

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

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 ВВЕДЕН 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»

© Стандартиформ, 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)

П р и м е ч а н и е — 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, °C;
- β_{15} — коэффициент объемного расширения при температуре 15 °C, °C⁻¹;
- β_t — коэффициент объемного расширения при температуре t , °C⁻¹;
- ρ_{15} — плотность нефти или нефтепродукта при температуре 15 °C и избыточном давлении $P = 0$, кг/м³;

- ρ_{20} — плотность нефти или нефтепродукта при температуре 20 °С и избыточном давлении $P = 0$, кг/м³;
 ρ_t — плотность нефти или нефтепродукта при температуре t и избыточном давлении $P = 0$, кг/м³;
 ρ_{tP} — плотность нефти или нефтепродукта при температуре t и избыточном давлении P , кг/м³;
 $\rho_{t, ap}$ — плотность нефти или нефтепродукта при температуре t , измеренная ареометром, кг/м³;
 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

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

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

Т а б л и ц а 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

$$\gamma_t = 10^{-3} \exp \left(-162080 + 0,00021592 \times t + \frac{0,87096 \times 10^6}{\rho_{15}^2} + \frac{4,2092 \times t \times 10^3}{\rho_{15}^2} \right). \quad (2)$$

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

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

4.5 Значение коэффициента объемного расширения при температуре t рассчитывают по формуле

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

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/м³. За результат определения плотности ρ_{15} принимается значение, полученное в последнем приближении с погрешностью не более 0,01 кг/м³.

П р и м е ч а н и е — 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_{15} 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/м³, 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/м³, 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/м³, вычисленные в первом приближении значения β_{15} , равные 8,782E-04 °С⁻¹, и γ_p , равное 8,148E-04 МПа⁻¹, подставляют в формулу (3) и определяют значение ρ_{15} в первом приближении: 843,62 кг/м³.

3) Значение ρ_{15} , найденное в первом приближении, равное 843,62 кг/м³, 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/м³, вычисленные во втором приближении значения β_{15} , равное 8,627E-04 °С⁻¹, и γ_p , равное 7,948E-04 МПа⁻¹, подставляют в формулу (3) и определяют значение ρ_{15} во втором приближении: 843,50 кг/м³.

5) Значение ρ_{15} , найденное во втором приближении, равное 843,50 кг/м³, 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/м³ и вычисленные в третьем приближении значения β_{15} , равное 8,629E-04 °С⁻¹, и γ_p , равное 7,951E-04 МПа⁻¹, подставляют в формулу (3) и определяют значение ρ_{15} в третьем приближении: 843,50 кг/м³.

7) Так как значение ρ_{15} изменилось на величину менее чем 0,01 кг/м³, то за результат определения плотности ρ_{15} принимается значение, полученное в последнем приближении, равное 843,50 кг/м³.

8) Значение плотности ρ_{15} , равное 843,50 кг/м³, 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/м³, 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/м³.

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

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

где по руководству [2]

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

или по ГОСТ 28947

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

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/м³ 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 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация алго-
метрологии МИ 2174—91 ритмов и программ обработки данных при измерениях. Основные положения

УДК 665.6:620.113:006.354

МКС 17.020

T86.5

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.

www.gostinfo.ru

info@gostinfo.ru

Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ

Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник»,
117418 Москва, Нахимовский проспект, 31, к. 2.