ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 8.610— 2004

Государственная система обеспечения единства измерений

ПЛОТНОСТЬ НЕФТИ

Таблицы пересчета

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2006

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Задачи, основные принципы и правила проведения работ по государственной стандартизации в Российской Федерации установлены ГОСТ Р 1.0—92 «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Основные положения» и ГОСТ Р 1.2—92 «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок разработки государственных стандартов»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Государственным научным метрологическим центром Федеральным государственным унитарным предприятием Всероссийским научно-исследовательским институтом метрологии им. Д.И. Менделеева (ГНМЦ ФГУП ВНИИМ им. Д.И. Менделеева), Закрытым акционерным обществом «Каспийский трубопроводный консорциум-Р», Открытым акционерным обществом «Инфракрасные микроволновые системы», Обществом с ограниченной ответственностью «Технологические системы»

2 ВНЕСЕН Управлением метрологии и надзора Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 декабря 2004 г. № 130-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом положений международного стандарта ASTM D 1250 «Стандартное руководство по расчетным таблицам нефти и нефтепродуктов»

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Январь 2006 г.

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в указателе «Национальные стандарты», а текст изменений — в информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в информационном указателе «Национальные стандарты»

© ИПК Издательство стандартов, 2005
© Стандартинформ, 2006

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Обозначения 1
4 Методы расчета значений плотности нефти 2
5 Таблицы пересчета значений плотности нефти 3
Приложение А (справочное) Примеры применения таблиц пересчета значений плотности нефти . 4
Библиография 12

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

ПЛОТНОСТЬ НЕФТИ

Таблицы пересчета

State system for ensuring the uniformity of measurements.
Density of oil. The tables for recalculation

Дата введения — 2005—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт приводит сведения о таблицах пересчета значений плотности нефти в зависимости от значений температуры и давления (далее — таблицы), содержащихся в рекомендации [1]. и примеры применения этих таблиц.

Таблицы предназначены для приведения плотности нефти к задаваемым температуре, в частности к температуре 15 ° и 20 °С, и давлению.

Таблицы следует использовать при учетно-расчетных товарно-коммерческих операциях с нефтью, подготовленной к транспортированию по магистральным нефтепроводам, наливным транспортом для переработки и (или) поставки на экспорт.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 28947—91 (ИСО 1768—75) Ареометры стеклянные. Стандартное значение коэффициента объемного термического расширения (для использования при подготовке поправочных таблиц для жидкостей)

ГОСТ Р 8.599—2003 Государственная система обеспечения единства измерений. Плотность и объем нефти. Таблицы коэффициентов пересчета плотности и массы

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов по указателю «Национальные стандарты», составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяют в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Обозначения

В настоящем стандарте использованы следующие обозначения:

t — температура нефти, °С;

P — избыточное давление, МПа;

ρ_{15} — плотность нефти при температуре 15 °С и избыточном давлении P, равном нулю, кг/м^3;

ρ_{20} — плотность нефти при температуре 20 °С и избыточном давлении P, равном нулю, кг/м^3;

ρ_{tP} — плотность нефти при температуре t и избыточном давлении P, кг/м^3;

$\rho_{t_1 P_1}$ — плотность нефти при температуре t_1 и избыточном давлении P_1, кг/м^3;

$\rho_{t_2 P_2}$ — плотность нефти при температуре t_2 и избыточном давлении P_2, кг/м^3;

Издание официальное

ρ_t — плотность нефти при температуре t и избыточном давлении P, равном нулю, кг/м^3;

$\rho_{ат}$ — показание ареометра при температуре t, кг/м^3;

α_{15} — коэффициент объемного расширения нефти при температуре 15 °С, °С$^{-1}$;

α_t — коэффициент объемного расширения нефти при температуре t, °С$^{-1}$;

γ_t — коэффициент сжимаемости нефти при температуре t, МПа$^{-1}$;

K_t — поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры на плотность нефти;

K_P — поправочный коэффициент, учитывающий влияние давления на плотность нефти;

$K_{ар}$ — поправочный коэффициент на расширение стекла ареометра.

4 Методы расчета значений плотности нефти

4.1 Значение плотности нефти выражают через значение плотности при температуре 15 °С при избыточном давлении, равном нулю, формулой

$$\rho_{tP} = \rho_{15} K_t K_P, \tag{1}$$

где K_t — поправочный коэффициент, рассчитываемый по формуле

$$K_t = \exp\{-\alpha_{15}(t-15)[1+0{,}8\,\alpha_{15}(t-15)]\}; \tag{2}$$

K_P — поправочный коэффициент, рассчитываемый по формуле

$$K_P = \frac{1}{1-\gamma_t P 10^{-3}}. \tag{3}$$

4.2 Значение плотности нефти, приведенное к температуре 20 °С, вычисляют по формуле

$$\rho_{20} = \rho_{15} \exp\{-\alpha_{15}(20-15)[1+0{,}8\,\alpha_{15}(20-15)]\}. \tag{4}$$

4.3 Коэффициент объемного расширения нефти при температуре 15 °С и температуре t, °С$^{-1}$, рассчитывают по формулам:

$$\alpha_{15} = \frac{K_0 + K_1 \rho_{15}}{\rho_{15}^2}; \tag{5}$$

$$\alpha_t = \alpha_{15} + 1{,}6\,\alpha_{15}^2 (t-15), \tag{6}$$

где K_0 = 613,97226;

K_1 = 0.

4.4 Коэффициент сжимаемости нефти при температуре 15 °С, МПа$^{-1}$, рассчитывают по формуле

$$\gamma_t = 10^{-3} \exp\left(-1{,}62080 + 0{,}00021592\,t + \frac{0{,}87096 \cdot 10^6}{\rho_{15}^2} + \frac{4{,}2092\,t \cdot 10^3}{\rho_{15}^2}\right). \tag{7}$$

4.5 По значениям плотности нефти ρ_{tP}, температуры t и давления P рассчитывают плотность ρ_{15} по формуле (1) с подстановкой в него значений, рассчитанных по формулам (2)—(7) методом последовательных приближений.

Допустимо при перерасчете плотности нефти (далее — плотность) от одних условий к другим при разности температур t_1 и t_2 не более 5 °С и разности давлений P_1 и P_2 не более 5 МПа применять формулу

$$\rho_{t_2 P_2} = \frac{\rho_{t_1 P_1}}{[1+\alpha_{t_1}(t_2-t_1)][1+\gamma_{t_1}(P_1-P_2)]}. \tag{8}$$

4.6 При измерениях плотности ареометром показания ареометра ρ_t корректируют путем введения коэффициента температурного расширения K стекла, из которого изготовлен ареометр:

$$\rho_t = \rho_t / K, \quad (9)$$

где по ГОСТ 28947[1)]

$$K = 1 - 0{,}000025\ (t - 20) \text{ (если ареометр градуирован при температуре 20 °С);} \quad (10)$$

$$K = 1 - 0{,}000025\ (t - 15) \text{ (если ареометр градуирован при температуре 15 °С).} \quad (11)$$

При введении K в формулу (1) подставляют значение плотности, пересчитанное из показаний ареометра с учетом формулы (10) или (11):

$$\rho_t = \rho_t K. \quad (12)$$

4.7 Приведенные методы расчета соответствуют [2].

5 Таблицы пересчета значений плотности нефти

5.1 Таблицы пересчета значений плотности нефти, приведенные в [1], приложение В, следующие:

- В.1 — таблица коэффициентов объемного расширения нефти;
- В.2 — таблица коэффициентов сжимаемости нефти;
- В.3 — таблица перевода показаний ареометра в кг/м^3, градуированного на 20 °С, при температуре нефти t °С в плотность при температуре 20 °С;
- В.4 — таблица перевода показаний ареометра в кг/м^3, градуированного на 20 °С, при температуре нефти t °С в плотность при температуре 15 °С;
- В.5 — таблица перевода показаний ареометра в кг/м^3, градуированного на 15 °С, при температуре нефти t °С в плотность при температуре 20 °С;
- В.6 — таблица перевода показаний ареометра в кг/м^3, градуированного на 15 °С, при температуре нефти t °С в плотность при температуре 15 °С;
- В.7 — таблица перевода плотности нефти в кг/м^3 при температуре 20 °С в плотность при температуре t °С (без учета поправки на расширение стекла);
- В.8 — таблица перевода плотности нефти в кг/м^3 при температуре 15 °С в плотность при температуре t °С (без учета поправки на расширение стекла);
- В.9 — таблица перевода плотности нефти в кг/м^3 при температуре t °С в плотность при температуре 20 °С (без учета поправки на расширение стекла);
- В.10 — таблица перевода плотности нефти в кг/м^3 при температуре t °С в плотность при температуре 15 °С (без учета поправки на расширение стекла).

Расчет данных, приведенных в таблицах (далее — расчет таблиц), соответствует расчету по формулам (1)—(12) настоящего стандарта.

5.2 Таблицы предназначены для обработки данных при измерениях плотности нефти ареометром или плотномером, приведении плотности к стандартным условиям по ГОСТ Р 8.599, а также к условиям (температура, давление), задаваемым пользователем.

5.3 Диапазоны значений величин в таблицах В.1 — В.10 [1]:

- для плотности: 760 . . . 914 кг/м^3;
- для температуры: 0 °С . . . 100 °С.

Дискретность значений величин в таблицах:

В.1 — В.2 [1]:

- для температуры: 5,0 °С,
- для плотности: 5,0 кг/м^3;

[1)] В таблицах Американского нефтяного института API [2] зависимость расширения стекла ареометра от температуры представлена в виде

$$K = 1 - 0{,}000023\ (t - 15) - 0{,}00000002\ (t - 15)^2.$$

Различия в моделях представления температурного расширения стекла приводят к различиям в расчете плотности нефти по показаниям ареометров. Максимальные различия составляют около 0,05 кг/м^3 при температуре испытаний 60 °С . . . 70 °С.

В.3 — В.10 [1]:

- для температуры: 0,2 °С,
- для плотности: 1,0 кг/м^3.

5.4 Программа, по которой проведен расчет таблиц, аттестована ГНМЦ ФГУП ВНИИМ им. Д.И. Менделеева в соответствии с [3].

5.5 Абсолютная погрешность расчета табличных значений плотности нефти не более 0,01 кг/м^3.

Относительная погрешность расчета табличных значений коэффициентов объемного расширения и коэффициентов сжимаемости не более 0,01 %.

5.6 Таблицы пересчета значений плотности нефти от температуры 20 °С к температуре 15 °С приведены в ГОСТ Р 8.599.

5.7 Примеры применения таблиц приведены в приложении А.

Приложение А
(справочное)

Примеры применения таблиц пересчета значений плотности нефти

А.1 Значения коэффициентов объемного расширения и коэффициентов сжимаемости нефти определяют из таблиц В.1 и В.2 [1]. По значениям плотности и температуры, которые попадают в соответствующие диапазоны (в настоящем стандарте выделены полужирными линиями), определяют значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости.

Пример — Определяют для нефти, имеющей плотность 827,3 кг/м^3 при температуре 28,5 °С, значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости.

Значение плотности 827,3 кг/м^3 попадает в диапазон 825 . . . 829,99 кг/м^3, значение температуры 28,5 °С — в диапазон 25,0 °С . . . 29,99 °С. Из таблиц В.1 и В.2 [1] (рисунки А.1 и А.2) определяют значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости. Они равны соответственно $0{,}892 \cdot 10^{-3}$ °С$^{-1}$ и $0{,}810 \cdot 10^{-3}$ МПа$^{-1}$.

Приложение В Таблица В.1

Таблица значений коэффициентов объемного расширения нефти $\times 10^3$, °С$^{-1}$

Плотность, кг/м^3	Температура нефти, °С											
	0,00 — 4,99	5,00 — 9,99	10,00 — 14,99	15,00 — 19,99	20,00 — 24,99	25,00 — 29,99	30,00 — 34,99	35,00 — 39,99	40,00 — 44,99	45,00 — 49,99	50,00 — 54,99	55,00 — 59,99
815,00 — 819,99	0,923	0,921	0,920	0,918	0,916	0,914	0,912	0,910	0,908	0,906	0,904	0,902
820,00 — 824,99	0,911	0,910	0,908	0,907	0,905	0,903	0,901	0,899	0,898	0,896	0,893	0,891
825,00 — 829,99	0,900	0,899	0,897	0,896	0,894	0,892	0,891	0,889	0,887	0,885	0,883	0,881
830,00 — 834,99	0,890	0,888	0,887	0,885	0,883	0,882	0,880	0,878	0,876	0,874	0,873	0,871
835,00 — 839,99	0,879	0,878	0,876	0,875	0,873	0,871	0,870	0,868	0,866	0,864	0,862	0,860

Рисунок А.1 — Фрагмент таблицы В.1 [1]

Приложение В Таблица В.2

Таблица значений коэффициентов сжимаемости нефти × 10^3, $МПа^{-1}$

Плотность, $кг/м^3$	Температура нефти, °С											
	0,00 — 4,99	5,00 — 9,99	10,00 — 14,99	15,00 — 19,99	20,00 — 24,99	25,00 — 29,99	30,00 — 34,99	35,00 — 39,99	40,00 — 44,99	45,00 — 49,99	50,00 — 54,99	55,00 — 59,99
815,00 — 819,99	0,767	0,781	0,795	0,810	0,824	0,838	0,852	0,866	0,880	0,894	0,908	0,922
820,00 — 824,99	0,754	0,768	0,782	0,796	0,810	0,824	0,838	0,852	0,865	0,879	0,892	0,906
825,00 — 829,99	0,742	0,755	0,769	0,783	0,797	0,810	0,824	0,837	0,851	0,864	0,877	0,890
830,00 — 834,99	0,730	0,743	0,757	0,770	0,784	0,797	0,810	0,823	0,837	0,850	0,863	0,876
835,00 — 839,99	0,718	0,732	0,745	0,758	0,771	0,784	0,797	0,810	0,823	0,836	0,849	0,861

Рисунок А.2 — Фрагмент таблицы В.2 [1]

А.2 Пересчет плотности нефти в зависимости от температуры при различных методах испытаний осуществляют с помощью таблиц В.3 — В.10 [1].

Для пересчета плотности нефти выполняют следующие общие процедуры:

Шаг 1. Округляют значение температуры до большего значения, кратного 0,2 °С, указанного в графе «*t*, °С».

Шаг 2. Округляют значение плотности (показание ареометра) до ближайшего целого значения в $кг/м^3$, указанного в головке таблицы.

Шаг 3. Рассчитывают разность между округленным и измеренным (известным) значениями плотности.

Шаг 4. По таблицам В.3 — В.10 [1] находят искомое значение плотности нефти при температуре 20 °С, соответствующее округленным значениям температуры и плотности.

Шаг 5. В случае, если значение температуры округлено до большего значения, из значения плотности, полученного из таблицы, вычитают 0,1 $кг/м^3$ (для таблиц В.3 — В.6 и В.9 — В.10 [1]) или к нему прибавляют 0,1 $кг/м^3$ (для таблиц В.7 — В.8 [1]).

Шаг 6. В зависимости от того, насколько округлено значение плотности в большую или меньшую сторону, настолько соответственно уменьшают или увеличивают значение плотности.

Если исходное округление значения плотности до ближайшего целого значения (по шагу 2) проведено в большую сторону, то на это же значение уменьшают значение расчетной плотности.

Если исходное округление значения плотности до ближайшего целого значения (по шагу 2) проведено в меньшую сторону, то на это же значение увеличивают значение расчетной плотности.

Примеры

1 Проведены измерения плотности нефти ареометром, градуированным при температуре 20 °С. Температура нефти: 27,5 °С, показание ареометра: 822,7 $кг/м^3$. Определяют значение плотности при температуре 20 °С.

Процедура получения значения плотности при температуре 20 °С следующая:

Шаг 1. Округляют значение температуры до значения, кратного 0,2, в большую сторону: 27,6 °С.

Шаг 2. Округляют значение показания ареометра до ближайшего целого значения: 823 $кг/м^3$.

Шаг 3. Рассчитывают разность между округленным и измеренным значениями показаний ареометра:

823 — 822,7 = 0,3 $кг/м^3$.

Шаг 4. По таблице В.3 [1] (рисунок А.3) находят значение плотности при температуре 20 °С, соответствующее значению температуры 27,6 °С: 828,5 $кг/м^3$.

Шаг 5. Так как значение температуры округлено в сторону увеличения, из значения плотности 828,5 $кг/м^3$ вычитают 0,1 $кг/м^3$. В результате получают 828,4 $кг/м^3$.

Приложение В Таблица В.3

Таблица перевода показаний ареометра в кг/м^3, отградуированного на 20 °С, при испытании нефти при температуре t °С в плотность при 20 °С

t, °С	815,0	816,0	817,0	818,0	819,0	820,0	821,0	822,0	823,0	824,0	825,0	826,0	827,0	828,0	829,0	830,0	831,0	832,0
26,6	819,8	820,8	821,8	822,8	823,8	824,8	825,8	826,8	827,8	828,8	829,7	830,7	831,7	832,7	833,7	834,7	835,7	836,7
26,8	820,0	820,9	821,9	822,9	823,9	824,9	825,9	826,9	827,9	828,9	829,9	830,9	831,9	832,9	833,9	834,9	835,9	836,8
27,0	820,1	821,1	822,1	823,1	824,1	825,1	826,1	827,1	828,0	829,0	830,0	831,0	832,0	833,0	834,0	835,0	836,0	837,0
27,2	820,2	821,2	822,2	823,2	824,2	825,2	826,2	827,2	828,2	829,2	830,2	831,2	832,2	833,2	834,2	835,1	836,1	837,1
27,4	820,4	821,4	822,4	823,4	824,4	825,4	826,3	827,3	828,3	829,3	830,3	831,3	832,3	833,3	834,3	835,3	836,3	837,3
27,6	820,5	821,5	822,5	823,5	824,5	825,5	826,5	827,5	828,5	829,5	830,5	831,5	832,4	833,4	834,4	835,4	836,4	837,4
27,8	820,7	821,7	822,7	823,7	824,6	825,6	826,6	827,6	828,6	829,6	830,6	831,6	832,6	833,6	834,6	835,6	836,6	837,6
28,0	820,8	821,8	822,8	823,8	824,8	825,8	826,8	827,8	828,8	829,8	830,7	831,7	832,7	833,7	834,7	835,7	836,7	837,7
28,2	821,0	822,0	823,0	823,9	824,9	825,9	826,9	827,9	828,9	829,9	830,9	831,9	832,9	833,9	834,9	835,9	836,8	837,8
28,4	821,1	822,1	823,1	824,1	825,1	826,1	827,1	828,1	829,0	830,0	831,0	832,0	833,0	834,0	835,0	836,0	837,0	838,0

Рисунок А.3 — Фрагмент таблицы В.3 [1]

Шаг 6. Так как значение плотности округлено в большую сторону на 0,3 кг/м^3, на эту же величину уменьшают значение плотности 828,4 кг/м^3.

Искомое значение плотности при температуре 20 °С: 828,1 кг/м^3.

2 Проведены измерения плотности нефти ареометром, градуированным при температуре 20 °С. Температура нефти: 32,2 °С, показание ареометра: 806,3 кг/м^3. Определяют значение плотности при температуре 15 °С.

Процедура получения значения плотности при температуре 15 °С следующая:

Шаг 1. Округляют значение показания ареометра до ближайшего целого значения: 806 кг/м^3.

Шаг 2. Рассчитывают разность между округленным и измеренным значениями показаний ареометра: 806 — 806,3 = —0,3 кг/м^3.

Шаг 3. По таблице В.4 [1] (рисунок А.4) находят значение плотности при температуре 15 °С, соответствующее значению температуры 32,2 °С и значению плотности 807 кг/м^3: 818,7 кг/м^3.

Приложение В Таблица В.4

Таблица перевода показаний ареометра в кг/м^3, отградуированного на 20 °С, при испытании нефти при температуре t °С в плотность при 15 °С

t, °С	796,0	797,0	798,0	799,0	800,0	801,0	802,0	803,0	804,0	805,0	806,0	807,0	808,0	809,0	810,0	811,0	812,0	813,0
31,2	808,1	809,1	810,1	811,1	812,1	813,1	814,0	815,0	816,0	817,0	818,0	819,0	820,0	820,9	821,9	822,9	823,9	824,9
31,4	808,3	809,3	810,3	811,2	812,2	813,2	814,2	815,2	816,2	817,1	818,1	819,1	820,1	821,1	822,1	823,1	824,0	825,0
31,6	808,4	809,4	810,4	811,4	812,4	813,4	814,3	815,3	816,3	817,3	818,3	819,3	820,2	821,2	822,2	823,2	824,2	825,2
31,8	808,6	809,6	810,5	811,5	812,5	813,5	814,5	815,5	816,5	817,4	818,4	819,4	820,4	821,4	822,4	823,3	824,3	825,3
32,0	808,7	809,7	810,7	811,7	812,7	813,6	814,6	815,6	816,6	817,6	818,6	819,6	820,5	821,5	822,5	823,5	824,5	825,5
32,2	808,9	809,9	810,8	811,8	812,8	813,8	814,8	815,8	816,7	817,7	818,7	819,7	820,7	821,7	822,6	823,6	824,6	825,6
32,4	809,0	810,0	811,0	812,0	813,0	813,9	814,9	815,9	816,9	817,9	818,9	819,8	820,8	821,8	822,8	823,8	824,8	825,7
32,6	809,2	810,2	811,1	812,1	813,1	814,1	815,1	816,1	817,0	818,0	819,0	820,0	821,0	822,0	822,9	823,9	824,9	825,9
32,8	809,3	810,3	811,3	812,3	813,2	814,2	815,2	816,2	817,2	818,2	819,1	820,1	821,1	822,1	823,1	824,1	825,0	826,0
33,0	809,5	810,4	811,4	812,4	813,4	814,4	815,4	816,3	817,3	818,3	819,3	820,3	821,3	822,2	823,2	824,2	825,2	826,2

Рисунок А.4 — Фрагмент таблицы В.4 [1]

Шаг 4. Так как значение плотности округлено в меньшую сторону на 0,3 кг/м³, на это же значение увеличивают значение плотности 818,7 кг/м³.

Искомое значение плотности при температуре 15 °С: 819,0 кг/м³.

3 Проведены измерения плотности нефти ареометром, градуированным при температуре 15 °С. Температура нефти: 37,9 °С, показание ареометра: 843,6 кг/м³. Определяют значение плотности при температуре 20 °С.

Процедура получения значения плотности при температуре 20 °С следующая:

Шаг 1. Округляют значение температуры до значения, кратного 0,2, в большую сторону: 38,0 °С.

Шаг 2. Округляют значение показания ареометра до ближайшего целого значения: 844 кг/м³.

Шаг 3. Рассчитывают разность между округленным и измеренным значениями показаний ареометра:

844 — 843,6 = 0,4 кг/м³.

Шаг 4. По таблице В.5 [1] (рисунок А.5) для значения температуры 38,0 °С и значения плотности 844 кг/м³ находят значение плотности: 856,5 кг/м³.

Приложение В Таблица В.5

Таблица перевода показаний ареометра в кг/м³, отградуированного на 15 °С, при испытании нефти при температуре *t* °С в плотность при 20 °С

t, °С	834,0	835,0	836,0	837,0	838,0	839,0	840,0	841,0	842,0	843,0	844,0	845,0	846,0	847,0	848,0	849,0	850,0	851,0
37,2	846,0	847,0	848,0	849,0	850,0	851,0	852,0	852,9	853,9	854,9	855,9	856,9	857,9	858,9	859,8	860,8	861,8	862,8
37,4	846,2	847,2	848,2	849,1	850,1	851,1	852,1	853,1	854,1	855,1	856,0	857,0	858,0	859,0	860,0	861,0	861,9	862,9
37,6	846,3	847,3	848,3	849,3	850,3	851,3	852,2	853,2	854,2	855,2	856,2	857,2	858,1	859,1	860,1	861,1	862,1	863,1
37,8	846,5	847,5	848,4	849,4	850,4	851,4	852,4	853,4	854,3	855,3	856,3	857,3	858,3	859,3	860,3	861,2	862,2	863,2
38,0	846,6	847,6	848,6	849,6	850,5	851,5	852,5	853,5	854,5	855,5	856,5	857,4	858,4	859,4	860,4	861,4	862,4	863,3
38,2	846,7	847,7	848,7	849,7	850,7	851,7	852,7	853,6	854,6	855,6	856,6	857,6	858,6	859,5	860,5	861,5	862,5	863,5
38,4	846,9	847,9	848,9	849,8	850,8	851,8	852,8	853,8	854,8	855,7	856,7	857,7	858,7	859,7	860,7	861,6	862,6	863,6
38,6	847,0	848,0	849,0	850,0	851,0	851,9	852,9	853,9	854,9	855,9	856,9	857,8	858,8	859,8	860,8	861,8	862,8	863,8
38,8	847,2	848,1	849,1	850,1	851,1	852,1	853,1	854,1	855,0	856,0	857,0	858,0	859,0	860,0	860,9	861,9	862,9	863,9
39,0	847,3	848,3	849,3	850,3	851,2	852,2	853,2	854,2	855,2	856,2	857,1	858,1	859,1	860,1	861,1	862,1	863,0	864,0

Рисунок А.5 — Фрагмент таблицы В.5 [1]

Шаг 5. Так как значение температуры округлено в большую сторону, из значения плотности 856,5 кг/м³ вычитают 0,1 кг/м³. В результате получают 856,4 кг/м³.

Шаг 6. Так как значение плотности округлено в большую сторону на 0,4 кг/м³, на это же значение уменьшают значение плотности 856,4 кг/м³.

Искомое значение плотности при температуре 20 °С: 856,0 кг/м³.

4 Проведены измерения плотности нефти ареометром, градуированным при температуре 15 °С. Температура нефти: 32,0 °С, показание ареометра: 856,2 кг/м³. Определяют значение плотности при температуре 15 °С.

Процедура получения значения плотности при температуре 15 °С следующая:

Шаг 1. Округляют значение показания ареометра до ближайшего целого значения: 856 кг/м³.

Шаг 2. Рассчитывают разность между округленным и измеренным значениями показаний ареометра:

856 — 856,2 = — 0,2 кг/м³.

Шаг 3. По таблице В.6 (рисунок А.6) для значения температуры 32 °С и значения плотности 856 кг/м³ находят значение плотности нефти: 867,7 кг/м³.

Приложение В Таблица В.6

Таблица перевода показаний ареометра в кг/м^3, отградуированного на 15 °С, при испытании нефти при температуре t °С в плотность при 15 °С

t, °С	847,0	848,0	849,0	850,0	851,0	852,0	853,0	854,0	855,0	856,0	857,0	858,0	859,0	860,0	861,0	862,0	863,0	864,0
31,2	858,3	859,3	860,3	861,2	862,2	863,2	864,2	865,2	866,2	867,2	868,2	869,1	870,1	871,1	872,1	873,1	874,1	875,1
31,4	858,4	859,4	860,4	861,4	862,4	863,4	864,3	865,3	866,3	867,3	868,3	869,3	870,3	871,2	872,2	873,2	874,2	875,2
31,6	858,6	859,6	860,5	861,5	862,5	863,5	864,5	865,5	866,5	867,4	868,4	869,4	870,4	871,4	872,4	873,4	874,3	875,3
31,8	858,7	859,7	860,7	861,7	862,6	863,6	864,6	865,6	866,6	867,6	868,6	869,5	870,5	871,5	872,5	873,5	874,5	875,5
32,0	858,8	859,8	860,8	861,8	862,8	863,8	864,8	865,7	866,7	867,7	868,7	869,7	870,7	871,7	872,6	873,6	874,6	875,6
32,2	859,0	860,0	861,0	861,9	862,9	863,9	864,9	865,9	866,9	867,9	868,8	869,8	870,8	871,8	872,8	873,8	874,7	875,7
32,4	859,1	860,1	861,1	862,1	863,1	864,0	865,0	866,0	867,0	868,0	869,0	870,0	870,9	871,9	872,9	873,9	874,9	875,9
32,6	859,3	860,2	861,2	862,2	863,2	864,2	865,2	866,2	867,1	868,1	869,1	870,1	871,1	872,1	873,0	874,0	875,0	876,0
32,8	859,4	860,4	861,4	862,3	863,3	864,3	865,3	866,3	867,3	868,3	869,2	870,2	871,2	872,2	873,2	874,2	875,2	876,1
33,0	859,5	860,5	861,5	862,5	863,5	864,5	865,4	866,4	867,4	868,4	869,4	870,4	871,4	872,3	873,3	674,3	875,3	876,3

Рисунок А.6 — Фрагмент таблицы В.6 [1]

Шаг 4. Так как значение плотности округлено в меньшую сторону на 0,2 кг/м^3, на это же значение увеличивают значение плотности 867,7 кг/м^3.

Искомое значение плотности при температуре 15 °С: 867,9 кг/м^3.

5 Плотность нефти при стандартных условиях (температура 20 °С, избыточное давление равно нулю) составляет 828,7 кг/м^3. Определяют значение плотности при температуре 7,4 °С.

Процедура получения значения плотности следующая:

Шаг 1. Округляют значение плотности до ближайшего целого значения: 829 кг/м^3.

Шаг 2. Рассчитывают разность между округленным и известным значениями плотности: 829 — 828,7 = 0,3 кг/м^3.

Шаг 3. По таблице В.7 (рисунок А.7) для значения температуры 7,4 °С и значения плотности 829 кг/м^3 находят значение плотности: 838,3 кг/м^3.

Приложение В Таблица В.7

Таблица перевода плотности нефти в кг/м^3 при температуре 20 °С в плотность при температуре t °С (без учета поправки на расширение стекла)

t, °С	818,0	819,0	820,0	821,0	822,0	823,0	824,0	825,0	826,0	827,0	828,0	829,0	830,0	831,0	832,0	833,0	834,0	835,0
6,6	828,0	829,0	830,0	831,0	832,0	832,9	833,9	834,9	835,9	836,9	837,9	838,9	839,9	840,8	841,8	842,8	843,8	844,8
6,8	827,9	828,8	829,8	830,8	831,8	832,8	833,8	834,8	835,8	836,7	837,7	838,7	839,7	840,7	841,7	842,7	843,7	844,7
7,0	827,7	828,7	829,7	830,7	831,7	832,6	833,6	834,6	835,6	836,6	837,6	838,6	839,6	840,6	841,5	842,5	843,5	844,5
7,2	827,6	828,5	829,5	830,5	831,5	832,5	833,5	834,5	835,5	836,5	837,4	838,4	839,4	840,4	841,4	842,4	843,4	844,4
7,4	827,4	828,4	829,4	830,4	831,4	832,4	833,3	834,3	835,3	836,3	837,3	838,3	839,3	840,3	841,3	842,2	843,2	844,2
7,6	827,3	828,2	829,2	830,2	831,2	832,2	833,2	834,2	835,2	836,2	837,1	838,1	839,1	840,1	841,1	842,1	843,1	844,1
7,8	827,1	828,1	829,1	830,1	831,1	832,1	833,0	834,0	835,0	836,0	837,0	838,0	839,0	840,0	841,0	841,9	842,9	843,9
8,0	827,0	828,0	828,9	829,9	830,9	831,9	832,9	833,9	834,9	835,9	836,9	837,8	838,8	839,8	840,8	841,8	842,8	843,8
8,2	826,8	827,8	828,8	829,8	830,8	831,8	832,7	833,7	834,7	835,7	836,7	837,7	838,7	839,7	840,7	841,7	842,6	843,6
8,4	826,7	827,7	828,6	829,6	830,6	831,6	832,6	833,6	834,6	835,6	836,6	837,5	838,5	839,5	840,5	841,5	842,5	843,5

Рисунок А.7 — Фрагмент таблицы В.7 [1]

Шаг 4. Так как значение плотности округлено в большую сторону на 0,3 кг/м^3, на это же значение уменьшают значение плотности 838,3 кг/м^3.

Искомое значение плотности при температуре 7,4 °С: 838,0 кг/м^3.

6 Плотность нефти при стандартных условиях (температура 15 °С, избыточное давление равно нулю) составляет 842,3 кг/м^3. Определяют значение плотности нефти при температуре 22,7 °С.

Процедура получения значения плотности следующая:

Шаг 1. Округляют значение температуры до значения, кратного 0,2 °С: 22,8 °С.

Шаг 2. Округляют значение плотности до ближайшего целого значения: 842 кг/м^3.

Шаг 3. Рассчитывают разность между округленным и известным значениями плотности:
842 — 842,3 = — 0,3 кг/м^3.

Шаг 4. По таблице В.8 (рисунок А.8) для значения температуры 22,8 °С и значения плотности 842 кг/м^3 находят значение плотности: 836,3 кг/м^3.

Шаг 5. Так как значение температуры округлено в большую сторону, к значению плотности 836,3 кг/м^3 прибавляют 0,1 кг/м^3. В результате получают 836,4 кг/м^3.

Шаг 6. Так как значение плотности округлено в меньшую сторону на 0,3 кг/м^3, на это же значение увеличивают значение плотности 836,4 кг/м^3.

Искомое значение плотности при температуре 22,7 °С: 836,7 кг/м^3.

Приложение В — Таблица В.8

Таблица перевода плотности нефти в кг/м^3 при температуре 15 °С в плотность при температуре *t* °С
(без учета поправки на расширение стекла)

t, °С	835,0	836,0	837,0	838,0	839,0	840,0	841,0	842,0	843,0	844,0	845,0	846,0	847,0	848,0	849,0	850,0	851,0	852,0
21,8	830,0	831,0	832,0	833,0	834,0	835,0	836,0	837,0	838,0	839,0	840,1	841,1	842,1	843,1	844,1	845,1	846,1	847,1
22,0	829,8	830,8	831,9	832,9	833,9	834,9	835,9	836,9	837,9	838,9	839,9	840,9	841,9	842,9	843,9	844,9	845,9	846,9
22,2	829,7	830,7	831,7	832,7	833,7	834,7	835,7	836,7	837,7	838,8	839,8	840,8	841,8	842,8	843,8	844,8	845,8	846,8
22,4	829,5	830,6	831,6	832,6	833,6	834,6	835,6	836,6	837,6	838,6	839,6	840,6	841,6	842,6	843,6	844,6	845,7	846,7
22,6	829,4	830,4	831,4	832,4	833,4	834,4	835,4	836,4	837,5	838,5	839,5	840,5	841,5	842,5	843,5	844,5	845,5	846,5
22,8	829,3	830,3	831,3	832,3	833,3	834,3	835,3	836,3	837,3	838,3	839,3	840,3	841,3	842,3	843,3	844,4	845,4	846,4
23,0	829,1	830,1	831,1	832,1	833,1	834,1	835,1	836,2	837,2	838,2	839,2	840,2	841,2	842,2	843,2	844,2	845,2	846,2
23,2	829,0	830,0	831,0	832,0	833,0	834,0	835,0	836,0	837,0	838,0	839,0	840,0	841,0	842,1	843,1	844,1	845,1	846,1
23,4	828,8	829,8	830,8	831,8	832,8	833,8	834,9	835,9	836,9	837,9	838,9	839,9	840,9	841,9	842,9	843,9	844,9	845,9
23,6	828,7	829,7	830,7	831,7	832,7	833,7	834,7	835,7	836,7	837,7	838,7	839,7	840,8	841,8	842,8	843,8	844,8	845,8

Рисунок А.8 — Фрагмент таблицы В.8 [1]

7 Проведены измерения плотности нефти лабораторным плотномером при избыточном давлении, равном нулю. Температура нефти: 62,8 °С, показание плотномера: 796,7 кг/м^3. Определяют значение плотности нефти при стандартных условиях (температура 20 °С, избыточное давление равно нулю).

Процедура получения значения плотности следующая:

Шаг 1. Округляют значение показания плотномера до ближайшего целого значения: 797 кг/м^3.

Шаг 2. Рассчитывают разность между округленным и измеренным значениями плотности:
797 — 796,7 = 0,3 кг/м^3.

Шаг 3. По таблице В.9 (рисунок А.9) для значения температуры 62,8 °С и значения плотности 797 кг/м^3 находят значение плотности: 829,0 кг/м^3.

Приложение В — Таблица В.9

Таблица перевода плотности нефти в кг/м^3 при температуре *t* °С в плотность при 20 °С
(без учета поправки на расширение стекла)

t, °С	788,0	789,0	790,0	791,0	792,0	793,0	794,0	795,0	796,0	797,0	798,0	799,0	800,0	801,0	802,0	803,0	804,0	805,0
62,0	819,7	820,7	821,6	822,6	823,6	824,5	825,5	826,5	827,4	828,4	829,3	830,3	831,3	832,2	833,2	834,2	835,1	836,1
62,2	819,9	820,8	821,8	822,8	823,7	824,7	825,6	826,6	827,6	828,5	829,5	830,5	831,4	832,4	833,3	834,3	835,3	836,2
62,4	820,0	821,0	821,9	822,9	823,9	824,8	825,8	826,7	827,7	828,7	829,6	830,6	831,6	832,5	833,5	834,5	835,4	836,4
62,6	820,2	821,1	822,1	823,0	824,0	825,0	825,9	826,9	827,9	828,8	829,8	830,7	831,7	832,7	833,6	834,6	835,6	836,5
62,8	820,3	821,3	822,2	823,2	824,2	825,1	826,1	827,0	828,0	829,0	829,9	830,9	831,9	832,8	833,8	834,7	835,7	836,7
63,0	820,5	821,4	822,4	823,3	824,3	825,3	826,2	827,2	828,1	829,1	830,1	831,0	832,0	833,0	833,9	834,9	835,8	836,8
63,2	820,6	821,6	822,5	823,5	824,4	825,4	826,4	827,3	828,3	829,3	830,2	831,2	832,1	833,1	834,1	835,0	836,0	837,0
63,4	820,7	821,7	822,7	823,6	824,6	825,6	826,5	827,5	828,4	829,4	830,4	831,3	832,3	833,2	834,2	835,2	836,1	837,1
63,6	820,9	821,9	822,8	823,8	824,7	825,7	826,7	827,6	828,6	829,5	830,5	831,5	832,4	833,4	834,4	835,3	836,3	837,2
63,8	821,0	822,0	823,0	823,9	824,9	825,8	826,8	827,8	828,7	829,7	830,6	831,6	832,6	833,5	834,5	835,5	836,4	837,4

Рисунок А.9 — Фрагмент таблицы В.9 [1]

Шаг 4. Так как округление значения плотности проведено в большую сторону на 0,3 кг/м³, на это же значение уменьшают значение плотности 829,0 кг/м³.

Искомое значение плотности нефти при температуре 20 °С: 828 кг/м³.

8 Проведены измерения плотности нефти лабораторным плотномером при избыточном давлении, равном нулю. Температура нефти: 37,3 °С, показание плотномера: 856,2 кг/м³.

Определяют значение плотности при стандартных условиях (температура 15 °С, избыточное давление равно нулю).

Процедура получения значения плотности следующая:

Шаг 1. Округляют значение температуры нефти до значения, кратного 0,2 °С: 37,4 °С.

Шаг 2. Округляют значение показания плотномера до ближайшего целого значения: 856 кг/м³.

Шаг 3. Рассчитывают разность между округленным и измеренным значениями плотности: 856 — 856,2 = — 0,2 кг/м³.

Шаг 4. По таблице В.10 (рисунок А.10) для значения температуры 37,4 °С и значения плотности 856 кг/м³ находят значение плотности нефти: 871,9 кг/м³.

Приложение В Таблица В.10

Таблица перевода плотности нефти в кг/м³ при температуре t °С в плотность при 15 °С (без учета поправки на расширение стекла)

t, °С	845,0	846,0	847,0	848,0	849,0	850,0	851,0	852,0	853,0	854,0	855,0	856,0	857,0	858,0	859,0	860,0	861,0	862,0
36,4	860,4	861,3	862,3	863,3	864,3	865,3	866,2	867,2	868,2	869,2	870,2	871,2	872,1	873,1	874,1	875,1	876,1	877,1
36,6	860,5	861,5	862,5	863,4	864,4	865,4	866,4	867,4	868,4	869,3	870,3	871,3	872,3	873,3	874,2	875,2	876,2	877,2
36,8	860,6	861,6	862,6	863,6	864,6	865,5	866,5	867,5	868,5	869,5	870,5	871,4	872,4	873,4	874,4	875,4	876,4	877,3
37,0	860,8	861,8	862,7	863,7	864,7	865,7	866,7	867,6	868,6	869,6	870,6	871,6	872,6	873,5	874,5	875,5	876,5	877,5
37,2	860,9	861,9	862,9	863,9	864,8	865,8	866,8	867,8	868,8	869,8	870,7	871,7	872,7	873,7	874,7	875,6	876,6	877,6
37,4	861,1	862,0	863,0	864,0	865,0	866,0	866,9	867,9	868,9	869,9	870,9	871,9	872,8	873,8	874,8	875,8	876,8	877,7
37,6	861,2	862,2	863,2	864,1	865,1	866,1	867,1	868,1	869,1	870,0	871,0	872,0	873,0	874,0	874,9	875,9	876,9	877,9
37,8	861,3	862,3	863,3	864,3	865,3	866,2	867,2	868,2	869,2	870,2	871,2	872,1	873,1	874,1	875,1	876,1	877,0	878,0
38,0	861,5	862,5	863,4	864,4	865,4	866,4	867,4	868,4	869,3	870,3	871,3	872,3	873,3	874,2	875,2	876,2	877,2	878,2
38,2	861,6	862,6	863,6	864,6	865,5	866,5	867,5	868,5	869,5	870,5	871,4	872,4	873,4	874,4	875,4	876,3	877,3	878,3

Рисунок А.10 — Фрагмент таблицы В.10 [1]

Шаг 5. Так как значение температуры округлено в большую сторону, из значения плотности 871,9 кг/м³ вычитают 0,1 кг/м³. В результате получают 871,8 кг/м³.

Шаг 6. Так как значение плотности округлено в меньшую сторону на 0,2 кг/м³, на это же значение увеличивают значение плотности 871,8 кг/м³.

Искомое значение плотности при температуре 15 °С: 872,0 кг/м³.

9 Плотность нефти при температуре 18,4 °С и избыточном давлении 0,44 МПа равна 818,9 кг/м³. Определяют значение плотности при стандартных условиях (температура 20 °С, избыточное давление равно нулю).

Шаг 1. Определяют для нефти, имеющей плотность 818,9 кг/м³ при температуре 18,4 °С, значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости.

Значение плотности 818,9 кг/м³ попадает в диапазон 815 . . . 819,99 кг/м³, значение температуры 18,4 °С — в диапазон 15,0 °С . . . 19,99 °С. Из таблиц В.1 и В.2 [1] (рисунки А.1 и А.2) определяют значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости. Они равны соответственно $0{,}918 \cdot 10^{-3}$ °С$^{-1}$ и $0{,}810 \cdot 10^{-3}$ МПа$^{-1}$.

Шаг 2. Подставляют в формулу (12) исходные значения температуры и избыточного давления, а также найденные по таблицам значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости и находят

$$\rho = \frac{818{,}9}{[1 + 0{,}918 \quad 10^{-3} \quad (20 \cdot 18{,}4)]\,[1 + 0{,}810 \quad 10^{-3} \quad (0{,}44 \quad 0)]} = 817{,}4 \text{ кг/м}^3.$$

Искомое значение плотности при температуре 20 °С и избыточном давлении, равном нулю: 817,4 кг/м³.

10 Плотность нефти при температуре 21,1 °С и избыточном давлении 2,44 МПа равна 832,7 кг/м³. Определяют значение плотности при температуре 18,7 °С и избыточном давлении 0,87 МПа.

Шаг 1. Определяют для нефти, имеющей плотность 832,7 кг/м³ при температуре 21,1 °С, значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости.

Значение плотности 832,7 кг/м³ попадает в диапазон 830 . . . 835,99 кг/м³, значение температуры 21,1 °С — в диапазон 20,0 °С . . . 24,99 °С. Из таблиц В.1 и В.2 [1] (рисунки А.1 и А.2) определяют значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости. Они равны соответственно $0{,}883 \cdot 10^{-3}$ °С$^{-1}$ и $0{,}784 \cdot 10^{-3}$ МПа$^{-1}$.

Шаг 2. Подставляют в формулу (12) исходные значения температуры и избыточного давления, а также найденные по таблицам значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости и находят

$$\rho = \frac{832{,}7}{[1 + 0{,}883 \cdot 10^{-3} \cdot (18{,}7 - 21{,}1)][1 + 0{,}784 \cdot 10^{-3} \cdot (2{,}44 - 0{,}87)]} = 833{,}4 \text{ кг/м}^3.$$

Искомое значение плотности нефти при температуре 18,7 °С и избыточном давлении 0,87 МПа: 833,4 кг/м³.

Библиография

[1] МИ 2880—2004 Государственная система обеспечения единства измерений. Плотность нефти при учетно-расчетных операциях. Программа и таблицы приведения плотности нефти к заданной температуре и давлению

[2] ASTM D 1250—2004 Стандартное руководство по расчетным таблицам нефти и нефтепродуктов

[3] МИ 2174—91 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация алгоритмов и программ обработки данных при измерениях. Основные положения

УДК 665.6:620.113:006.354 ОКС 17.020 Т86.5

Ключевые слова: плотность нефти, температура нефти, избыточное давление нефти, коэффициент объемного расширения, коэффициент сжимаемости

Редактор *Л.В. Афанасенко*
Технический редактор *О.Н. Власова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Подписано в печать 13.02.2006. Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,40. Тираж 101 экз. Зак. 106. С 2446.

ФГУП «Стандартинформ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «Стандартинформ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «Стандартинформ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru