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

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ
СТАНДАРТИЗАЦИИ

**РМГ
97—
2010**

Государственная система обеспечения единства измерений

ПЛОТНОСТЬ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ОБЪЕМНОГО РАСШИРЕНИЯ И СЖИМАЕМОСТИ

Методы расчета

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2011

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0—92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2009 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Порядок разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

Сведения о рекомендациях

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

2 ВНЕСЕНЫ Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТЫ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 10 июня 2010 г. № 37—2010)

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
Азербайджан	AZ	Азстандарт
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Кыргызстан	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Молдова-Стандарт
Российская Федерация	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт
Украина	UA	Госпотребстандарт Украины

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 декабря 2010 г. № 1003-ст рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 97—2010 введены в действие в качестве рекомендаций по метрологии Российской Федерации с 1 января 2012 г.

5 ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящих рекомендаций, изменениях и поправках к ним, а также тексты изменений и поправок публикуются в информационном указателе «Национальные стандарты»

© Стандартинформ, 2011

В Российской Федерации настоящие рекомендации не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

ПЛОТНОСТЬ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ОБЪЕМНОГО РАСШИРЕНИЯ И СЖИМАЕМОСТИ

Методы расчета

State system for ensuring the uniformity of measurements.
Density of petroleum and petroleum products and coefficients of thermal expansion and compressibility factors.
Methods of calculation

Дата введения — 2012—01—01

1 Область применения

Настоящие рекомендации распространяются на нефть и нефтепродукты и устанавливают методы расчета их плотности, коэффициентов объемного расширения и сжимаемости.

Рекомендации предназначены для использования в расчетах плотности при проведении учетно-расчетных операций.

2 Нормативные ссылки

В настоящих рекомендациях 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 настоящими рекомендациями целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящими рекомендациями 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 настоящих рекомендациях использованы следующие обозначения:

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

P — избыточное давление нефти или нефтепродукта, МПа;

t — температура нефти или нефтепродукта, °С;

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

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

ρ_{15} — плотность нефти или нефтепродукта при температуре 15 °С и избыточном давлении $P = 0$, $кг/м^3$;

Издание официальное

ρ_{20} — плотность нефти или нефтепродукта при температуре 20 °С и избыточном давлении $P = 0$, кг/м^3;

ρ_t — плотность нефти или нефтепродукта при температуре t и избыточном давлении $P = 0$, кг/м^3;

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

$\rho_{t,\,ap}$ — плотность нефти или нефтепродукта при температуре t, измеренная ареометром, кг/м^3;

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

4 Метод расчета плотности, коэффициентов объемного расширения и сжимаемости

4.1 Методы и формулы расчета плотности, коэффициентов объемного расширения и сжимаемости соответствуют стандарту [1] и руководству [2].

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

$$\beta_{15} = \frac{K_0 + K_1 \rho_{15}}{\rho_{15}^2}, \qquad (1)$$

где K_0, K_1 — коэффициенты, определяемые по таблице 1.

Таблица 1

Группы продуктов	K_0	K_1
Нефть	613,97226	0,00000
Бензин	346,42278	0,43884
Реактивное топливо	594,54180	0,00000
Дизельное топливо, мазут	186,96960	0,48618

4.3 Значение коэффициента сжимаемости при температуре t рассчитывают по формуле

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

4.4 Значение плотности при температуре t и избыточном давлении P рассчитывают по формуле

$$\rho_{tP} = \frac{\rho_{15} \exp\{-\beta_{15}(t-15)[1+0,8\beta_{15}(t-15)]\}}{1-\gamma_t P}. \qquad (3)$$

4.5 Значение коэффициента объемного расширения при температуре t рассчитывают по формуле

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

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

1) Измеренное значение плотности ρ_{tP} подставляют в формулы (1) и (2) 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 (3) и определяют значение ρ_{15} в первом приближении;

3) Значение ρ_{15}, найденное в первом приближении, подставляют в формулы (1) и (2) 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 (3) и определяют значение ρ_{15} во втором приближении и так далее.

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} принимается значение, полученное в последнем приближении с погрешностью не более 0,01 кг/м^3.

Примечание — При определении значения плотности ρ_{15} в формулы (2) и (3) подставляют значения температуры и давления нефти при измерении ее плотности. При расчете значения плотности ρ_{tP} в формулы (2) и (3) подставляют значения температуры и давления нефти, при которых требуется определить плотность нефти.

Пример — Плотность нефти при температуре 27,30 °С и избыточном давлении 2,45 МПа равна 836,15 кг/м^3, требуется определить плотность нефти при температуре 16,32 °С и избыточном давлении 1,28 МПа.

Процедура расчета значения плотности следующая:

1) Значение плотности, равное 836,15 кг/м^3, подставляют в формулы (1) и (2) вместо ρ_{15} и вычисляют в первом приближении значения β_{15} и γ_t (γ_t вычисляют при температуре 27,30 °С), соответственно. Они равны соответственно 8,782E-04 °С$^{-1}$ и 8,148E-04 МПа$^{-1}$.

2) Значение плотности, равное 836,15 кг/м^3, вычисленные в первом приближении значения β_{15}, равные 8,782E-04 °С$^{-1}$, и γ_t, равное 8,148E-04 МПа$^{-1}$, подставляют в формулу (3) и определяют значение ρ_{15} в первом приближении: 843,62 кг/м^3.

3) Значение ρ_{15}, найденное в первом приближении, равное 843,62 кг/м^3, подставляют в формулы (1) и (2), и вычисляют во втором приближении значения β_{15} и γ_t соответственно. Они равны соответственно 8,627E-04 °С$^{-1}$ и 7,948E-04 МПа$^{-1}$.

4) Значение плотности, равное 836,15 кг/м^3, вычисленные во втором приближении значения β_{15}, равное 8,627E-04 °С$^{-1}$, и γ_t, равное 7,948E-04 МПа$^{-1}$, подставляют в формулу (3) и определяют значение ρ_{15} во втором приближении: 843,50 кг/м^3.

5) Значение ρ_{15}, найденное во втором приближении, равное 843,50 кг/м^3, подставляют в формулы (1) и (2) и вычисляют в третьем приближении значения β_{15} и γ_t соответственно. Они равны соответственно 8,629E-04 °С$^{-1}$ и 7,951E-04 МПа$^{-1}$.

6) Значение плотности 836,15 кг/м^3 и вычисленные в третьем приближении значения β_{15}, равное 8,629E-04 °С$^{-1}$, и γ_t, равное 7,951E-04 МПа$^{-1}$, подставляют в формулу (3) и определяют значение ρ_{15} в третьем приближении: 843,50 кг/м^3.

7) Так как значение ρ_{15} изменилось на величину менее чем 0,01 кг/м^3, то за результат определения плотности ρ_{15} принимается значение, полученное в последнем приближении, равное 843,50 кг/м^3.

8) Значение плотности ρ_{15}, равное 843,50 кг/м^3, подставляют в формулу (2) и вычисляют γ_t при температуре 16,32 °С: 7,433E-04 МПа$^{-1}$.

9) Значение плотности ρ_{15}, равное 843,50 кг/м^3, значение β_{15}, равное 8,629E-04 °С$^{-1}$, и значение γ_t при температуре 16,32 °С, равное 7,433E-04 МПа$^{-1}$, подставляют в формулу (3) и рассчитывают плотность нефти при температуре 16,32 °С и избыточном давлении 1,28 МПа: 843,34 кг/м^3.

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

$$\rho_t = \rho_{t,\,ap} \times K, \tag{5}$$

где по руководству [2]

$$K = 1 - 0{,}000023\,(t - 15) - 0{,}00000002\,(t - 15)^2 \tag{6}$$

или по ГОСТ 28947

$$K = 1 - 0{,}000025\,(t - 20). \tag{7}$$

Коэффициент K вычисляется по формуле (6), если ареометр градуирован при температуре 15 °С, и по формуле (7), если ареометр градуирован при температуре 20 °С.

4 Программа расчета плотности

Разработанная ФГУП «ВНИИР» программа «Расчет плотности нефти и нефтепродуктов (версия 1.0)» обеспечивает расчет плотности, коэффициентов объемного расширения и сжимаемости нефти и нефтепродуктов по формулам (1)—(7).

Программа «Расчет плотности нефти и нефтепродуктов (версия 1.0)» аттестована ФГУП «ВНИИР» в соответствии с требованиями рекомендаций [3].

В результате аттестации установлено, что программа «Расчет плотности нефти и нефтепродуктов (версия 1.0)» обеспечивает расчет плотности с абсолютной погрешностью не более 0,01 кг/м^3 и расчет коэффициентов объемного расширения и сжимаемости — с относительной погрешностью не более 0,003 %.

Библиография

[1] ASTM D1250—08	Standard Guide for Use of the Petroleum Measurement Tables (Стандартное руководство по применению таблиц измерений параметров нефти и нефтепродуктов)
[2] API MPMS 11.1:2004	American Petroleum Institute. Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 11—Physical Properties Data Section 1—Temperature and Pressure Volume Correction Factors for Generalized Crude Oils, Refined Products and Lubricating Oils
[3] Рекомендации по метрологии 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 МКС 17.020 Т86.5

Ключевые слова: нефть, нефтепродукты, плотность, коэффициент объемного расширения, коэффициент сжимаемости, метод расчета, программа расчета

Рекомендации по межгосударственной стандартизации

РМГ 97—2010

Государственная система обеспечения единства измерений

**ПЛОТНОСТЬ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ
И КОЭФФИЦИЕНТЫ ОБЪЕМНОГО РАСШИРЕНИЯ И СЖИМАЕМОСТИ**

Методы расчета

Редактор *В.А. Бучумова*
Технический редактор *О.Н. Власова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 08.08.2011. Подписано в печать 01.09.2011. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 0,71. Тираж 206 экз. Зак. 810. Изд. № 4027/4.

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»,
117418 Москва, Нахимовский проспект, 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru