

Государственный научный метрологический центр  
ГУП "Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии  
им. Д.И. Менделеева"  
(ГНМЦ ГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева")  
Госстандарта России



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ГНМЦ ГУП  
"ВНИИМ им. Д.И. Менделеева"

Н.И.Ханов

15 января 2001 г.



**РЕКОМЕНДАЦИЯ**

Государственная система обеспечения единства измерений.

Плотность нефти и нефтепродуктов и коэффициенты объемного расширения  
и сжимаемости. Методы и программа расчета.

МИ 2632-2001

Санкт-Петербург  
2001 г.

*Предисловие*

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>РАЗРАБОТАНА</b>      | Государственным научным метрологическим центром ГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»                      |
| <b>ИСПОЛНИТЕЛИ:</b>     | Гердун М.А., Домостроева Н.Г., Снегов В.С.  |
| <b>РАЗРАБОТАНА</b>      | Открытое акционерное общество «Инфракрасные микроволновые системы»  |
| <b>ИСПОЛНИТЕЛИ:</b>     | Аблина Л.В., Дворяшин А.А., Кожуров В.Ю., Сафонов А.В.  |
| <b>УТВЕРЖДЕНА</b>       | Государственным научным метрологическим центром ГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»<br>15 января 2001 г. |
| <b>ЗАРЕГИСТРИРОВАНА</b> | ВНИИМС 25 января 2001 года  |

Настоящая рекомендация не может быть полностью и (или) частично воспроизведена, тиражирована и распространена без разрешения ГНМЦ ГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

## Содержание

|  | Стр. |
|--|------|
| 1. Область применения  | 4    |
| 2. Нормативные ссылки  | 4    |
| 3. Обозначения   | 5    |
| 4. Методы расчета плотности и коэффициентов объемного расширения и сжимаемости при заданных значениях температуры и избыточного давления | 5    |
| 5. Методы расчета плотности при измерениях ареометром  | 6    |
| 6. Программа «Расчет плотности»  | 6    |
| 7. Приложение А. Библиография  | 7    |

## РЕКОМЕНДАЦИЯ

|   |                     |
|---|---------------------|
| <b>Государственная система обеспечения единства измерений</b><br><b>Плотность нефти и нефтепродуктов и коэффициенты объемного расширения и сжимаемости. Методы и программа расчета.</b> | <b>МИ 2632-2001</b> |
|---|---------------------|

Срок введения в действие: 01.02.2001 г.

### 1. Область применения

Настоящая рекомендация распространяется на плотность нефти и нефтепродуктов, показатели качества которых соответствуют нормативной документации (для нефти - ГОСТ 9965 или ТУ 39-1435-89), и коэффициенты объемного расширения и сжимаемости и устанавливает методы и программу их расчета. Расчет проводят по формулам, приведенным в Руководстве по нефтяным измерительным стандартам Американского нефтяного института (American Petroleum Institute - API) [1] и соответствуют стандарту ASTM D 1250 [2].

При расчетно-учетных операциях по данным формулам и с помощью программы может осуществляться расчет плотности нефти и нефтепродуктов, в том числе при стандартных температурах при измерениях ареометром в соответствии с МИ 2153-91, ГОСТ 3900-85 и ГОСТ Р 51069-97 без обращения к ссылаемым в этих НД таблицам.

### 2. Нормативные ссылки

В настоящей рекомендации использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 3900-85 «Нефть и нефтепродукты. Методы измерения плотности».

ГОСТ 9965-76 «Нефть для нефтеперерабатывающих предприятий. Технические условия».

ГОСТ 18481-81 «Ареометры и цилиндры стеклянные. Технические условия».

ГОСТ Р 51069-97 «Нефть и нефтепродукты. Метод определения плотности, относительной плотности и плотности в градусах API ареометром».

МИ 2153-91 «ГСИ. Плотность нефти при учетно-расчетных операциях. Методика выполнения измерений ареометром».

МИ 2174-91 «ГСИ. Аттестация алгоритмов и программ обработки данных при измерениях. Основные положения».

ТУ 39-1435-89 «Нефть для транспортирования. Технические условия».

## 3. Обозначения:

В настоящей рекомендации использованы следующие обозначения:

- $t$  - температура,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $P$  - избыточное давление, МПа;  
 $\rho_{tP}$  - плотность при температуре  $t$  и избыточном давлении  $P$ ,  $\text{кг/м}^3$ ;  
 $\rho_t$  - плотность при температуре  $t$  и избыточном давлении  $P=0$ ,  $\text{кг/м}^3$ ;  
 $\rho_{15}$  - плотность при температуре  $15^{\circ}\text{C}$  и избыточном давлении  $P=0$ ,  $\text{кг/м}^3$ ;  
 $\rho_{20}$  - плотность при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  и избыточном давлении  $P=0$ ,  $\text{кг/м}^3$ ;  
 $\rho_{60}$  - плотность при температуре  $15.556^{\circ}\text{C}$  ( $60^{\circ}\text{F}$ ) и избыточном давлении  $P=0$ ,  $\text{кг/м}^3$ ;  
 $\alpha_{15}$  - коэффициент объемного расширения при температуре  $15^{\circ}\text{C}$ ,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;  
 $\alpha_t$  - коэффициент объемного расширения при температуре  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;  
 $\gamma_t$  - коэффициент сжимаемости при температуре  $t^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{МПа}^{-1}$ ;

4. Методы расчета плотности и коэффициентов объемного расширения и сжимаемости при заданных значениях температуры и избыточного давления

Значение плотности нефти  $\rho_t$  при температуре  $t$  и избыточном давлении  $P$  выражают через значение плотности при  $15^{\circ}\text{C}$  при нулевом избыточном давлении  $\rho_{15}$  формулой (1):

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

где

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

$K_0, K_1$  - коэффициенты, определяемые по следующей таблице

| Продукт            | $K_0$     | $K_1$   |
|--------------------|-----------|---------|
| Товарная нефть     | 613,97226 | 0,00000 |
| Бензин             | 346,42278 | 0,43884 |
| Реактивное топливо | 594,54180 | 0,00000 |
| Мазут              | 186,96960 | 0,48618 |

;

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

Значение коэффициента объемного расширения при температуре  $t$  определяют формулой

$$\alpha_t = \alpha_{15} + 1,6\alpha_{15}^2(t-15) \quad (4)$$

По значениям плотности  $\rho_{tP}$ , температуры  $t$  и давления  $P$  определяют значение плотности  $\rho_{15}$  решением (1) с подстановкой в него (2) и (3).

Для определения значения плотности, а также значений коэффициентов объемного расширения и сжимаемости при других значениях  $t$  и  $P$  проводят расчет по (1) – (3), в том числе значения плотности  $\rho_{20}$  и  $\rho_{60}$ .

#### 4. Методы расчета плотности при измерениях ареометром

При измерениях плотности ареометром показания ареометра  $\rho_1$  отличаются от истинного значения плотности  $\rho_t$  из-за температурного расширения стекла, из которого изготовлен ареометр

$$\rho_1 = \rho_t / K, \quad (5)$$

где

по [1]

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

по ГОСТ 26976-86

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

В первом случае ареометр отградуирован на 15 °С, во втором - на 20 °С.

В этом случае для получения значения  $\rho_{15}$  необходимо подставить в (1) значение плотности, пересчитанное из показаний ареометра по (7)

$$\rho_t = \rho_1 * K. \quad (8)$$

#### 5. Программа «Расчет плотности»

Программа «Расчет плотности» обеспечивает расчет плотности нефти и нефтепродуктов по формулам (1) – (8).

Алгоритм и программа «Расчет плотности нефти и нефтепродуктов» разработаны ГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева» и Открытым акционерным обществом «Инфракрасные микроволновые системы» и аттестованы ГНМЦ ГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева» в соответствии с МИ 2174-91.

В результате аттестации установлено, что алгоритм и программа обеспечивают расчет плотности нефти и нефтепродуктов и коэффициентов объемного расширения и сжимаемости в зависимости от температуры и давления по формулам в соответствии со стандартами [2].

Абсолютная погрешность расчета плотности нефти и нефтепродуктов: не более 0,01 кг/м<sup>3</sup>.

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

### Библиография

1. American Petroleum Institute. *Manual of Petroleum Measurement Standards*. Chapter 11, Physical Properties Data (Volume Correction Factors).
2. ASTM D 1250-80 «Стандартное руководство по применению таблиц измерения параметров нефти и нефтепродуктов».

---

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

---