



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,  
МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В Г. МОСКВЕ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ»  
(ФБУ «РОСТЕСТ-МОСКВА»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора  
ФБУ «Ростест-Москва»

А.Д. Меньшиков

М.п.



«14» апреля 2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**АРЕОМЕТРЫ СТЕКЛЯННЫЕ ДЛЯ НЕФТИ**

Методика поверки

РТ-МП-387-448-2022

г. Москва

2022 г.

## 1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на ареометры стеклянные для нефти (далее – ареометры) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 В целях обеспечения прослеживаемости поверяемого ареометра к государственному первичному эталону единиц величин необходимо соблюдать требования настоящей методики поверки.

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы плотности в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 1 ноября 2019 г. № 2603, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 18-2014.

1.3 В настоящей методике используются методы:

- косвенных измерений с использованием установки гидростатического взвешивания;
- непосредственного сличения с использованием ареометров – рабочих эталонов.

## 2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении первичной и периодической поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверки	периодической поверки	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке)	Да	Да	8.1.1
Определение метрологических характеристик	Да	Да	9.1* 9.2**
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10

\* при использовании метода косвенных измерений с использованием установки гидростатического взвешивания;  
\*\* при использовании метода непосредственного сличения с использованием ареометров – рабочих эталонов.

## 3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении испытаний должны соблюдаться следующие условия влияющих факторов:

3.1.1 Для метода косвенных измерений с использованием установки гидростатического взвешивания:

- температура окружающего воздуха, °С от 15 до 25
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106
- температура поверочной жидкости, °С от 19,95 до 20,05
- нестабильность температуры поверочной жидкости за время поверки одного ареометра не должна превышать, °С ±0,02



3.1. Для метода непосредственного сличения с использованием ареометров – рабочих эталонов:

- температура окружающего воздуха, °С от 15 до 25\*
  - температура окружающего воздуха, °С от 13 до 17\*\*
  - температура поверочной жидкости, °С от 13 до 17
  - нестабильность температуры поверочной жидкости за время поверки одного ареометра не должна превышать, °С ± 1,0
- \* в случае применения термостатов, обеспечивающих стабильность поддержания температуры раствора;
- \*\* в случае работы в термостатированном помещении.

#### 4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица:

- имеющие опыт работы в области измерений физико-химического состава и свойств веществ;
- прошедшие инструктаж по технике безопасности;
- ознакомленные с руководствами по эксплуатации средств поверки и поверяемого ареометра.

Требования к количеству специалистов в целях обеспечения безопасности работ и возможности выполнения процедур поверки отсутствуют.

#### 5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2– Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.7 Внешний осмотр	Средства измерений линейных размеров в диапазоне от 0 до 15 мм, с абсолютной погрешностью при измерении от 0 до 0,1 мм включ. ±0,010 мм, при измерении от 0,1 до 5,0 мм включ. ±0,015 мм, при измерении св. 5,0 до 15 мм ±0,020 мм	Лупа измерительная ЛИ-3-10 <sup>x</sup> , рег.№ 71309-18
п. 8.1.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от 15 °С до 25 °С, с абсолютной погрешностью ±0,5 °С.	Прибор комбинированный Testo 608-H1, рег.№53505-13
п.9.1 Определение абсолютной погрешности измерений плотности методом гидростатического взвешивания	Эталоны единицы плотности (установки гидростатического взвешивания), соответствующие требованиям к эталонам не ниже рабочего эталона по государственной поверочной	Государственный вторичный эталон единицы плотности в диапазоне значений от 650 до 2000 кг/м <sup>3</sup> или Государственный рабочий эталон единицы плотности в диапазоне значений от 650 до

	<p>схеме для средств измерений плотности, утвержденной приказом Росстандарта от 01 ноября 2019 г. № 2603, в диапазоне значений от 650 до 2000 кг/м<sup>3</sup>;</p> <p>Средства измерений линейных размеров в диапазоне от 0 до 150 мм, с абсолютной погрешностью ± 0,03 мм;</p> <p>Средства измерений абсолютного давления в диапазоне от 840 до 1060 гПа, с абсолютной погрешностью ± 33 Па;</p> <p>Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 %, с абсолютной погрешностью ± 1 %;</p> <p>Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от 15 °С до 25°С с абсолютной погрешностью ± 0,2 °С</p> <p>Средства измерений времени в диапазоне от 0 до 1 ч, с абсолютной погрешностью ±(9,6·10<sup>-6</sup>·T<sub>x</sub>+0,01) с, где T- измеренное время</p>	<p>2000 кг/м<sup>3</sup></p> <p>Штангенциркули ШЦ, ШЦК, ШЦЦ модификации ШЦЦ-I-150-0,01, рег.№52058-12</p> <p>Барометры рабочие сетевые БРС-1М модификации БРС-1М-1, рег. № 16006-97</p> <p>Термогигрометры ИВА-6 модификации Ива-6АР, рег. № 46434-11</p> <p>Термогигрометры ИВА-6 модификации Ива-6АР, рег. № 46434-11</p> <p>Секундомеры электронные Интеграл С-01, рег. № 44154-16</p>
<p>п.9.2 Определение абсолютной погрешности измерений плотности методом непосредственного сличения</p>	<p>Эталоны единицы плотности (ареометры), соответствующие требованиям к эталонам не ниже рабочего эталона по государственной поверочной схеме для средств измерений плотности, утвержденной приказом Росстандарта от 01 ноября 2019 г. № 2603, в диапазоне значений от 650 до 1070 кг/м<sup>3</sup>, отградуированные при 15 °С;</p> <p>Средства измерений температуры в диапазоне от 13 °С до 17 °С, с абсолютной погрешностью ±0,05 °С</p> <p>Средства измерений температуры окружающей</p>	<p>Ареометры-рабочие эталоны 1-го разряда модификации АОН, рег. 27442-04</p> <p>Термометры лабораторные электронные ЛТ-300, рег.№ 61806-15</p> <p>Прибор комбинированный Testo 608-H1, рег.№53505-13</p>



	<p>среды в диапазоне от 13 °С до 25 °С, с абсолютной погрешность <math>\pm 0,5</math> °С.  Средства измерений времени в диапазоне от 0 до 1 ч, с абсолютной погрешностью <math>\pm (9,6 \cdot 10^{-6} \cdot T_x + 0,01)</math> с, где <math>T_x</math> - измеренное время</p>	<p>Секундомеры электронные Интеграл С-01, рег. № 44154-16</p>
<p>Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.</p>		

Таблица 3–Вспомогательные средства поверки

Операции поверки, требующие применение вспомогательных средств поверки	Требования к вспомогательным средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых вспомогательных средств поверки
п.8 Подготовка к поверке	<p>Цилиндры стеклянные диаметром 120 мм и высотой 520 мм;  Цилиндры стеклянные вместимостью 500, 1000 и 2000 мл;  Мензурки стеклянные вместимостью 250 мл  Воронки стеклянные</p>	<p>Цилиндры стеклянные по ГОСТ 18481-81;  Цилиндры исполнения 1 вместимостью 500, 1000 и 2000 мл по ГОСТ 1770-74;  Мензурки вместимостью 250 мл по ГОСТ 1770-74;  Воронки стеклянные типа В-150 по ГОСТ 25336-82</p>
<p>Примечание – Допускается использовать при поверке другие вспомогательные средства поверки, удовлетворяющие требованиям, указанным в таблице.</p>		

## 6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки необходимо соблюдать:

- общие правила техники безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.003-91 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;

- «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок», утвержденные Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 года № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;

- указания по технике безопасности, приведённые в эксплуатационной документации на средства поверки;

- указания по технике безопасности, приведённые в эксплуатационной документации на ареометры.

Помещение, в котором проводят поверку, должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией.

## **7 Внешний осмотр**

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено:

7.1.1 соответствие комплектации и маркировки описанию типа средства измерений и эксплуатационной документации на ареометры;

7.1.2 отсутствие на поверхности и в толще стекла ареометров:

- 1) мошки в сосредоточенном виде;
- 2) пузырей, продавливаемых острием из материала одинаковой со стеклом твердости или менее твердого;
- 3) пузырей размером более 0,8 мм;
- 4) капилляров шириной более 0,2 мм.

7.1.3 На поверхности стекла, где расположена шкала, не допускаются дефекты, затрудняющие отсчет по шкале.

7.1.4 В ареометрах не должно быть незакрепленного связующего или балластного вещества, а также разрывов между ними, влияющих на точность показаний ареометров.

7.2 Ареометры, не отвечающие перечисленным выше требованиям, дальнейшей поверке не подлежат.

## **8 Подготовка к поверке**

8.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

8.1.1 Провести контроль условий поверки.

8.1.2 Поверяемые ареометры и стеклянное оборудование моют теплой водой с использованием моющих средств, ополаскивают теплой проточной водой, затем дистиллированной водой. Вымытые ареометры устанавливают в деревянные приспособления для сушки и сушат до полного высыхания (не менее 30 минут). Для сокращения процесса сушки ареометры можно протереть спиртом с использованием безворсной хлопчатобумажной ткани типа мадаполам. Вымытое вспомогательное стеклянное оборудование сушат на воздухе.

8.1.3 После промывки не допускается касаться руками внутренних поверхностей стеклянного оборудования, а ареометры допускается брать только за верхний свободный от шкалы конец стержня.

8.2 При определении абсолютной погрешности измерений плотности методом гидростатического взвешивания в качестве поверочной жидкости используется этиловый ректифицированный спирт по ГОСТ 5962-2013 с объемной долей этилового спирта не ниже 90 %. Спирт фильтруют и заливают термостатируемую ванну установки гидростатического взвешивания.

8.3 Меры плотности из состава эталона (установки гидростатического взвешивания) моют теплой водой, ополаскивают этиловым спиртом. Мера плотности должна храниться в поверочной жидкости (этиловом спирте) и извлекается из нее только при проведении профилактических работ, связанных с заменой поверочной жидкости.

8.4 В соответствии с руководством по эксплуатации на установку гидростатического взвешивания (далее – установка) из состава эталона установить на ее термостате температуру  $(20,00 \pm 0,01) ^\circ\text{C}$ .

8.5 При определении абсолютной погрешности измерений методом непосредственного сличения перед проведением поверки приготавливают поверочные растворы.

8.5.1 В зависимости от диапазона измерений поверяемых ареометров используют поверочные жидкости, указанные в таблице 4.



Таблица 4 – Поверочные жидкости, используемые при поверке методом непосредственного сличения

Диапазон измерений поверяемых ареометров, кг/м <sup>3</sup>	Наименование поверочной жидкости	Жидкости, используемые для приготовления поверочных растворов
от 650 до 850	Смесь петролейного эфира и этилового спирта	Этиловый спирт по ГОСТ 5962-2013; Петролейный эфир марки 40-70 по ТУ 602-1244-83
от 850 до 950	Водно-спиртовой раствор	Этиловый спирт по ГОСТ 5962-2013; Дистиллированная вода по ГОСТ Р 58144-2018
от 950 до 1070	Серно-винный раствор	Серная кислота х.ч. по ГОСТ 4204-77; Этиловый спирт по ГОСТ 5962-2013

8.5.2 Для составления растворов требуемой плотности предварительно рассчитывают примерные объёмы смешиваемых компонентов. Для этого вычисляют разности плотностей между каждой из них и плотностью требуемого раствора. Объёмы исходных жидкостей, взятых для составления поверочного раствора (смеси), обратно пропорциональны этим разностям.

*Примечание: примеры расчета объёмов для составления поверочных растворов (смесей) приведены в приложении А.*

8.5.2.1 Зависимость плотности водно-спиртовых растворов от концентрации спирта в объёмных долях при температуре 20 °С и нормальном атмосферном давлении приведена в таблице А1 приложения А.

8.5.2.2 Зависимость концентрации спирта в объёмных долях от концентрации спирта в массовых долях при температуре 20 °С и нормальном атмосферном давлении приведена в таблице А2 приложения А, а обратная зависимость - в таблице А3 приложения А.

8.5.2.3 При расчете объёмов для составления водно-спиртовых растворов из дистиллированной воды и этилового спирта, дистиллированную воду принимают за водно-спиртовой раствор с нулевой концентрацией. Расчет выполняют по приложению А.

8.5.2.4 Для приготовления серно-винных растворов предварительно составляют водно-спиртовой раствор с объёмной долей спирта 85 %, а затем смешивают его с химически чистой кислотой.

8.5.2.5 При составлении поверочных жидкостей расчет объёмных частей смешиваемых компонентов допускается определять приближенно. Полученные значения округляют до второго десятичного знака.

8.5.2.6 Исходные жидкости отмеряют мерными цилиндрами и мензурками, сливают их во вспомогательный чистый цилиндр и тщательно перемешивают. При приготовлении серно-винных и серно-водных растворов к воде или спирту добавляют небольшими порциями серную кислоту, избегая сильного разогревания раствора. После приготовления поверочные жидкости фильтруют через фильтр с пористой пластинкой.

8.5.3 Очищенные поверочные жидкости не должны содержать воздушных пузырей и однородны по составу. Поверочные жидкости хранят в темных помещениях.

8.5.4 Температуру поверочной жидкости поддерживают термостатом или работы выполняются в термостатированном помещении.

8.5.5 Плотность поверочной жидкости доводят до значения, при котором сличают показания эталонного и поверяемого ареометров, добавляя пипеткой в цилиндр одну из исходных жидкостей.



8.5.6 Уровень поверочной жидкости, налитой в цилиндр, должен быть на 3-5 см ниже края цилиндра. Поверочную жидкость перед погружением в нее ареометра тщательно перемешивают стальной мешалкой движением вверх и вниз, наблюдая, чтобы в жидкость не попал воздух. До полного перемешивания достаточно 5-7 двойных движений мешалкой.

## 9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 Определение абсолютной погрешности измерений плотности методом гидростатического взвешивания

9.1.1 Определение плотности поверочной жидкости

9.1.1.1 К нижнему подвесу весов из состава эталона единицы плотности закрепить цепочку и подвес для меры плотности. Подвес закрепить таким образом, чтобы крючок и проволочная скрутка находились ниже уровня жидкости. Для учета значения веса приспособления для взвешивания провести «сброс тары весов» в соответствии с эксплуатационной документацией на весы.

9.1.1.2 На нижний крючок подвеса закрепить меру плотности и выдержать не менее 20 минут при установившемся температурном режиме в термостате ( $20,00 \pm 0,01$ ) °С. Провести взвешивание меры плотности в соответствии с эксплуатационной документацией на весы. Зафиксировать показания весов при взвешивании меры плотности ( $M_j$ ) в поверочной жидкости и температуру поверочной жидкости ( $t_j$ ).

9.1.1.3 Рассчитать плотность поверочной жидкости  $\rho_j^d$ , кг/м<sup>3</sup> по формуле:

$$\rho_j^d = \frac{M_n - M_j \left(1 - \frac{e_v}{8000}\right)}{V_n} \quad (1)$$

где 8000 – условная плотность материала гирь, кг/м<sup>3</sup>;

$M_n$  – масса меры плотности (из протокола аттестации эталона), кг;

$M_j$  – показания весов при взвешивании меры плотности в жидкости, кг;

$V_n$  – объем меры плотности (из протокола аттестации эталона), м<sup>3</sup>;

$e_v$  – плотность воздуха, рассчитанная по формуле (Б1) в Приложении Б, кг/м<sup>3</sup>.

Зафиксировать рассчитанное значение плотности поверочной жидкости.

9.1.1.4 Допускается проводить расчеты с применением программного обеспечения для проверки ареометров, входящего в комплект установки гидростатического взвешивания.

9.1.2 Определение массы мениска, образующегося вокруг стержня поверяемого ареометра при погружении его в поверочную жидкость и в жидкость, в которой он эксплуатируется.

9.1.2.1 Для определения массы мениска штангенциркулем измеряют диаметр стержня ареометра ( $d$ ).

9.1.2.2 Массу мениска поверочной жидкости ( $m$ ), кг вычисляют по формуле:

$$m = \frac{\pi \cdot d \cdot \sigma}{g} \quad (2)$$

где  $g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;

$d$  – диаметр стержня ареометра, м;

$\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения поверочной жидкости, мН/м.

9.1.2.3 Массу мениска жидкости ( $m'$ ), кг, в которой эксплуатируется ареометр, вычисляется по формуле:

$$m' = \frac{\pi \cdot d \cdot \sigma'}{g} \quad (3)$$

где  $\sigma'$  – коэффициент поверхностного натяжения жидкости, в которой ареометр эксплуатируется, мН/м.

9.1.2.4 Значения коэффициентов поверхностного натяжения жидкостей ( $\sigma$  и  $\sigma'$ ) приведены в ГОСТ 8.428-81.

*Примечание:*



-расчётные значения коэффициентов поверхностного натяжения для водно-спиртовых растворов в зависимости от содержания этилового спирта в объёмных долях определяют с помощью графика, приведенного в Приложении В;

- значения коэффициентов поверхностного натяжения жидкости, в которой эксплуатируется ареометр, находят по таблице 2 (нефтепродукты) ГОСТ 8.428-81 «ГСИ. Ареометры. Значения коэффициентов поверхностного натяжения».

9.1.2.5 Допускается проводить расчеты с применением программного обеспечения для поверки ареометров, входящего в комплект установки гидростатического взвешивания

9.1.3 Взвешивание поверяемого ареометра в воздухе.

9.1.3.1 Подвес для меры плотности снимают и вместо него подвешивают на цепочку держатель ареометров.

9.1.3.2 В соответствии с эксплуатационной документацией весов производят сброс тары.

9.1.3.3 Подготовленный к поверке ареометр с помощью держателя, закрепленного на верхнем свободном от шкалы конце стержня ареометра, подвешивают к чашке весов установки гидростатического взвешивания так, чтобы нижний конец корпуса ареометра был выше поверхности поверочной жидкости.

9.1.3.4 Производят взвешивание и фиксируют полученные данные ( $M_{AB}$ ).

*Примечание:* при поверке ареометров с диапазоном измерения от 650 до 860 кг/м<sup>3</sup> к весам вместе с держателем подвешивают дополнительный груз и производят сброс тары. Груз подвешивают так, чтобы он был погружен в поверочную жидкость на глубину, соответствующую приблизительно середине шкалы поверяемого ареометра.

9.1.4 Взвешивание поверяемого ареометра в поверочной жидкости.

9.1.4.1 Ареометр взвешивают в трех точках диапазона оцифрованной шкалы ареометра, соответствующих началу, середине и концу диапазона. Измерения проводят последовательно от нижней отметки шкалы к верхней.

9.1.4.2 Поверяемый ареометр с держателем опускают в поверочную жидкость так, чтобы уровень жидкости находился ниже первой (нижней) отметки на 1-2 деления шкалы, и подвешивают на цепочку, прикрепленную к чаше весов. Производят точную установку уровня жидкости на нижней отметке шкалы по нижнему краю мениска в соответствии с руководством по эксплуатации на установку гидростатического взвешивания.

9.1.4.3 Ареометр выдерживают на поверяемой отметке шкалы в поверочной жидкости до установления показаний (не менее 5 минут на нижней отметке шкалы и до установления показаний весов на остальных отметках шкалы). Проводят взвешивание, полученные данные ( $M_{AJi}$ ) заносят в протокол.

*Примечание:* при поверке ареометров с диапазоном измерения от 650 до 860 кг/м<sup>3</sup> добавочный груз устанавливают на корпус ареометра.

9.1.5 Вычисление действительного значения плотности на поверяемой отметке шкалы.

9.1.5.1 Действительное значение плотности на каждой  $i$ -ой поверяемой отметке шкалы ( $\rho_{di}$ ), кг/м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле:

$$\rho_{di} = \frac{\left(1 - \frac{e_B^a}{8000}\right) \cdot M_{AB} + m'}{\left(1 - \frac{e_J^a}{8000}\right) \cdot (M_{AB} - M_{AJ}) + m} \cdot (\rho_{пж} - e_J^a) + e_B \quad (4)$$

где:  $e_B^a$ , - плотность воздуха при взвешивании ареометра в воздухе (рассчитанная по формуле (Б1) в Приложении Б), кг/м<sup>3</sup>;

$e_J^a$  - плотность воздуха при взвешивании ареометра в жидкости на поверяемых отметках, (рассчитанная по формуле (Б1), приведенной в приложении В Приложении Б, кг/м<sup>3</sup>;

$e_B$  - плотность воздуха, (рассчитанная по формуле (Б1), приведенной в приложении В Приложении Б), кг/м<sup>3</sup>.

$M_{AB}$  - показания весов при взвешивании ареометра в воздухе, кг;



$m$  - масса мениска этилового спирта, по формуле (2), кг;  
 $m'$  - масса мениска жидкости, в которой ареометр эксплуатируется, рассчитанная по формуле (3), кг;

$M_{ДЖ}$  – показания весов при взвешивании ареометра в жидкости на  $i$ -ой поверяемой отметке шкалы, кг;

$\rho_{пж}$  - значение плотности поверочной жидкости, рассчитанной по формуле (1), кг/м<sup>3</sup>;

Результаты расчетов заносят в протокол поверки.

9.1.5.2 Допускается проводить расчеты с применением программного обеспечения для поверки ареометров, входящего в комплект установки гидростатического взвешивания.

9.1.6 Обработка результатов измерений.

9.1.6.1 Рассчитывают абсолютную погрешность измерений плотности при температуре 20 °С ( $\Delta\rho_{20}$ ), кг/м<sup>3</sup> по формуле:

$$\Delta\rho_{20} = \rho_{ши} - \rho_{ди} \quad (5)$$

где  $\rho_{ди}$  – значение оцифрованной отметки шкалы, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{ши}$  – действительное значение плотности на оцифрованной отметке шкалы, рассчитанное по формуле (4), кг/м<sup>3</sup>.

9.1.6.2 Рассчитывают абсолютную погрешность измерений плотности при температуре градуировки ареометра 15 °С ( $\Delta\rho_{15}$ ), кг/м<sup>3</sup> по формуле:

$$\Delta\rho_{15} = \Delta\rho_{20} + \beta \cdot (t_1 - t_2) \cdot \rho \quad (6)$$

где:  $\Delta\rho_{20}$  – абсолютная погрешность на оцифрованной отметке шкалы при 20 °С;

$\beta$  – коэффициент объемного расширения стекла, равный 0,000025 °С<sup>-1</sup>;

$t_1$  – температура, при которой отградуирован ареометр, равная 15 °С;

$t_2$  – температура, при которой проводились измерения, равная 20 °С.

9.2 Определение абсолютной погрешности измерений плотности методом непосредственного сличения

9.2.1 Поверку ареометров проводят в трех точках диапазона оцифрованной шкалы, соответствующих началу, середине и концу диапазона. Поверку начинают с нижней выбранной отметки.

9.2.2 Допускается поверять одновременно несколько однотипных ареометров при условии, что ареометры не должны касаться друг друга и стенок цилиндра. В цилиндр, заполненный поверочной жидкостью, последовательно один за другим погружают поверяемые ареометры, предварительно подготовленные по п.7. Последним погружают ареометр – рабочий эталон.

9.2.3 Показания поверяемых ареометров и ареометров – рабочих эталонов снимают по нижнему краю мениска. При этом глаза поверителя находятся ниже уровня жидкости настолько, чтобы видеть основание мениска в форме эллипса. Постепенно поднимая глаза, отмечают как эллипс, суживаясь, обращается в прямую линию, проектирующуюся на шкалу ареометра. Линия соприкосновения поверочной жидкости со стержнем ареометра имеет форму окружности, лежащей в горизонтальной плоскости. Отклонение линии от окружности свидетельствует о плохой подготовке ареометра к поверке или загрязнению поверочной жидкости. В таких случаях поверку не проводят, а повторяют подготовку ареометров в соответствии с п. 7, а поверочную жидкость фильтруют.

9.2.4 Показания поверяемых ареометров снимают примерно через 3 минуты после погружения в поверочную жидкость, показания ареометров-рабочих эталонов примерно через 5 минут после их погружения в поверочную жидкость.

9.2.5 Если при снятии показаний наблюдаемая линия мениска (его нижний или верхний край) совпадает с одним из штрихов шкалы, то его показание соответствует значению штриха. В том случае, если эта линия лежит между двумя штрихами, то видимую часть деления отсчитывают визуальным способом в десятых долях наименьшего деления шкалы по сравнению с соседними и выражают в долях единицы измерений шкалы плотностей.



9.2.6 После поверки ареометров на первой отметке их промывают в проточной воде, протирают спиртом и сушат на воздухе, после чего приступают к поверке на следующей отметке.

9.2.7 При извлечении поверяемого ареометра из поверочной жидкости ареометр-рабочий эталон приподнимают на 5-6 см так, чтобы колеблющийся уровень жидкости не смочил сухую часть стержня. В случае продолжения работ поверочную жидкость тщательно перемешивают, ареометр-рабочий эталон прижимают к стенке цилиндра, не извлекая его из жидкости.

9.2.8 Обработка результатов измерений.

Рассчитывают абсолютную погрешность измерений плотности  $\Delta_{\rho_{15}}$ , кг/м<sup>3</sup> по формуле:

$$\Delta_{\rho_{15}} = \rho_{ai} - \rho_{эi} \quad (7)$$

где  $\rho_{ai}$  - показания поверяемого ареометра на  $i$ -ой отметке шкалы, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{эi}$  - показания ареометра-рабочего эталона, градуированного при температуре 15 °С с учетом поправки из протокола поверки, кг/м<sup>3</sup>.

## 10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Оценка соответствия средства измерений метрологическим требованиям, указанным в описании типа:

10.1.1 Результат поверки ареометра стеклянного для нефти считать положительным, если абсолютная погрешность измерений  $\Delta_{\rho_{15}}$ , рассчитанная по формулам (6) и (7), не превышает значений, указанных в таблице Г1 приложения Г.

10.1.2 В случае несоответствия ареометра критериям, изложенным в п.10.1.1, результат поверки ареометра стеклянного для нефти считать отрицательным.

## 11 Оформление результатов поверки

11.1 Сведения о результатах поверки средств измерений передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.2 При положительных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его в поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений, оформленное в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

11.3 При отрицательных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его в поверку, выдается извещение о непригодности к применению средства измерений, оформленное в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами.

11.4 Требования к оформлению протокола поверки не предъявляются.

Начальник лаборатории № 448



А.Г. Дубинчик

Пример расчета объемов смешиваемых компонентов для составления поверочных растворов

При расчете объемов для составления водно-спиртовых растворов из дистиллированной воды и этилового спирта принимают дистиллированную воду за водно-спиртовой раствор с нулевой концентрацией и выполняют расчет.

Соотношение объемов смешиваемых жидкостей рассчитать по формуле А1

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{(P-P_2)}{(P_1-P) \cdot (\rho_2 \div \rho_1)}, \quad (A1)$$

где  $\rho_1$  -плотность водно-спиртового раствора,  $\text{кг/м}^3$ , с объемной долей спирта  $q_1$ , %, и массовой долей спирта  $P_1$ , %;

$\rho_2$  - плотность водно-спиртового раствора,  $\text{кг/м}^3$ , с объемной долей спирта  $q_2$ , %, и массовой долей спирта  $P_2$ , %.

Зависимость концентрации спирта в объемных долях ( $q$  в %) от концентрации спирта в массовых долях ( $P$  в %) при температуре 20 °С и нормальном атмосферном давлении выбирается в соответствии с таблицей А2.

Зависимость плотности водно-спиртовых растворов ( $\rho$  в  $\text{кг/м}^3$ ) от концентрации спирта в объемных долях ( $q$  в %) при температуре 20 °С и нормальном атмосферном давлении выбирается в соответствии с таблицей А3.

#### ПРИМЕР РАСЧЕТА.

Исходные данные: плотность дистиллированной воды  $\rho_1$ : 998,2  $\text{кг/м}^3$ ; объемная доля этилового спирта  $q_2$  : 96%.

Заданная объемная доля спирта  $q$  в водно-спиртовом растворе: 85 %.

Дистиллированную воду принимают за водно-спиртовой раствор с нулевой концентрацией (объемная доля  $q_1$ : 0 %, соответствующая массовой доле  $P_1$ : 0 %).

Из таблицы В2 находят, что объемная доля 85,0 % ( $q$ ) соответствует массовой доле 79,40 % ( $P$ ), а объемная доля 96 % ( $q_2$ ) соответствует массовой доле 93,84 % ( $P_2$ ).

$\rho_1$  и  $\rho_2$  -плотности водно-спиртовых растворов в  $\text{кг/м}^3$  с объемной долей спирта 0 % ( $q_1$ ), 96 % ( $q_2$ ) в % и массовой долей спирта 0 % ( $P_1$ ) и 93,84 % ( $P_2$ ) соответственно.

Объемы (в частях) воды  $V_1$  и спирта  $V_2$  вычисляют из соотношения

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{(79,40 - 93,84)}{(0,00 - 79,40) \cdot (807,5 \div 998,2)} = \frac{1}{7}$$

Следовательно, для получения водно-спиртового раствора с заданной объемной долей спирта берут одну объемную часть воды дистиллированной воды и семь объемных частей этилового спирта.

После приготовления водно-спиртовые растворы должны быть выдержаны не менее 1 суток.



Таблица А1. Зависимость плотности водно-спиртовых растворов ( $\rho$  в г/см<sup>3</sup>)  
от концентрации спирта в объёмных долях (qv %)  
при температуре 20 °С и нормальном атмосферном давлении по Р 50.2.041-2004

q, %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	q, %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	q, %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	q, %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>
0	0,9982	26	0,9670	52	0,9262	78	0,8648
1	0,9967	27	0,9658	53	0,9242	79	0,8620
2	0,9953	28	0,9646	54	0,9221	80	0,8593
3	0,9938	29	0,9634	55	0,9200	81	0,8565
4	0,9924	30	0,9622	56	0,9179	82	0,8537
5	0,9910	31	0,9610	57	0,9157	83	0,8508
6	0,9897	32	0,9597	58	0,9136	84	0,8479
7	0,9884	33	0,9584	59	0,9114	85	0,8449
8	0,9872	34	0,9570	60	0,9091	86	0,8419
9	0,9859	35	0,9556	61	0,9069	87	0,8389
10	0,9847	36	0,9542	62	0,9046	88	0,8357
11	0,9836	37	0,9527	63	0,9023	89	0,8325
12	0,9824	38	0,9512	64	0,9000	90	0,8292
13	0,9812	39	0,9496	65	0,8976	91	0,8259
14	0,9800	40	0,9480	66	0,8952	92	0,8224
15	0,9789	41	0,9464	67	0,8928	93	0,8189
16	0,9778	42	0,9448	68	0,8904	94	0,8152
17	0,9768	43	0,9431	69	0,8880	95	0,8114
18	0,9759	44	0,9413	70	0,8855	96	0,8075
19	0,9766	45	0,9395	71	0,8830	97	0,8033
20	0,9736	46	0,9377	72	0,8805	98	0,7990
21	0,9725	47	0,9359	73	0,8779	99	0,7942
22	0,9714	48	0,9340	74	0,8754	100	0,7892
23	0,9703	49	0,9321	75	0,8728		
24	0,9692	50	0,9302	76	0,8701		
25	0,9681	51	0,9282	77	0,8675		

Таблица А2. Зависимость концентрации спирта в объемных долях  
от концентрации спирта в массовых долях  
при температуре 20 °С и нормальном атмосферном давлении по Р 50.2.041-2004

q, %	P, %	q, %	P, %	q, %	P, %	q, %	P, %
0	0,0	26	21,20	52	44,31	78	71,19
1	0,79	27	22,06	53	45,26	79	72,33
2	1,59	28	22,91	54	46,22	80	73,48
3	2,38	29	23,76	55	47,18	81	74,64
4	3,18	30	24,61	56	48,15	82	75,81
5	3,98	31	25,46	57	49,13	83	77,00
6	4,78	32	26,32	58	50,11	84	78,19
7	5,59	33	27,18	59	51,00	85	79,40
8	6,40	34	28,04	60	52,09	86	80,62
9	7,20	35	28,91	61	53,09	87	81,86
10	8,02	36	29,78	62	54,09	88	83,11
11	8,83	37	30,65	63	55,11	89	84,38
12	9,64	38	31,53	64	56,13	90	85,66
13	10,64	39	32,41	65	57,15	91	86,96
14	11,27	40	33,30	66	58,19	92	88,29
15	12,09	41	34,19	67	59,23	93	89,63
16	12,92	42	35,09	68	60,27	94	91,00
17	13,74	43	35,99	69	61,33	95	92,41
18	14,56	44	36,89	70	62,39	96	93,84
19	15,39	45	37,80	71	63,46	97	95,30
20	16,21	46	38,72	72	64,54	98	96,81
21	17,04	47	39,64	73	65,63	99	98,38
22	17,87	48	40,56	74	66,72	100	100,00
23	18,71	49	41,49	75	67,82		
24	19,54	50	42,43	76	68,94		
25	20,38	51	43,37	77	70,06		



Таблица А3. Зависимость концентрации спирта в массовых долях  
от концентрации спирта в объемных долях  
при температуре 20 °С и нормальном атмосферном давлении по Р 50.2.041-2004

P, %	q, %	P, %	q, %	P, %	q, %	P, %	q, %
0	0,00	26	31,63	52	59,91	78	83,84
1	1,26	27	32,79	53	60,91	79	84,67
2	2,52	28	33,95	54	61,91	80	85,49
3	3,77	29	35,11	55	62,89	81	86,31
4	5,02	30	36,25	56	63,88	82	87,12
5	6,27	31	37,40	57	64,85	83	87,92
6	7,51	32	38,53	58	65,82	84	88,71
7	8,75	33	39,66	59	66,78	85	89,49
8	9,98	34	40,78	60	67,74	86	90,26
9	11,21	35	41,90	61	68,69	87	91,03
10	12,44	36	43,01	62	69,63	88	91,78
11	13,66	37	44,12	63	70,57	89	92,53
12	14,89	38	45,22	64	71,50	90	93,27
13	16,10	39	46,31	65	72,42	91	94,00
14	17,32	40	47,39	66	73,34	92	94,71
15	18,53	41	48,47	67	74,25	93	95,42
16	19,74	42	49,55	68	75,16	94	96,11
17	20,95	43	50,61	69	76,06	95	96,80
18	22,15	44	51,67	70	76,95	96	97,47
19	23,35	45	52,72	71	77,83	97	98,12
20	24,54	46	53,77	72	78,71	98	98,76
21	25,74	47	54,81	73	79,58	99	99,39
22	26,92	48	55,84	74	80,45	100	100,00
23	28,11	49	56,87	75	81,31		
24	29,29	50	57,89	76	82,16		
25	30,46	51	58,90	77	83,00		

Определение плотности воздуха

Плотность воздуха  $e_B$ , г/см<sup>3</sup>, вычисляют по формуле (Б1):

$$e_B = \frac{(0,34848 \cdot P_a - 0,009024 \cdot H \cdot e^{0,0612 T_{air}}) \cdot 10^{-3}}{273,15 + T_{air}} \quad (\text{Б1})$$

где  $P_a$  – значение атмосферного давления, гПа

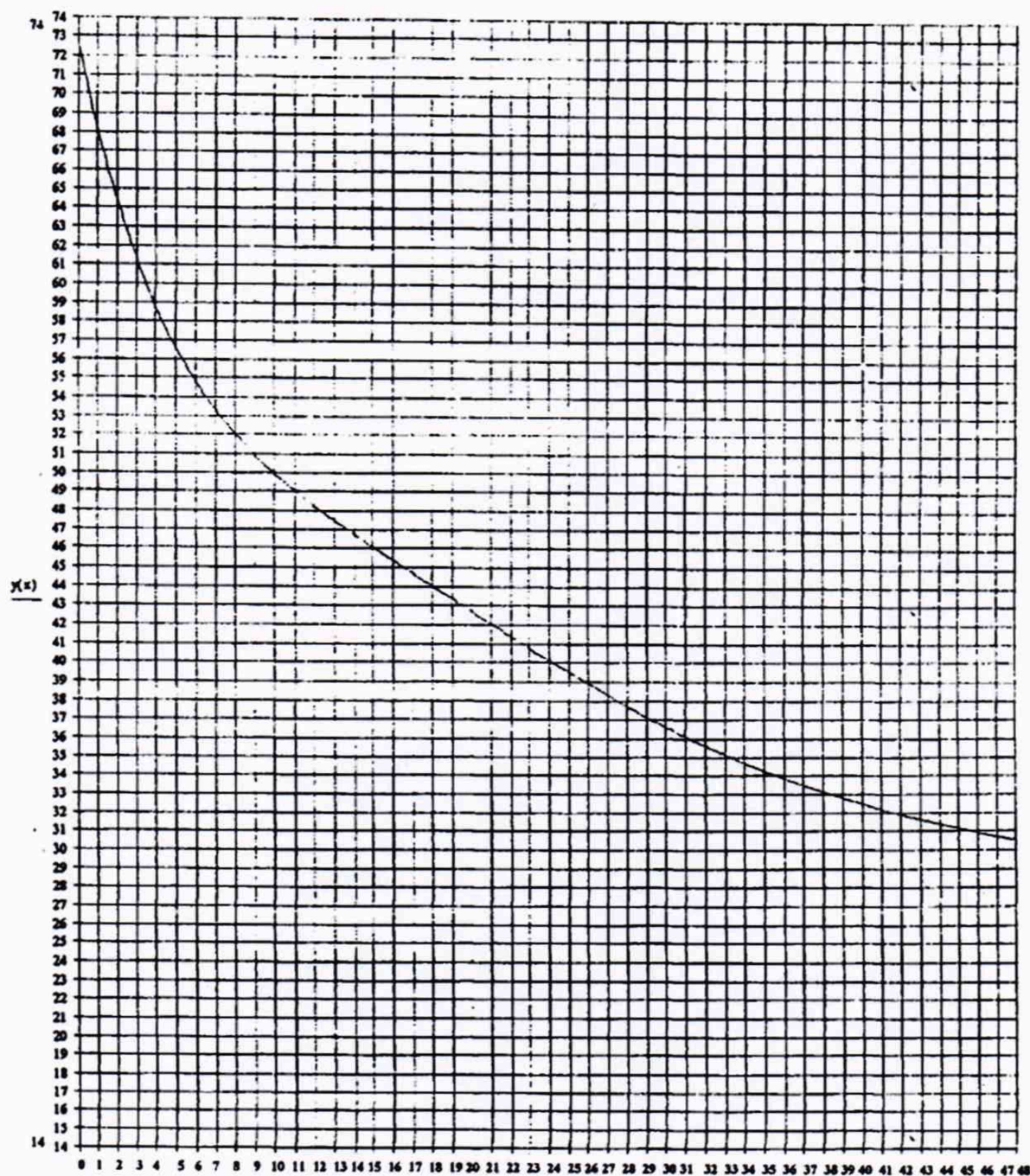
$H$  – относительная влажность воздуха, %

$T_{air}$  – температура воздуха, °С

Допускается проводить расчеты с применением программного обеспечения для поверки ареометров, входящего в состав установки



Значение коэффициентов поверхностного натяжения для водно-спиртовых растворов  
в зависимости от содержания этилового спирта в объемных долях.





Значение коэффициентов поверхностного натяжения для водно-спиртовых растворов  
в зависимости от содержания этилового спирта в объемных долях.

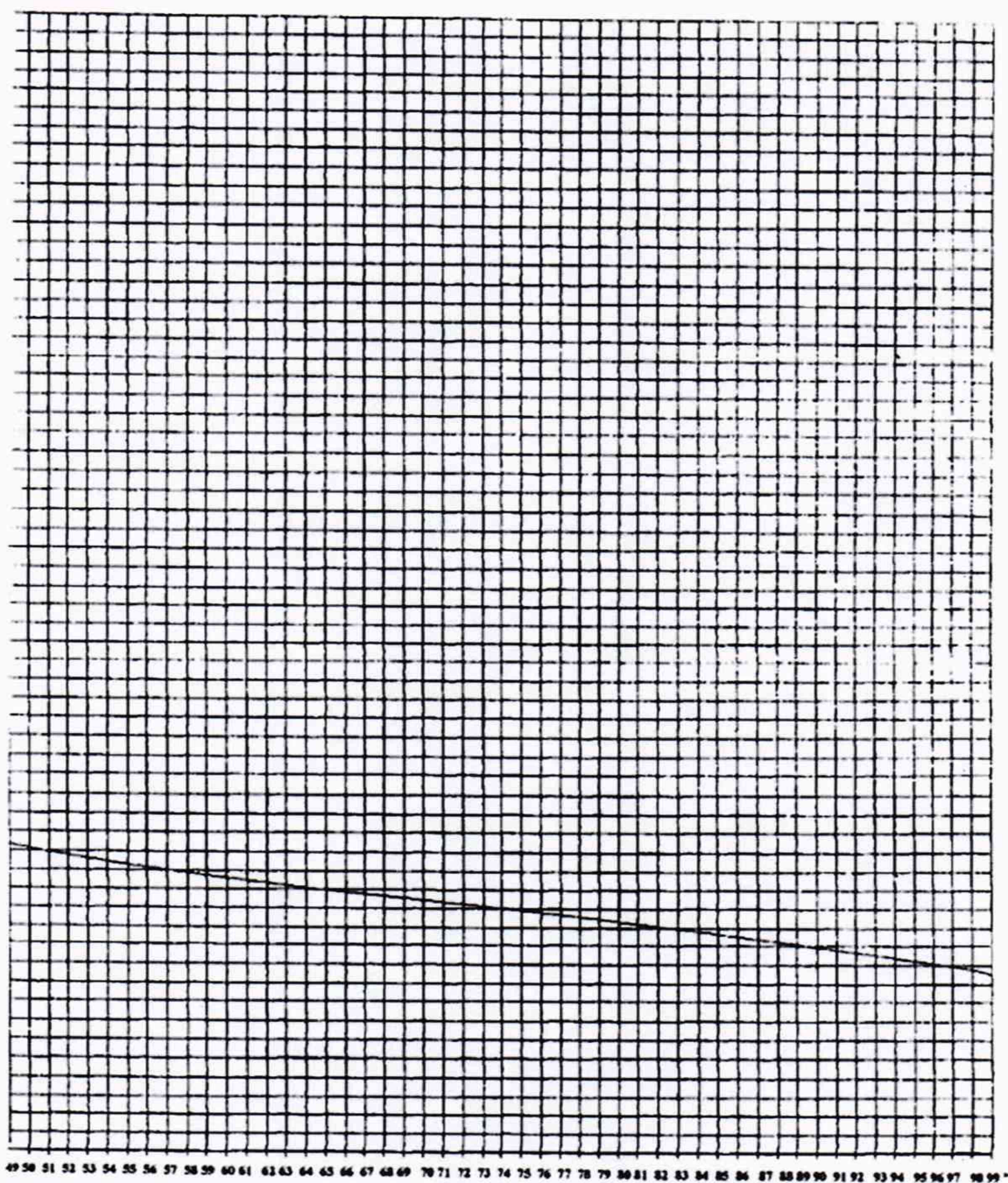




Таблица Г1 - Метрологические характеристики ареометров стеклянных для нефти

Обозначение модификации ареометра	Диапазон измерений плотности, кг/м <sup>3</sup>	Цена деления шкалы, кг/м <sup>3</sup>	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности, кг/м <sup>3</sup>
АНТ-1	от 650 до 710; от 710 до 770; от 770 до 830; от 830 до 890; от 890 до 950; от 950 до 1010; от 1010 до 1070	0,5	±0,5
АНТ-2	от 670 до 750; от 750 до 830; от 830 до 910; от 910 до 990; от 990 до 1070	1,0	±1,0
АН	от 650 до 680; от 680 до 710; от 710 до 740; от 740 до 770; от 770 до 800; от 800 до 830; от 830 до 860; от 860 до 890; от 890 до 920; от 920 до 950; от 950 до 980; от 980 до 1010; от 1010 до 1040; от 1040 до 1070	0,5	±0,5