МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ 8.602— 2010

Государственная система обеспечения единства измерений

ПЛОТНОСТЬ НЕФТИ

Таблицы пересчета

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены в ГОСТ 1.0—2015 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2015 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Порядок разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт расходометрии» (ФГУП «ВНИИР»)

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 25 ноября 2010 г. № 38)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Грузия	GE	Грузстандарт
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Молдова-Стандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт
Украина	UA	Минэкономразвития Украины

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011 г. № 1059-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 8.602—2010 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2013 г.

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Февраль 2019 г.

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2012, 2019

В Российской Федерации 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 11

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

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 — 2013—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт приводит сведения о таблицах пересчета (далее — таблицы) значений плотности нефти в зависимости от значений температуры и давления, содержащихся в [1], и примеры применения этих таблиц. Таблицы предназначены для приведения плотности нефти к требуемой температуре и давлению. Таблицы предназначены для использования в расчетах при проведении учетных операций с нефтью, подготовленной для переработки и/или поставки на экспорт.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий межгосударственный стандарт:

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

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных нормативных документов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Обозначения

В настоящем стандарте использованы следующие обозначения:

t — температура нефти, °С;

P — избыточное давление нефти, МПа;

ρ_{15} — плотность нефти при температуре 15 °С, кг/м^3;

ρ_{20} — плотность нефти при температуре 20 °С, кг/м^3;

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

$\rho_{t_1P_1}$ — плотность нефти при температуре t_1 и избыточном давлении P_1, кг/м^3;

$\rho_{t_2P_2}$ — плотность нефти при температуре t_2 и избыточном давлении P_2, кг/м^3;

ρ_t — плотность нефти при температуре t, кг/м^3;

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

β_{15} — коэффициент объемного расширения нефти при температуре 15 °С, кг/м^3;

Издание официальное

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

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

K — поправочный коэффициент на температурное расширение стекла, из которого изготовлен ареометр.

4 Методы расчета значений плотности нефти

4.1 Значение плотности нефти при температуре t и избыточном давлении P выражают через значение плотности при температуре 15 °С формулой

$$\rho_{tP} = \frac{\rho_{15} \exp\{-\beta_{15}(t-15)[1+0,8\beta_{15}(t-15)]\}}{1-\gamma_t P}. \quad (1)$$

4.2 Значение коэффициента объемного расширения нефти при температуре 15 °С рассчитывают по формуле

$$\beta_{15} = \frac{613,97226}{\rho_{15}^2}. \quad (2)$$

4.3 Значение коэффициента сжимаемости при температуре t рассчитывают по формуле

$$\gamma_t = 10^{-3} \exp\left(-1,62080 + 0,00021592 \cdot t + \frac{0,87096 \cdot 10^6}{\rho_{15}^2} + \frac{4,2092 \cdot t10^3}{\rho_{15}^2}\right). \quad (3)$$

4.4 Значение коэффициента объемного расширения при температуре t рассчитывают по формуле

$$\beta_t = \beta_{15} + 1,6\beta_{15}^2(t-15). \quad (4)$$

4.5 Значение плотности ρ_{15} находят методом последовательных приближений по следующему алгоритму:

1) измеренное значение плотности ρ_{tP} подставляют в формулу (2) и (3) вместо ρ_{15} и вычисляют в первом приближении значения β_{15} и γ_t соответственно;

2) измеренное значение плотности ρ_{tP} и вычисленные в первом приближении значения β_{15} и γ_t подставляют в формулу (1) и определяют значение ρ_{15} в первом приближении;

3) значение ρ_{15}, найденное в первом приближении, подставляют в формулы (2) и (3) и вычисляют во втором приближении значения β_{15} и γ_t соответственно;

4) измеренное значение плотности ρ_{tP} и вычисленные во втором приближении значения β_{15} и γ_t подставляют в формулу (1) и определяют значение ρ_{15} во втором приближении и т. д.

Расчет плотности ρ_{15} методом последовательных приближений продолжают до тех пор, пока значение ρ_{15} не перестанет изменяться на величину более чем 0,01 кг/м^3. За результат определения плотности ρ_{15} принимают значение, полученное в последнем приближении с погрешностью не более 0,01 кг/м^3.

4.6 При измерениях плотности ареометром по ГОСТ 28947 учитывают температурное расширение стекла, из которого изготовлен ареометр. Для этого показания ареометра $\rho_{t\,ap}$ пересчитывают в плотность нефти ρ_t по формуле

$$\rho_t = \rho_{t\,ap} \cdot K. \quad (5)$$

Для ареометров, градуированных при 15 °С, коэффициент K вычисляют по формуле

$$K = 1 - 0,000023(t-15) - 0,00000002(t-15)^2. \quad (6)$$

Для ареометров, градуированных при 20 °С, коэффициент K вычисляют по формуле

$$K = 1 - 0,000025(t-20). \quad (7)$$

4.7 При перерасчете плотности нефти 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 допустимо применять формулу

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

4.8 Приведенные методы расчета плотности нефти 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)—(7) настоящего стандарта.

5.2 Таблицы предназначены для обработки данных при измерениях плотности нефти ареометром или плотномером, приведении плотности к стандартным условиям, а также к требуемым условиям по температуре и давлению.

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;

В.3—В.10 [1]:

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

5.4 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 %.

5.5 Примеры применения таблиц приведены в приложении А.

Приложение А
(справочное)

Примеры применения таблиц пересчета значений плотности нефти

А.1 Определение значений коэффициентов объемного расширения и коэффициентов сжимаемости нефти

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

Пример — Плотность нефти при температуре 28,5 °С равна 827,3 кг/м, требуется определить коэффициенты объемного расширения и сжимаемости.

В таблицах В.1 и В.2 [1] (рисунки А.1 и А.2) значение плотности 827,3 кг/м^3 попадает в диапазон 825,00—829,99 кг/м^3, значение температуры 28,5 °С — в диапазон 25,00—29,99 °С. На пересечении строки и столбца, соответствующих данным диапазонам, по таблицам В.1 и В.2 [1] находят значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости соответственно. Они равны 0,892·10^{-3} °С$^{-1}$ и 0,810·10^{-3} МПа$^{-1}$ соответственно.

Приложение В

Таблица В.1

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

Плотность, кг/м^3	Температура нефти, °С$^{-1}$											
	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—824,99	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 коэффициента сжимаемости нефти × 10^3, МПа$^{-1}$

Плотность, кг/м^3	Температура нефти, °С$^{-1}$											
	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 по температуре

Пересчет плотности нефти по температуре 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.

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

Шаг 3. В графе «*t*, °С» соответствующей таблицы находят округленное значение температуры, а в подзаголовке таблицы находят округленное значение плотности. На пересечении строки, соответствующей округленному значению температуры, и столбца, соответствующего округленному значению плотности, находят значение приведенной плотности (в настоящем стандарте выделены полужирными линиями).

Шаг 4. К найденному по таблице значению приведенной плотности прибавляют (вычитают) величину, на которую было уменьшено (увеличено) значение плотности при округлении.

Шаг 5. В случае если значение температуры округлено (по шагу 2) до большего значения, то из значения плотности, рассчитанного по шагу 4, вычитают 0,1 кг/м^3 при пересчете по таблицам В.3—В.6 и В.9—В.10 [1] или прибавляют 0,1 кг/м^3 при пересчете по таблицам В.7—В.8 [1].

Примеры

1 Проведены измерения плотности нефти ареометром, градуированным при температуре 20 °С. Температура нефти 27,5 °С, показание ареометра 822,7 кг/м^3. Требуется определить 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. В таблице В.3 [1] (рисунок А.3) на пересечении строки, соответствующей температуре 27,6 °С, и столбца, соответствующего плотности 823 кг/м^3, находят значение приведенной плотности: 828,5 кг/м^3.

Шаг 4. Из значения плотности 828,5 кг/м^3 вычитают величину, на которую было увеличено значение плотности при округлении:

$$828{,}5 - (823{,}0 - 822{,}7) = 828{,}5 - 0{,}3 = 828{,}2 \text{ кг/м}^3.$$

Шаг 5. Из значения плотности 828,2 кг/м^3 вычитают 0,1 кг/м^3

$$828{,}2 - 0{,}1 = 828{,}1 \text{ кг/м}^3.$$

Искомое значение плотности нефти при температуре 20 °С равно 828,1 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
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
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
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
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
27,4	820,4	821,4	822,4	823,4	824,5	825,4	826,3	827,3	828,3	829,3	830,3	831,3	832,3	833,3	834,3	835,3	836,3
27,6	820,5	821,5	822,5	823,5	824,6	825,5	826,5	827,5	828,5	829,5	830,5	831,5	832,4	833,4	834,4	835,4	836,4
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
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
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
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

Рисунок А.3— Фрагмент таблицы В.3 [1]

2 Проведены измерения плотности нефти ареометром, градуированным при температуре 20 °С. Температура нефти 32,2 °С, показание ареометра 806,3 кг/м^3. Требуется определить 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. В таблице В.4 [1] (рисунок А.4) на пересечении строки, соответствующей температуре 32,2 °С, и столбца, соответствующего плотности 806 кг/м^3, находят значение приведенной плотности: 818,7 кг/м^3.

Шаг 3. К значению плотности 818,7 кг/м^3 прибавляют величину, на которую было уменьшено значение плотности при округлении:

$$818,7 + (806,3 - 806,0) = 818,7 + 0,3 = 819,0 \text{ кг/м}^3.$$

Искомое значение плотности нефти при температуре 15 °С равно 819,0 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
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
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
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
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
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
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
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	820,7	821,8	822,8	823,8	824,8

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

3 Проведены измерения плотности нефти ареометром, градуированным при температуре 15 °С. Температура нефти 37,9 °С, показание ареометра 843,6 кг/м^3. Требуется определить 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/м^3.

Шаг 3. В таблице В.5 [1] (рисунок А.5) на пересечении строки, соответствующей температуре 38,0 °С, и столбца, соответствующего плотности 844 кг/м^3, находят значение приведенной плотности: 856,5 кг/м^3.

Шаг 4. Из значения плотности 856,5 кг/м^3 вычитают величину, на которую было увеличено значение плотности при округлении:

$$856,5 - (844,0 - 843,6) = 828,5 - 0,4 = 856,1 \text{ кг/м}^3.$$

Шаг 5. Из значения плотности 856,1 кг/м^3 вычитают 0,1 кг/м^3:

$$856,1 - 0,1 = 856,0 \text{ кг/м}^3.$$

Искомое значение плотности нефти при температуре 20 °С равно 856,0 кг/м^3.

4 Проведены измерения плотности нефти ареометром, градуированным при температуре 15 °С. Температура нефти 32,0 °С, показание ареометра 856,2 кг/м^3. Требуется определить 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/м^3.

Шаг 2. В таблице В.6 [1] (рисунок А.6) на пересечении строки, соответствующей температуре 32,0 °С, и столбца, соответствующего плотности 856 кг/м^3, находят значение приведенной плотности: 867,7 кг/м^3.

Шаг 3. К значению плотности 867,7 кг/м^3 прибавляют величину, на которую было уменьшено значение плотности при округлении:

$$867,7 + (856,2 - 856,0) = 867,7 + 0,2 = 867,9 \text{ кг/м}^3.$$

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

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

Приложение В

Таблица В.5

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	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
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
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
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
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
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
38,2	846,7	847,7	848,7	849,7	850,7	851,7	852,7	853,6	854,6	85,6	856,6	657,6	858,6	859,5	860,5	861,5	862,5

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

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
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
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
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
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
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
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

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

Процедура получения значения плотности при температуре 7,4 °С следующая:

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

Шаг 2. В таблице В.7 [1] (рисунок А.7) на пересечении строки, соответствующей температуре 7,4 °С, и столбца, соответствующего плотности 829 кг/м^3, находят значение приведенной плотности: 838,3 кг/м^3.

Шаг 3. Из значения плотности 838,3 кг/м^3 вычитают величину, на которую было увеличено значение плотности при округлении:

$$838{,}3 - (829{,}0 - 828{,}7) = 838{,}3 - 0{,}3 = 838{,}0 \text{ кг/м}^3.$$

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

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

Процедура получения значения плотности при температуре 22,7 °С следующая:

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

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

Шаг 3. В таблице В.8 [1] (рисунок А.8) на пересечении строки, соответствующей температуре 22,8 °С, и столбца, соответствующего плотности 842 кг/м^3, находят значение приведенной плотности: 836,3 кг/м^3.

Шаг 4. К значению плотности 836,3 кг/м^3 прибавляют величину, на которую было уменьшено значение плотности при округлении:

$$836{,}3 + (842{,}3 - 842{,}0) = 836{,}3 + 0{,}3 = 836{,}6 \text{ кг/м}^3.$$

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
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
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
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
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
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
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

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

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
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
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
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
22,4	829,5	830,6	831,6	832,4	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
22,6	929,4	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
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
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

Рисунок А.8— Фрагмент таблицы В.8 [1]

Шаг 5. К значению плотности 836,6 кг/м^3 прибавляют 0,1 кг/м^3 :

$$836,6 + 0,1 = 836,7 \text{ кг/м}^3.$$

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

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

Процедура получения значения плотности при температуре 20 °С следующая:

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

Шаг 2. В таблице В.9 [1] (рисунок А.9) на пересечении строки, соответствующей температуре 62,8 °С, и столбца, соответствующего плотности 797 кг/м^3, находят значение приведенной плотности: 829,0 кг/м^3.

Шаг 3. Из значения плотности 829,0 кг/м^3 вычитают величину, на которую было увеличено значение плотности при округлении:

$$829,0 - (797,0 - 796,7) = 829,0 - 0,3 = 828,7 \text{ кг/м}^3.$$

Искомое значение плотности нефти при температуре 20 °С равно 828,7 кг/м^3.

8 Проведены измерения плотности нефти лабораторным плотномером при избыточном давлении, равном нулю. Температура нефти 37,3 °С, показание плотномера 856,2 кг/м^3. Требуется определить значение плотности нефти при стандартных условиях (температура 15 °С, избыточное давление равно нулю).

Приложение В Таблица 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)

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
62,0	619,7	820,7	821,6	822,6	823,6	824,5	825,6	826,5	827,4	828,4	829,3	830,3	831,3	832,2	833,2	834,2	835,1
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
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
62,6	820,2	821,1	822,1	823,0	824,0	825,0	825,9	826,9	827,9	828,8	828,8	830,7	831,7	832,7	833,6	834,6	835,6
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
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
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	835,5	836,0

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

Процедура получения значения плотности при температуре 15 °С следующая:

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

Шаг 2. Округляют значение плотности до ближайшего целого значения: 856 кг/м^3.

Шаг 3. В таблице В.10 [1] (рисунок А.10) на пересечении строки, соответствующей температуре 37,4 °С, и столбца, соответствующего плотности 856 кг/м^3, находят значение приведенной плотности: 871,9 кг/м^3.

Шаг 4. К значению плотности 871,9 кг/м^3 прибавляют величину, на которую было уменьшено значение плотности при округлении:

$$871{,}9 + (856{,}2 - 856{,}0) = 871{,}9 + 0{,}2 = 872{,}1 \text{ кг/м}^3.$$

Шаг 5. Из значения плотности 872,1 кг/м^3 вычитают 0,1 кг/м^3 :

$$872{,}1 - 0{,}1 = 872{,}0 \text{ кг/м}^3.$$

Искомое значение плотности нефти при температуре 15 °С равно 872,0 кг/м^3.

Приложение В Таблица 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)

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
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
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
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
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
37,2	860,9	861,9	862,9	863,9	864,8	865,8	866,8	867,8	868,8	869,8	860,7	871,7	872,7	873,7	874,7	875,6	876,6
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
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

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

А.3 Пересчет плотности нефти по температуре и давлению

Пересчет плотности нефти от одних условий (при температуре t_1 и давлении P_1) к другим (при температуре t_2 и давлении P_2) при разности температур t_1 и t_2 не более 5 °С и разности давлений P_1 и P_2 не более 5 МПа допускается проводить по формуле (8) с применением таблиц В.1—В. 2 [1]. При разности температур t_1 и t_2 более 5 °С или разности давлений P_1 и P_2 более 5 МПа пересчет плотности нефти проводят по рекомендациям [3].

Примеры

1 Плотность нефти при температуре 18,4 °С и избыточном давлении 0,44 МПа равна 818,9 кг/м^3. Требуется определить значение плотности нефти при стандартных условиях (температура 20 °С, избыточное давление равно нулю).

Шаг 1. Определяют для нефти, имеющей плотность 818,9 кг/м^3 при температуре 18,4 °С, значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости. В таблицах В.1 и В.2 [1] (рисунки А.1 и А.2) значение плотности 818,9 кг/м^3 попадает в диапазон 815,00—819,9) кг/м^3, значение температуры 18,4 °С — в диапазон 15,00—19,99 °С. На пересечении строки и столбца, соответствующих данным диапазонам, по таблицам В.1 и В.2 [1] находят значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости соответственно. Они равны 0,918·10^{-3} °С$^{-1}$ и 0,810·10^{-3} МПа$^{-1}$ соответственно.

Шаг 2. Подставляют в формулу (8) исходные значения температуры и избыточного давления, а также найденные по таблицам значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости и находят искомое значение плотности

$$\rho = \frac{818,9}{[1+0,918\cdot10^{-3}(20-18,4)][1-0,810\cdot10^{-3}(0-0,44)]} = 817,4 \text{ кг/м}^3.$$

Искомое значение плотности нефти при температуре 20 °С и избыточном давлении, равном нулю: 817,4 кг/м^3.

2 Плотность нефти при температуре 21,1 °С и избыточном давлении 2,44 МПа равна 832,7 кг/м^3. Требуется определить значение плотности нефти при температуре 18,7 °С и избыточном давлении 0,87 МПа.

Шаг 1. Определяют для нефти, имеющей плотность 832,7 кг/м^3 при температуре 21,1 °С, значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости. В таблицах В.1 и В.2 [1] (рисунки А.1 и А.2) значение плотности 832,7 кг/м^3 попадает в диапазон 830,00—834,99 кг/м^3, значение температуры 21,1 °С — в диапазон 20,00 °С — 24,99 °С. На пересечении строки и столбца, соответствующих данным диапазонам, по таблицам В.1 и В.2 [1] находят значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости соответственно. Они равны 0,883·10^{-3} °С$^{-1}$ и 0,784·10^{-3} МПа$^{-1}$ соответственно.

Шаг 2. Подставляют в формулу (8) исходные значения температуры и избыточного давления, а также найденные по таблицам значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости и находят искомое значение плотности

$$\rho = \frac{832,7}{[1+0,883\cdot10^{-3}(18,7-21,1)][1-0,784\cdot10^{-3}(0,87-2,44)]} = 833,4 \text{ кг/м}^3.$$

Искомое значение плотности нефти при температуре 18,7 °С и избыточном давлении 0,87 МПа: 833,4 кг/м^3.

3 Проведены измерения плотности нефти ареометром, градуированным при температуре 20 °С. Температура нефти 16,8 °С, показание ареометра 830,2 кг/м^3. Требуется определить значение плотности нефти при температуре 12,9 °С и избыточном давлении 2,87 МПа.

Шаг 1. Пересчитывают показания ареометра в плотность нефти по формулам (5) и (7):

$$\rho = 830,2\cdot1,00008 = 830,27,$$

$$K = 1-0,000025\cdot(16,8-20) = 1,00008 \text{ кг/м}^3.$$

Шаг 2. Определяют для нефти, имеющей плотность 830,27 кг/м^3 при температуре 16,8 °С, значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости. В таблицах В.1 и В.2 [1] (рисунки А.1 и А.2) значение плотности 830,27 кг/м^3 попадает в диапазон 830,00—834,99 кг/м^3, значение температуры 16,8 °С — в диапазон 15,00 °С —19,99 °С. На пересечении строки и столбца, соответствующих данным диапазонам, по таблицам В.1 и В.2 [1] находят значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости соответственно. Они равны 0,885·10^{-3} °С$^{-1}$ и 0,770·10^{-3} МПа$^{-1}$ соответственно.

Шаг 3. Подставляют в формулу (8) исходные значения температуры и избыточного давления, а также найденные по таблицам значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости и находят искомое значение плотности

$$\rho = \frac{830,27}{[1+0,885\cdot10^{-3}(12,9-16,8)][1-0,784\cdot10^{-3}(2,87-0)]} = 835,0 \text{ кг/м}^3.$$

Искомое значение плотности нефти при температуре 12,9 °С и избыточном давлении 2,87 МПа: 835,0 кг/м^3.

Библиография

[1]	Рекомендации по метрологии 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	Стандартное руководство по расчетным таблицам нефти и нефтепродуктов
[3]	Рекомендации по метрологии МИ 2632—2001	Государственная система обеспечения единства измерений. Плотность нефти и нефтепродуктов и коэффициенты объемного расширения и сжимаемости. Методы и программа расчета

УДК 665.6:620.113:006.354 МКС 17.20

Ключевые слова: плотность нефти, коэффициент объемного расширения, коэффициент сжимаемости

Редактор *И.Е. Мосур*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 20.02.2019. Подписано в печать 04.03.2019. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,74.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru