quad (2)$$

- где θ_{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;
- $E_{kiv \text{ э}1}$,
 $E_{kiv \text{ э}2}$ – 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);
- $E_{kiv \text{ н}1}$,
 $E_{kiv \text{ н}2}$ – энтальпия нефти при среднегодовой температуре до и после v -го нагревателя i -го цеха k -го предприятия акционерного общества, кДж/кг;
- $E_{kiv \text{ в}1}$,
 $E_{kiv \text{ в}2}$ – 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:

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

- где $T_{\text{ср}}$ – 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:

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

- где $Q_{kiv\ n}$ – 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, $\text{м}^3/\text{год}$;
- $\rho_{kiv\ t\ n}$ – плотность нефти, поступающей в v -й нагреватель i -го цеха k -го предприятия акционерного общества, при температуре t °С, $\text{т}/\text{м}^3$;
- δ_{kiv} – обводненность (объемная доля воды) эмульсии, поступающей в v -й нагреватель i -го цеха k -го предприятия акционерного общества, доля.

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

- 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, $\text{м}^3/\text{год}$;
- $\rho_{kiv\ t\ в}$ – плотность воды, поступающей в v -й нагреватель i -го цеха k -го предприятия акционерного общества, при температуре t °С, $\text{т}/\text{м}^3$;
- δ_{kiv} – обводненность (объемная доля воды) эмульсии, поступающей в v -й нагреватель i -го цеха k -го предприятия акционерного общества, доля.

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

- где ρ_{nt} – плотность нефти при температуре t , т/м³;
 ρ_4^{20} – плотность нефти при стандартных условиях, т/м³;
 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:

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

- где $\rho_{15,6}^{15,6}$ – относительная плотность нефти при температуре 15,6°С;
 ρ_4^{20} – плотность нефти при стандартных условиях, т/м³;
 a – температурная поправка для расчета плотности нефти;
 $\rho_{15,6B}$ – плотность воды при температуре 15,6°С, т/м³;

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

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

$$E_B = (273,15 + t_B) \cdot C_p, \quad \text{кДж/кг}, \quad (8)$$

- где E_B – энтальпия воды, кДж/кг;
 t_B – температура воды, °С;
 C_p – 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

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

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

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

- 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

$$N_k = \frac{\sum_{i=1}^n N_{ki} \cdot Q_{э ki}}{\sum_{i=1}^n Q_{э ki}}, \quad \text{т/т}, \quad (11)$$

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

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

- 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

$$N = \frac{\sum_{k=1}^e N_k \cdot Q_{э k}}{\sum_{k=1}^e Q_{э k}}, \quad \text{т/т}, \quad (13)$$

- где N – норма расхода нефти в качестве топлива при сборе и подготовке нефти по акционерному обществу, т/т;
- N_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

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

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

$$Q_k = N_k \cdot Q_{э k}, \quad \text{т/год}, \quad (15)$$

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

$$Q = N \cdot Q_{э}, \quad \text{т/год}, \quad (16)$$

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

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

- 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

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

- 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

ρ_4^{20} , кг/м ³	а	ρ_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

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$
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

Т _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
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

Т _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 °С	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

Давле- ние, 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.
