

УГЛЕВОДОРОДЫ АРОМАТИЧЕСКИЕ

Метод определения плотности и относительной плотности
чистых жидких химических веществ

ВУГЛЕВАДАРОДЫ АРАМАТЫЧНЫЯ

Метад вызначэння шчыльнасці і адноснай шчыльнасці
чыстых вадкіх хімічных рэчываў

(ASTM D 3505-96(2000), IDT)

Издание официальное

БЗ 3-2005



Ключевые слова: плотность, относительная плотность, вещества химические жидкие чистые, поправка на температурное расширение

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

1 ПОДГОТОВЛЕН И ВНЕСЕН ОАО «Белгорхимпром»

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 19 июля 2005 г. № 33

3 Настоящий стандарт идентичен стандарту американского общества по испытаниям материалов ASTM D 3505-96 (Reapproved 2000) «Standard Test Method for Density or Relative Density of Pure Liquid Chemicals» (ASTM D 3505-96(2000) «Метод определения плотности и относительной плотности чистых жидких химических веществ»).

В стандарт внесены следующие редакционные изменения:

– наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования стандарта ASTM D для обеспечения однозначной классификации стандартов в соответствии с МК (ИСО/ИНФКО МКС) 001;

– в разделе 2 (в сноске) приведена дополнительная информация применительно к территории Республики Беларусь, выделенная курсивом.

Стандарт ASTM D разработан Комитетом D16 по ароматическим углеводородам и родственным им химическим веществам и под прямой ответственностью Подкомитета D 16.04 по инструментальному анализу.

Перевод с английского языка (en).

Официальный экземпляр стандарта ASTM D, на основе которого подготовлен настоящий государственный стандарт, имеется в БелГИСС.

Степень соответствия – идентичная (IDT)

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий стандарт не может быть тиражирован и распространен без разрешения Госстандарта Республики Беларусь

Издан на русском языке

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины	2
4 Сущность метода	2
5 Значение и использование.....	7
6 Оборудование.....	8
7 Техника безопасности.....	8
8 Отбор проб.....	8
9 Подготовка оборудования	9
10 Калибровка оборудования	9
11 Проведение анализа	10
12 Расчеты	11
13 Точность и систематическая погрешность.....	12
Приложение А (справочное) Особенности метода и вывод формул для расчета плотности.....	13

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УГЛЕВОДОРОДЫ АРОМАТИЧЕСКИЕ
Метод определения плотности и относительной плотности
чистых жидких химических веществ**ВУГЛЕВАДАРОДЫ АРАМАТЫЧНЫЯ**
Метад вызначэння шчыльнасці і адноснай шчыльнасці
чыстых вадкіх хімічных рэчываў

Aromatic Hydrocarbons.

Standard Test Method for Density or Relative Density of Pure Liquid Chemicals¹⁾

Дата введения 2005-11-01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает метод определения плотности и относительной плотности чистых жидких химических веществ, для которых известны точные зависимости температурного расширения, и применяется для жидкостей, имеющих давление пара не более 600 мм рт. ст. (0,8 атм.) и вязкость не более $15 \cdot 10^{-6}$ м²/с (15 сСт) при температуре 20 °С (60 °F).

1.2 Результаты в отчете об испытаниях должны быть представлены в следующих единицах:

- плотность, г/см³, при 20 °С;
- плотность, г/мл, при 20 °С;
- относительная плотность при 20 °С/4 °С;
- относительная плотность при 60 °F/60 °F (15,56 °С/15,56 °С);
- коммерческая плотность, фунт (в воздухе)/галлон США, при 60 °F;
- коммерческая плотность, фунт (в воздухе)/галлон СК, при 60 °F.

Примечание 1 – Данный метод испытаний основан на старом определении 1 л = 1,000028 дм³ (1 мл = 1,000028 см³). В 1964 году Генеральная конференция по мерам и весам вывела это определение литра и заявила, что слово «литр» является специальным обозначением кубического дециметра, приводя таким образом к точному определению того, что 1 мл = 1 см³.

Примечание 2 – Альтернативным методом определения относительной плотности чистых жидких химических веществ является метод определения согласно ASTM D 4052.

1.3 Нижеследующее распространяется на все единицы измерений, приведенные в данном методе испытаний. Последнюю цифру измеренного или рассчитанного значения округляют до ближайшей единицы в соответствии с методом округления, приведенным в стандарте ASTM E 29.

1.4 Настоящий стандарт не рассматривает всех проблем безопасности, связанных с его применением, если они существуют. Пользователь настоящего стандарта несет ответственность за обеспечение техники безопасности, охрану здоровья человека и определение границ применимости стандарта до начала его применения. Особые меры безопасности установлены в разделе 7.

2 Нормативные ссылки

2.1 В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты ASTM:

ASTM D 1193 Вода для химических анализов. Технические требования²⁾

ASTM D 1555 Метод расчета объема и веса промышленных ароматических углеводородов³⁾

ASTM D 3437 Практикум по отбору проб и работе с жидкими циклическими веществами³⁾

¹⁾ Настоящий стандарт находится под юрисдикцией ASTM Комитета D16 по ароматическим углеводородам и родственным им химическим веществам и находится под прямой ответственностью Подкомитета D 16.04 по инструментальному анализу.

Современное издание было утверждено 10 января 1996 года, опубликовано в марте 1996 года. Первоначально издавалось как D 3505-76. Препоследнее издание – D 3505-91.

²⁾ Ежегодный сборник стандартов ASTM, том 11.01.

³⁾ Ежегодный сборник стандартов ASTM, том 06.04.

СТБ 1560-2005

ASTM D 4052 Метод определения плотности и относительной плотности жидкостей с помощью цифрового измерителя плотности⁴⁾

ASTM E 1 Термометры ASTM. Технические требования⁵⁾

ASTM E 12 Плотность и удельный вес твердых веществ, жидкостей и газов. Терминология⁶⁾

ASTM E 29 Применение значащих цифр в данных испытаний для определения соответствия техническим требованиям⁷⁾

2.2 Другие документы

OSHA, 29 CFR, параграфы 1910.1000 и 1910.1200⁸⁾*

3 Термины

3.1 Определения

3.1.1 Плотность – масса единицы объема вещества при заданной эталонной температуре. Для определения массы вес корректируется с учетом ускорения силы тяжести и подъемной силы воздуха.

В настоящем методе используют рычажные весы, для которых не нужны поправки на колебания ускорения силы тяжести. При использовании крутильных или пружинных весов такие поправки необходимы.

3.1.2 Относительная плотность – отношение плотности вещества при эталонной температуре t к плотности чистой воды при эталонной температуре t_2 в одинаковых единицах измерения. На практике принимают эталонную температуру t_1 , равную t_2 .

3.1.2.1 Эталонной температурой t_2 для воды считается 4 °С, так как плотность воды при 4 °С близка к 1 г/мл или 1 г/см³. Если плотность жидких веществ задается в граммах на миллилитр или в граммах на кубический сантиметр, то значение плотности почти идентично значению относительной плотности. Таким образом, плотность при 20 °С, г/мл или г/см³, почти идентична относительной плотности при 20 °С/4 °С.

3.1.3 Коммерческая плотность – вес единицы объема вещества без поправок на подъемную силу воздуха. В настоящем методе коммерческая плотность измеряется фунтами (в воздухе) на галлон США при 60 °F или фунтами (в воздухе) на галлон СК при 60 °F. Эта плотность используется в коммерческих сделках в нефтяной и угольной промышленности в США и Канаде.

3.2 В настоящем методе используются также определения, включенные в ASTM E 12.

4 Сущность метода

Примечание 3 – Особенности метода и вывод формул для расчета плотности приведены в приложении А.

4.1 Для веществ, перечисленных в таблице 1, пробу вещества помещают во взвешенный и откалиброванный двухкапиллярный пикнометр. Заполненный пикнометр оставляют для приведения в равновесие при любой температуре в диапазоне от 10 °С до 30 °С (от 50 °F до 86 °F). Температуру равновесия измеряют с точностью до 0,02 °С. Вес определяют с помощью рычажных весов. Плотность, относительную плотность или коммерческую плотность при заданной эталонной температуре рассчитывают, исходя из веса пробы, калибровки пикнометра, пропорционально равному объему воды, коэффициентов поправки на подъемную силу воздуха, изменения вместимости пикнометра и объема пробы вещества, обусловленные отклонениями от выбранной эталонной температуры.

⁴⁾ Ежегодный сборник стандартов ASTM, том 05.02.

⁵⁾ Ежегодный сборник стандартов ASTM, том 14.03.

⁶⁾ Отменено в 1996 году; 1995 смотрите ежегодный сборник стандартов ASTM, том 15.05.

⁷⁾ Ежегодный сборник стандартов ASTM, том 14.02.

⁸⁾ Можно получить из Управления по документации, США, Офис по печати правительственной документации, Вашингтон, DC 20402.

* В Республике Беларусь применяют СанПиН № 11-19-94, «Межотраслевые общие правила по охране труда», утвержденные Постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь № 70 от 03.06.2003.

4.2 Для жидких веществ, не перечисленных в таблице 1, пробу приводят в равновесие при заданной эталонной температуре, обычно 20 °С или 60 °F (15,56 °С). Плотность, относительную плотность, коммерческую плотность рассчитывают, исходя из веса пробы, калибровки пикнометра, пропорционально равному объему воды и условий, при которых корректируется подъемная сила воздуха.

Для летучих жидкостей, таких как пентан, время между снятием показаний объема при температуре равновесия и взвешиванием не должно быть длительным, иначе потеря веса за счет испарения может привести к ошибкам.⁹⁾

Таблица 1 – Часть 1. Коэффициенты F 20 для вычисления плотности при эталонной температуре 20 °С. Значения коэффициентов для веществ, рассчитанные в соответствии с температурой бани, в которой находится уравновешенный пикнометр

Температура, °С	Бензол	Толуол	Смешанные ксилолы	о-ксилол	м-ксилол	п-ксилол	Стирол	Циклогексан
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10,0	0,98822	0,98941	0,99028	0,99052	0,99028	0,99011	0,99029	0,98912
10,2	0,98845	0,98962	0,99047	0,99070	0,99047	0,99030	0,99048	0,98933
10,4	0,98868	0,98983	0,99066	0,99089	0,99066	0,99049	0,99066	0,98953
10,6	0,98891	0,99003	0,99085	0,99107	0,99085	0,99069	0,99085	0,98973
10,8	0,98914	0,99024	0,99104	0,99126	0,99104	0,99088	0,99104	0,98993
11,0	0,98937	0,99045	0,99123	0,99144	0,99123	0,99107	0,99123	0,99013
11,2	0,98960	0,99066	0,99142	0,99163	0,99142	0,99126	0,99142	0,99034
11,4	0,98982	0,99086	0,99161	0,99181	0,99161	0,99146	0,99161	0,99054
11,6	0,99005	0,99107	0,99179	0,99200	0,99179	0,99165	0,99180	0,99075
11,8	0,99028	0,99128	0,99198	0,99218	0,99198	0,99184	0,99199	0,99055
12,0	0,99051	0,99148	0,99217	0,99237	0,99217	0,99204	0,99218	0,99116
12,2	0,99074	0,99169	0,99236	0,99255	0,99236	0,99223	0,99237	0,99136
12,4	0,99097	0,99190	0,99255	0,99274	0,99255	0,99242	0,99256	0,99157
12,6	0,99120	0,99211	0,99274	0,99292	0,99274	0,99262	0,99275	0,99178
12,8	0,99144	0,99231	0,99293	0,99311	0,99293	0,99281	0,99294	0,99199
13,0	0,99167	0,99252	0,99312	0,99329	0,99312	0,99300	0,99313	0,99220
13,2	0,99190	0,99273	0,99331	0,99348	0,99331	0,99320	0,99332	0,99240
13,4	0,99213	0,99294	0,99350	0,99367	0,99350	0,99339	0,99351	0,99261
13,6	0,99236	0,99315	0,99369	0,99385	0,99369	0,99358	0,99370	0,99282
13,8	0,99259	0,99335	0,99389	0,99404	0,99389	0,99378	0,99390	0,99303
14,0	0,99282	0,99356	0,99408	0,99422	0,99408	0,99397	0,99409	0,99326
14,2	0,99305	0,99377	0,99427	0,99441	0,99427	0,99417	0,99428	0,99346
14,4	0,99329	0,99398	0,99446	0,99460	0,99446	0,99436	0,99447	0,99367
14,6	0,99352	0,99419	0,99465	0,99478	0,99465	0,99456	0,99466	0,99383
14,8	0,99375	0,99440	0,99484	0,99497	0,99484	0,99475	0,99485	0,99410
15,0	0,99398	0,99461	0,99503	0,99516	0,99503	0,99495	0,99504	0,99431
15,2	0,99421	0,99481	0,99522	0,99534	0,99522	0,99514	0,99523	0,99452
15,4	0,99445	0,99502	0,99541	0,99553	0,99541	0,99534	0,99542	0,99474
15,6	0,99468	0,99523	0,99561	0,99572	0,99561	0,99553	0,99562	0,99496
15,8	0,99491	0,99544	0,99580	0,99590	0,99580	0,99573	0,99581	0,99517
16,0	0,99515	0,99565	0,99599	0,99609	0,99599	0,99592	0,99600	0,99539
16,2	0,99538	0,99586	0,99618	0,99628	0,99618	0,99612	0,99619	0,99561
16,4	0,99561	0,99607	0,99637	0,99646	0,99637	0,99631	0,99638	0,99582
16,6	0,99585	0,99628	0,99657	0,99665	0,99657	0,99651	0,99658	0,99604
16,8	0,99608	0,99649	0,99676	0,99684	0,99676	0,99670	0,99677	0,99626

⁹⁾ Более полная информация об использовании этой конструкции пикнометра приведена в Lipken, Davidson, Harvey and Kurtz, Industrial Engineering Chemistry, Analytical Edition; Vol 16, 1944, p. 55.

СТБ 1560-2005

Продолжение таблицы 1, часть 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
17,0	0,99632	0,99670	0,99695	0,99703	0,99695	0,99690	0,99696	0,99648
17,2	0,99655	0,99691	0,99714	0,99721	0,99714	0,99710	0,99715	0,99670
17,4	0,99679	0,99712	0,99734	0,99740	0,99734	0,99729	0,99734	0,99692
17,6	0,99702	0,99733	0,99753	0,99759	0,99753	0,99749	0,99754	0,99715
17,8	0,99726	0,99754	0,99772	0,99778	0,99772	0,99768	0,99773	0,99737
18,0	0,99749	0,99775	0,99791	0,99797	0,99791	0,99788	0,99792	0,99759
18,2	0,99773	0,99796	0,99811	0,99815	0,99811	0,99808	0,99811	0,99781
18,4	0,99796	0,99817	0,99830	0,99834	0,99830	0,99827	0,99831	0,99804
18,6	0,99820	0,99838	0,99849	0,99853	0,99849	0,99847	0,99850	0,99826
18,8	0,99843	0,99859	0,99869	0,99872	0,99869	0,99867	0,99869	0,99849
19,0	0,99867	0,99880	0,99888	0,99891	0,99888	0,99886	0,99888	0,99871
19,2	0,99890	0,99901	0,99907	0,99910	0,99907	0,99906	0,99908	0,99894
19,4	0,99914	0,99922	0,99927	0,99928	0,99927	0,99926	0,99927	0,99917
19,6	0,99938	0,99943	0,99946	0,99947	0,99946	0,99946	0,99946	0,99939
19,8	0,99961	0,99984	0,99966	0,99966	0,99966	0,99965	0,99966	0,99962
20,0	0,99985	0,99985	0,99985	0,99985	0,99985	0,99985	0,99985	0,99985
20,2	1,00009	1,00006	1,00004	1,00004	1,00004	1,00005	1,00004	1,00008
20,4	1,00032	1,00027	1,00024	1,00023	1,00024	1,00025	1,00024	1,00031
20,6	1,00056	1,00048	1,00043	1,00042	1,00043	1,00044	1,00043	1,00054
20,8	1,00080	1,00069	1,00063	1,00061	1,00063	1,00064	1,00062	1,00077
21,0	1,00104	1,00091	1,00082	1,00080	1,00082	1,00084	1,00082	1,00100
21,2	1,00128	1,00112	1,00102	1,00099	1,00102	1,00104	1,00101	1,00124
21,4	1,00151	1,00133	1,00121	1,00118	1,00121	1,00124	1,00121	1,00147
21,6	1,00175	1,00154	1,00141	1,00137	1,00141	1,00143	1,00140	1,00170
21,8	1,00199	1,00175	1,00160	1,00156	1,00160	1,00163	1,00159	1,00194
22,0	1,00223	1,00196	1,00180	1,00175	1,00180	1,00183	1,00179	1,00217
22,2	1,00247	1,00218	1,00199	1,00194	1,00199	1,00203	1,00198	1,00241
22,4	1,00271	1,00239	1,00219	1,00213	1,00219	1,00223	1,00218	1,00264
22,6	1,00295	1,00260	1,00238	1,00232	1,00238	1,00243	1,00237	1,00288
22,8	1,00319	1,00281	1,00258	1,00251	1,00258	1,00263	1,00257	1,00312
23,0	1,00342	1,00302	1,00278	1,00270	1,00278	1,00283	1,00276	1,00336
23,2	1,00366	1,00324	1,00297	1,00289	1,00297	1,00303	1,00296	1,00360
23,4	1,00390	1,00345	1,00317	1,00308	1,00317	1,00322	1,00315	1,00383
23,6	1,00414	1,00366	1,00336	1,00327	1,00336	1,00342	1,00335	1,00408
23,8	1,00438	1,00387	1,00356	1,00346	1,00356	1,00362	1,00354	1,00432
24,0	1,00462	1,00409	1,00376	1,00365	1,00376	1,00382	1,00374	1,00456
24,2	1,00487	1,00430	1,00395	1,00384	1,00395	1,00402	1,00393	1,00480
24,4	1,00511	1,00451	1,00415	1,00403	1,00415	1,00422	1,00413	1,00504
24,6	1,00535	1,00473	1,00435	1,00422	1,00435	1,00442	1,00432	1,00529
24,8	1,00559	1,00494	1,00454	1,00442	1,00454	1,00462	1,00452	1,00558
25,0	1,00583	1,00515	1,00474	1,00461	1,00474	1,00482	1,00471	1,00577
25,2	1,00607	1,00537	1,00494	1,00480	1,00494	1,00502	1,00491	1,00602
25,4	1,00631	1,00558	1,00514	1,00499	1,00514	1,00522	1,00511	1,00627
25,6	1,00656	1,00579	1,00533	1,00518	1,00533	1,00542	1,00530	1,00651
25,8	1,00680	1,00601	1,00553	1,00537	1,00553	1,00563	1,00550	1,00676

Окончание таблицы 1, часть 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
26,0	1,00704	1,00622	1,00573	1,00557	1,00573	1,00583	1,00569	1,00701
26,2	1,00728	1,00643	1,00593	1,00576	1,00593	1,00603	1,00589	1,00726
26,4	1,00753	1,00665	1,00612	1,00595	1,00612	1,00623	1,00609	1,00751
26,6	1,00777	1,00686	1,00632	1,00614	1,00632	1,00643	1,00628	1,00775
26,8	1,00801	1,00707	1,00652	1,00634	1,00652	1,00663	1,00648	1,00801
27,0	1,00825	1,00729	1,00672	1,00653	1,00672	1,00683	1,00667	1,00826
27,2	1,00850	1,00750	1,00692	1,00672	1,00692	1,00703	1,00687	1,00851
27,4	1,00874	1,00772	1,00711	1,00691	1,00711	1,00724	1,00707	1,00876
27,6	1,00899	1,00793	1,00731	1,00711	1,00731	1,00744	1,00726	1,00902
27,8	1,00923	1,00815	1,00751	1,00730	1,00751	1,00764	1,00746	1,00927
28,0	1,00947	1,00836	1,00771	1,00749	1,00771	1,00784	1,00766	1,00953
28,2	1,00972	1,00858	1,00791	1,00796	1,00791	1,00804	1,00786	1,00978
28,4	1,00996	1,00879	1,00811	1,00788	1,00811	1,00825	1,00805	1,01004
28,6	1,01021	1,00901	1,00831	1,00807	1,00831	1,00845	1,00825	1,01089
28,8	1,01045	1,00922	1,00851	1,00827	1,00851	1,00865	1,00845	1,01055
29,0	1,01070	1,00944	1,00871	1,00846	1,00871	1,00885	1,00864	1,01081
29,2	1,01094	1,00965	1,00891	1,00866	1,00891	1,00906	1,00884	1,01107
29,4	1,01119	1,00987	1,00911	1,00885	1,00911	1,00926	1,00904	1,01131
29,6	1,01143	1,01008	1,00931	1,00904	1,00931	1,00946	1,00924	1,01154
29,8	1,01168	1,01030	1,00951	1,00924	1,00951	1,00966	1,00944	1,01185
30,0	1,01192	1,01051	1,00971	1,00943	1,00971	1,00987	1,00963	1,01211

Таблица 1 – Часть 2. Коэффициенты F 60 для вычисления плотности при эталонной температуре 60 °F. Значения коэффициентов для веществ, рассчитанные в соответствии с температурой бани, в которой находится уравновешенный пикнометр

Температура °C	Бензол	Толуол	Смешанные ксилолы	о-ксилол	м-ксилол	п-ксилол	Стирол	Циклогексан
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10,0	0,99341	0,99405	0,99454	0,99467	0,99454	0,99444	0,99454	0,99403
10,2	0,99364	0,99426	0,99473	0,99485	0,99473	0,99464	0,99473	0,99424
10,4	0,99387	0,99446	0,99492	0,99504	0,99492	0,99483	0,99492	0,99444
10,6	0,99410	0,99467	0,99511	0,99523	0,99511	0,99502	0,99511	0,99464
10,8	0,99433	0,99488	0,99530	0,99541	0,99530	0,99522	0,99530	0,99485
11,0	0,99456	0,99509	0,99549	0,99560	0,99549	0,99541	0,99549	0,99505
11,2	0,99479	0,99530	0,99568	0,99578	0,99568	0,99560	0,99568	0,99526
11,4	0,99502	0,99550	0,99587	0,99597	0,99587	0,99580	0,99587	0,99546
11,6	0,99525	0,99571	0,99606	0,99615	0,99606	0,99599	0,99606	0,99567
11,8	0,99548	0,99592	0,99625	0,99634	0,99625	0,99619	0,99625	0,99587
12,0	0,99571	0,99613	0,99644	0,99653	0,99644	0,99638	0,99644	0,99608
12,2	0,99594	0,99634	0,99663	0,99671	0,99663	0,99657	0,99663	0,99629
12,4	0,99617	0,99655	0,99682	0,99690	0,99682	0,99677	0,99682	0,99649
12,6	0,99640	0,99675	0,99701	0,99708	0,99701	0,99696	0,99701	0,99670
12,8	0,99664	0,99696	0,99721	0,99727	0,99721	0,99716	0,99721	0,99691
13,0	0,99687	0,99717	0,99740	0,99746	0,99740	0,99735	0,99740	0,99712
13,2	0,99710	0,99738	0,99759	0,99764	0,99759	0,99755	0,99759	0,99733
13,4	0,99733	0,99759	0,99778	0,99783	0,99778	0,99774	0,99778	0,99754
13,6	0,99756	0,99760	0,99797	0,99802	0,99797	0,99794	0,99797	0,99775
13,8	0,99780	0,99801	0,99816	0,99820	0,99816	0,99813	0,99816	0,99794

СТБ 1560-2005

Продолжение таблицы 1, часть 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14,0	0,99803	0,99822	0,99835	0,99839	0,99835	0,99833	0,99835	0,99818
14,2	0,99826	0,99843	0,99854	0,99858	0,99854	0,99852	0,99855	0,99839
14,4	0,99850	0,99863	0,99874	0,99876	0,99874	0,99872	0,99874	0,99860
14,6	0,99873	0,99884	0,99893	0,99895	0,99893	0,99891	0,99893	0,99882
14,8	0,99896	0,99905	0,99912	0,99914	0,99912	0,99911	0,99912	0,99913
15,0	0,99920	0,99926	0,99931	0,99933	0,99931	0,99930	0,99931	0,99925
15,2	0,99943	0,99947	0,99950	0,99951	0,99950	0,99950	0,99950	0,99946
15,4	0,99966	0,99968	0,99970	0,99970	0,99970	0,99969	0,99970	0,99968
15,6	0,99990	0,99989	0,99989	0,99989	0,99989	0,99989	0,99989	0,99989
15,8	1,00013	1,00010	1,00008	1,00008	1,00008	1,00009	1,00008	1,00011
16,0	1,00037	1,00031	1,00027	1,00026	1,00027	1,00028	1,00027	1,00033
16,2	1,00060	1,00052	1,00047	1,00045	1,00047	1,00048	1,00047	1,00055
16,4	1,00084	1,00073	1,00066	1,00064	1,00066	1,00067	1,00066	1,00077
16,6	1,00107	1,00094	1,00085	1,00083	1,00085	1,00087	1,00085	1,00099
16,8	1,00131	1,00115	1,00105	1,00102	1,00105	1,00107	1,00105	1,00121
17,0	1,00154	1,00136	1,00124	1,00120	1,00124	1,00126	1,00124	1,00143
17,2	1,00178	1,00158	1,00143	1,00139	1,00143	1,00146	1,00143	1,00165
17,4	1,00201	1,00179	1,00163	1,00158	1,00163	1,00166	1,00162	1,00187
17,6	1,00225	1,00200	1,00182	1,00177	1,00182	1,00186	1,00182	1,00210
17,8	1,00249	1,00221	1,00201	1,00196	1,00201	1,00205	1,00201	1,00232
18,0	1,00272	1,00242	1,00221	1,00215	1,00221	1,00225	1,00220	1,00254
18,2	1,00296	1,00263	1,00240	1,00234	1,00240	1,00245	1,00240	1,00277
18,4	1,00319	1,00284	1,00259	1,00252	1,00259	1,00264	1,00259	1,00299
18,6	1,00343	1,00305	1,00279	1,00271	1,00279	1,00284	1,00278	1,00322
18,8	1,00367	1,00326	1,00298	1,00290	1,00298	1,00304	1,00296	1,00344
19,0	1,00391	1,00348	1,00318	1,00309	1,00318	1,00324	1,00317	1,00367
19,2	1,00414	1,00369	1,00337	1,00328	1,00337	1,00344	1,00337	1,00390
19,4	1,00438	1,00390	1,00357	1,00347	1,00357	1,00363	1,00356	1,00413
19,6	1,00462	1,00411	1,00376	1,00366	1,00376	1,00383	1,00375	1,00435
19,8	1,00486	1,00432	1,00396	1,00385	1,00396	1,00403	1,00395	1,00458
20,0	1,00509	1,00453	1,00415	1,00404	1,00415	1,00423	1,00414	1,00481
20,2	1,00533	1,00474	1,00435	1,00423	1,00435	1,00443	1,00434	1,00504
20,4	1,00557	1,00496	1,00454	1,00442	1,00454	1,00463	1,00453	1,00527
20,6	1,00581	1,00517	1,00474	1,00461	1,00474	1,00482	1,00472	1,00551
20,8	1,00605	1,00538	1,00493	1,00480	1,00493	1,00502	1,00492	1,00574
21,0	1,00629	1,00559	1,00513	1,00499	1,00513	1,00522	1,00511	1,00597
21,2	1,00653	1,00581	1,00532	1,00518	1,00532	1,00542	1,00531	1,00621
21,4	1,00677	1,00602	1,00552	1,00537	1,00552	1,00562	1,00550	1,00644
21,6	1,00701	1,00623	1,00572	1,00556	1,00572	1,00582	1,00570	1,00658
21,8	1,00725	1,00644	1,00591	1,00575	1,00591	1,00602	1,00589	1,00691
22,0	1,00749	1,00666	1,00611	1,00594	1,00611	1,00622	1,00609	1,00715
22,2	1,00773	1,00687	1,00630	1,00613	1,00630	1,00642	1,00628	1,00738
22,4	1,00797	1,00708	1,00650	1,00632	1,00650	1,00662	1,00648	1,00752
22,6	1,00821	1,00730	1,00670	1,00652	1,00670	1,00682	1,00667	1,00786
22,8	1,00845	1,00751	1,00689	1,00671	1,00689	1,00702	1,00687	1,00810

Окончание таблицы 1, часть 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
23,0	1,00869	1,00772	1,00709	1,00690	1,00709	1,00722	1,00707	1,00834
23,2	1,00893	1,00794	1,00729	1,00709	1,00729	1,00742	1,00726	1,00858
23,4	1,00917	1,00815	1,00748	1,00728	1,00748	1,00762	1,00746	1,00882
23,6	1,00941	1,00836	1,00768	1,00747	1,00768	1,00782	1,00765	1,00906
23,8	1,00955	1,00858	1,00788	1,00767	1,00788	1,00802	1,00785	1,00930
24,0	1,00990	1,00879	1,00808	1,00786	1,00808	1,00822	1,00805	1,00954
24,2	1,01014	1,00900	1,00827	1,00805	1,00827	1,00842	1,00824	1,00979
24,4	1,01038	1,00922	1,00847	1,00824	1,00847	1,00862	1,00844	1,01013
24,6	1,01062	1,00943	1,00867	1,00843	1,00867	1,00882	1,00863	1,01028
24,8	1,01086	1,00965	1,00887	1,00863	1,00887	1,00902	1,00883	1,01052
25,0	1,01111	1,00986	1,00906	1,00882	1,00906	1,00922	1,00903	1,01077
25,2	1,01135	1,01007	1,00926	1,00901	1,00926	1,00943	1,00922	1,01101
25,4	1,01159	1,01029	1,00946	1,00920	1,00946	1,00963	1,00942	1,01126
25,6	1,01184	1,01050	1,00966	1,00940	1,00966	1,00983	1,00962	1,01151
25,8	1,01206	1,01072	1,00986	1,00959	1,00986	1,01003	1,00981	1,01176
26,0	1,01232	1,01093	1,01006	1,00978	1,01006	1,01023	1,01001	1,01201
26,2	1,01257	1,01115	1,01025	1,00997	1,01025	1,01043	1,01021	1,01226
26,4	1,01281	1,01136	1,01045	1,01017	1,01045	1,01064	1,01040	1,01251
26,6	1,01305	1,01158	1,01065	1,01036	1,01065	1,01084	1,01060	1,01276
26,8	1,01330	1,01179	1,01085	1,01055	1,01085	1,01104	1,01080	1,01301
27,0	1,01354	1,01201	1,01105	1,01075	1,01105	1,01124	1,01099	1,01326
27,2	1,01379	1,01222	1,01125	1,01094	1,01125	1,01144	1,01119	1,01352
27,4	1,01403	1,01244	1,01145	1,01113	1,01145	1,01165	1,01139	1,01377
27,6	1,01428	1,01265	1,01165	1,01133	1,01165	1,01185	1,01159	1,01402
27,8	1,01452	1,01287	1,01185	1,01152	1,01185	1,01205	1,01178	1,01428
28,0	1,01477	1,01308	1,01205	1,01172	1,01205	1,01225	1,01198	1,01454
28,2	1,01501	1,01330	1,01225	1,01191	1,01225	1,01246	1,01218	1,01479
28,4	1,01526	1,01352	1,01245	1,01210	1,01245	1,01266	1,01238	1,01515
28,6	1,01551	1,01373	1,01265	1,01230	1,01265	1,01286	1,01258	1,01531
28,8	1,01575	1,01395	1,01285	1,01249	1,01285	1,01307	1,01278	1,01557
29,0	1,01600	1,01416	1,01305	1,01269	1,01305	1,01327	1,01297	1,01583
29,2	1,01624	1,01438	1,01325	1,01288	1,01325	1,01347	1,01317	1,01609
29,4	1,01649	1,01460	1,01345	1,01308	1,01345	1,01368	1,01337	1,01635
29,6	1,01674	1,01481	1,01365	1,01327	1,01365	1,01388	1,01357	1,01661
29,8	1,01699	1,01503	1,01385	1,01347	1,01385	1,01408	1,01377	1,01687
30,0	1,01723	1,01524	1,01405	1,01366	1,01405	1,01429	1,01397	1,01714

5 Значение и использование

5.1 Настоящий метод пригоден для контроля качества веществ в процессе производства, а также в научных исследованиях в области ароматических углеводородов и их производных. Кроме чистых жидких химических веществ, температурное расширение которых известно, метод может быть использован для жидкостей, температурное расширение которых неизвестно, а также для жидких химических веществ определенной степени чистоты. Информация, полученная при проведении настоящего метода испытаний, может быть применена для описания соотношения веса и объема.

6 Оборудование

6.1 Пикнометр номинальной вместимостью от 9 до 10 мл, размерами в соответствии с рисунком 1, изготовленный из боросиликатного стекла и имеющий общую массу не более 30 г.

6.2 Баня глубиной не менее 300 мм, способная поддерживать необходимую постоянную температуру от 10 °С (50 °F) до 30 °С (86 °F) с точностью до $\pm 0,02$ °С. Штатив для пикнометра (рисунок 2), изготовленный из металла, не поддающегося коррозии.

Примечание 4 – Если температура воздуха в лаборатории изменяется не более чем на 0,02 °С за время достижения температуры равновесия, то специальная баня не требуется.

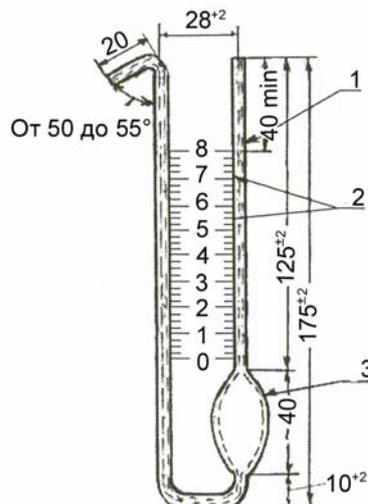
6.3 Термометр бани с диапазоном измерения от минус 8 °С до плюс 32 °С, соответствующий требованиям для термометра 63С, установленным в ASTM E 1.

7 Техника безопасности

7.1 Правила работы со всеми веществами, используемыми в данном методе, приведены в Руководстве по технике безопасности в соответствии с Постановлениями OSHA.

8 Отбор проб

8.1 Отбор проб проводят в соответствии с ASTM D 3437.



- 1 – капилляр внутренним диаметром от 0,9 до 1,1 мм, максимальным наружным диаметром 6,0 мм с точностью $\pm 0,1$ % по всей длине шкалы;
2 – градуировка: короткие линии длиной 1 мм, длинные линии длиной 5 мм, пронумерованы согласно примечанию; 3 – утолщение вместимостью 9,5 мл $\pm 0,5$ мл, внешним диаметром около 26 мм

Примечание – Линии градуировки должны быть нанесены на окружности каждого из капилляров пикнометра. Длинные линии предназначены для делений 0, 1, 2 и т. д., короткие линии, расположенные посередине между длинными линиями, предназначены для промежуточных делений 0,5, 1,5 и т. д.

Рисунок 1 – Пикнометр

СТБ 1560-2005

10.2 Вместимость пикнометра V_T^p , мл, в каждой из трех точек шкалы рассчитывают по формуле с точностью до 6-го знака после нуля и округляют с точностью до 4-го знака:

$$V_T^p = A \times \left(\frac{W^w}{d_t^w} \right) + B(T - t), \quad (1)$$

- где V_T^p – вместимость пикнометра при эталонной температуре T , мл;
 A – коэффициент подъемной силы воздуха для исследуемого диапазона температур, равный 1,001064;
 W^w – вес воды, содержащейся в пикнометре, в воздухе, г;
 d_t^w – плотность воды при температуре t , приведенная в таблице 2;
 t – температура испытаний, °С;
 T – эталонная температура, 20 °С или 15,56 °С;
 B – коэффициент объемного расширения боросиликатного стекла пикнометра номинальной вместимостью 9,5 мл, равный $9,26276 \times 10^{-5}$ мл/°С.

Таблица 2 – Плотность воды^А, г/мл

$t_t, ^\circ\text{C}$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,56	0,6	0,7	0,8	0,9	
15	0,999	13	11	10	08	07	05	04	04	02	00	*99
16	0,998	97	96	94	92	91	89		87	86	84	82
17		80	79	77	75	73	72		70	68	66	64
18		62	61	59	57	55	53		51	49	47	45
19		43	42	40	38	36	34		32	30	27	25
20		23	21	19	17	15	13		11	09	07	04
21		02	00	*98	*96	*93	*91		*89	*87	*85	*82
22	0,997	80	78	75	73	71	69		66	64	62	59
23		57	54	52	50	47	45		42	40	38	35
24		33	30	28	25	23	20		18	15	13	10
25		08	05	02	00	*97	*95		*92	*89	*87	*84
26	0,996	81	79	76	73	71	68		65	63	60	57
27		54	52	49	46	43	41		38	35	32	29
28		26	24	21	18	15	12		09	06	03	00
29	0,995	98	95	92	89	86	83		80	77	74	72
30		68	65	62	59	56	53		50	46	43	40

^А Из научной статьи Tilton and Taylor, Национальное бюро стандартов США, Статья 971, NBS Journal of Research Vol. 18, 1917, p. 213. Эта статья является статистическим анализом данных Chappius, Travaux Et Memoires du Bureau International de Poid et Measures, Vol. 13, 1907, p. D39.

К цифрам, обозначенным звездочкой, следует применять последующее значение из второй графы таблицы.

10.3 Строят калибровочную кривую наблюдаемой вместимости V_A по показаниям шкалы двух капилляров пикнометра и соответствующего рассчитанного значения вместимости V_T^p . Если через три точки нельзя провести прямую линию, то определяют три дополнительные точки таким образом, чтобы могла быть построена прямая калибровочная линия, у которой точки лежат не далее чем на 0,0002 мл от прямой линии. Если ни один из рядов данных не отвечает этим условиям, значит диаметры градуированных капилляров не являются одинаковыми, и пикнометр бракуют.

10.4 Из полученной кривой составляют таблицу наблюдаемых вместимостей V_A (по показаниям шкалы обоих капилляров) и соответствующих рассчитанных значений вместимости V_T^p через 0,0001 мл. В этой таблице указывают эталонную температуру, при которой выполнена калибровка.

11 Проведение анализа

11.1 Чистый сухой пикнометр взвешивают с точностью до 0,1 мг и записывают его вес.

11.2 Пикнометр заполняют пробой вещества при температуре испытаний в течение примерно 1 мин, держа его в вертикальном положении и поместив изогнутый наконечник в пробу, чтобы жидкость протекала через изгиб наконечника в капилляр за счет поверхностного натяжения (сифонирование).

Когда уровень жидкости в капилляре с утолщением пикнометра достигнет нижней градуированной отметки, сифонирование прекращают.

11.3 Влажный наконечник тщательно высушивают. Поверхность пикнометра вытирают чистой, не содержащей химических примесей хлопковой тканью, немного смоченной водой (примечание 5) и взвешивают заполненный пикнометр с точностью до 0,1 мг.

Примечание 5 – При относительной влажности воздуха менее 60 % вытирание пикнометра сухой хлопковой тканью приведет к возникновению статического заряда, эквивалентного потере примерно 1 мг массы пикнометра. Этот заряд рассеивается только наполовину и обнаруживается при касании к пикнометру проволочным крюком весов, а затем медленным отводом крюка. Если пикнометр притягивается к проволочному крюку, то он обладает статическим зарядом.

11.4 Пикнометр фиксируют в штативе и помещают в баню, в которой поддерживается постоянная температура от $(10 \pm 0,02) ^\circ\text{C}$ до $(30 \pm 0,02) ^\circ\text{C}$. Для веществ, не вошедших в таблицу 1, в бане поддерживают заданную эталонную температуру, обычно $15,56 ^\circ\text{C}$ или $20 ^\circ\text{C}$. При установлении температуры равновесия жидкости (примерно за 10 мин), не доставая пикнометр из бани, с его шкалы снимают показания уровня жидкости в каждом капилляре с точностью до 0,2 деления.

12 Расчеты

12.1 Вещества из таблицы 1

Плотность и относительную плотность веществ рассчитывают по следующим формулам:

$$\text{плотность при } 60 ^\circ\text{F} = W^s / V_{60}^p \times F_{60} + 0,00121, \text{ г/мл}; \quad (2)$$

$$\text{плотность при } 20 ^\circ\text{C} = W^s / V_{20}^p \times F_{20} + 0,00121, \text{ г/мл}; \quad (3)$$

$$\text{плотность при } 20 ^\circ\text{C} = [W^s / V_{20}^p \times F_{20} + 0,00121] 0,99997, \text{ г/см}^3; \quad (4)$$

$$\text{относительная плотность при } 60 / 60 ^\circ\text{F} = [W^s / V_{60}^p \times F_{60} + 0,00121] 1,00096, \quad (5)$$

где W^s – вес пробы, откорректированный для разных видов весов, г;

V_{20}^p, V_{60}^p – рассчитанный объем пробы V_T^p при $20 ^\circ\text{C}$ или $60 ^\circ\text{F}$, полученный при калибровке пикнометра (примечание 6), мл;

F_{20}, F_{60} – коэффициенты, которые выбирают из таблицы 1 в соответствии с температурой испытаний $t ^\circ\text{C}$.

Примечание 6 – Для часто исследуемых веществ удобно сочетать таблицу 1 с данными калибровки, описанными в 10.2.

12.2 Общий метод расчета

Плотность и относительную плотность веществ рассчитывают по следующим формулам:

$$\text{плотность при } 20 ^\circ\text{C} = W^s / V_{20}^p + C, \text{ г/мл}; \quad (6)$$

$$\text{плотность, при } 20 ^\circ\text{C} = [W^s / V_{20}^p + C] 0,99997, \text{ г/см}^3; \quad (7)$$

$$\text{относительная плотность при } 60 / 60 ^\circ\text{F} = [W^s / V_{60}^p + C] 1,00096, \quad (8)$$

где W^s – вес пробы, откорректированный для разных видов весов, г;

V_{20}^p, V_{60}^p – рассчитанный объем пробы V_T^p при $20 ^\circ\text{C}$ или $60 ^\circ\text{F}$, полученный при калибровке пикнометра, мл;

C – коэффициент поправки на подъемную силу воздуха, приведенный в таблице 3.

Таблица 3 – Поправка на подъемную силу воздуха

W/V	C	W/V	C	W/V	C
0,70	0,00036	0,80	0,00024	0,90	0,00012
0,71	0,00035	0,81	0,00023	0,91	0,00011
0,72	0,00033	0,82	0,00022	0,92	0,00010
0,73	0,00032	0,83	0,00020	0,93	0,00009
0,74	0,00031	0,84	0,00019	0,94	0,00007
0,75	0,00030	0,85	0,00018	0,95	0,00006
0,76	0,00029	0,86	0,00017	0,96	0,00005
0,77	0,00028	0,87	0,00016	0,97	0,00004
0,78	0,00026	0,88	0,00014	0,98	0,00003
0,79	0,00025	0,89	0,00013	0,99	0,00001

12.3 Коммерческую плотность, фунты (в воздухе) на галлон США или галлон СК при 60 °F, рассчитывают по формулам (9) – (12).

12.3.1 Расчет исходя из показаний пикнометра:

$$\text{Фунты/галлон США (в воздухе)} = W^S / V_{60}^P \times F_{60} \times 8,3464; \quad (9)$$

$$\text{Фунты/галлон СК (в воздухе)} = W^S / V_{60}^P \times F_{60} \times 10,0236. \quad (10)$$

12.3.2 Расчет исходя из плотности при 60 °F (d_{60} , г/мл):

$$\text{Фунты/галлон США (в воздухе)} = d_{60} \times 8,3464 - 0,0100; \quad (11)$$

$$\text{Фунты/галлон СК (в воздухе)} = d_{60} \times 10,0236 - 0,0121. \quad (12)$$

13 Точность и систематическая погрешность¹⁰⁾

13.1 Для оценки точности результатов испытаний веществ, приведенных в таблице 1, при уровне доверительной вероятности, равном 95 %, следует использовать следующие критерии:

13.1.1 Сходимость. Результаты двух испытаний, полученных одним и тем же оператором, не должны отличаться более чем на 0,0002 г/мл.

13.1.2 Воспроизводимость. Результаты двух испытаний, полученных в одной лаборатории, не должны отличаться от результатов испытаний, полученных в другой лаборатории более чем на 0,0003 г/мл.

¹⁰⁾ Источник данных по погрешности – the Copal tar Research Association, Oxford Road, Gomersal, Checktown, Yorks, U.K., Standardization of Tar Products, Test Committee, Document No. 0763, Serial No. GPI-67.

Приложение А (справочное)

Х.1 Особенности метода и вывод формул для расчета плотности

Х1.1 Введение

Х1.1.1 Для веществ, приведенных в таблице 1, данный метод испытаний может быть упрощен, так как для этих веществ разработаны функциональные зависимости температура-плотность с помощью расчетной компьютерной кривой. Более того, зависимость температура-плотность химических веществ определенного диапазона чистоты сравнима с зависимостью для чистых веществ, приведенных в таблице 1 (см. ASTM D 1555). Коэффициент температурного расширения боросиликатного лабораторного стекла является известной константой. Таким образом, откалиброванный при постоянной температуре пикнометр, содержащий вещество с известной зависимостью температура-плотность, достаточно взвесить, а затем рассчитать плотность при любой другой температуре, учитывая при расчетах изменение объема вещества и вместимости пикнометра.¹¹⁾

Х1.2 Основные данные

Х1.2.1 Функциональные зависимости температура-плотность для веществ, включенных в таблицу 1, за исключением стирола, основаны на данных, разработанных по API научно-исследовательскому проекту 44, и содержат на одну значащую цифру больше, чем значения, опубликованные в «Selected Values of Hydrocarbons and Related Compounds» проекта 44 Американского научно-исследовательского института нефти. Данные по стиrolу получены от Dow Chemical Co.

Х1.2.2 Функциональные зависимости температура-плотность для веществ, включенных в таблицу 1, определены по компьютерным кривым, описываемым степенными рядами вида:

$$D_t^s = d_0 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3 + \dots,$$

где D_t^s – плотность вещества при температуре t ,

d_0 – плотность вещества при 0 °С;

t – температура, °С;

α, β, γ – коэффициенты степенных рядов.¹¹⁾

Х1.2.3 Значения d_0, α, β , и γ для данного метода испытаний для веществ, включенных в таблицу 1, приведены в таблице Х1.1.

Таблица Х1.1 – Значения для d_0, α, β , и γ

Бензол	0,8997261	-1,021458	E-03	-7,1726	E-07	–	–
Толуол	0,8854200	-9,23000	E-04		–	–	–
Смешанные ксилолы	0,8809567	-8,31026	E-04	-4,1548	E-07	–	–
о-ксилол	0,8969025	-8,33507	E-04	-5,180	E-08	-4,1556	E-09
м-ксилол	0,8809567	-8,31026	E-04	-4,1548	E-07	–	–
р-ксилол	0,8781037	-8,45783	E-04	-3,3106	E-07	–	–
Стирол	0,9238927	-8,80293	E-04	-1,2904	E-07	–	–
Циклогексан	0,7944235	-7,22622	E-04	-3,89482	E-06	-1,73557	E-08

Х1.2.4 Значение D для двух наиболее часто используемых эталонных температур 60 °F (15,56 °С) и 20 °С приведены ниже:

Вещество	D_{20}^s	D_{60}^s
Бензол	0,879 010 1	0,883 658 6
Толуол	0,866 960 0	0,871 058 1
Смешанные ксилолы:		
о-ксилол	0,880 178 4	0,883 904 9
м-ксилол	0,864 170 0	0,867 925 3
п-ксилол	0,861 055 6	0,864 863 2
Стирол	0,906 235 2	0,910 164 1
Циклогексан	0,778 274 3	0,782 171 1

¹¹⁾ Для получения информации о полном описании разработки этих коэффициентов обратитесь к «Annual Report of Committee D16», Proceedings, American Society for testing and Materials, Vol. 63, 1963.

X1.2.5 Для веществ, не включенных в таблицу 1, для которых неизвестна функциональная зависимость температура-плотность, используют формулы, вывод которых приведен в X1.3 и X1.4.

X1.3 Определение плотности

X1.3.1 Плотность вещества определяют по формуле

$$D_T^s = M^s / V_T^s, \quad (X1.1)$$

где D_T^s – плотность вещества при эталонной температуре, г/мл;

M^s – масса вещества, г;

V_T^s – объем вещества при эталонной температуре T , мл.

X1.3.2 Масса вещества определяется корректировкой веса W^s определенного объема вещества, содержащегося в пикнометре, с поправкой на подъемную силу воздуха и ускорение силы тяжести. Если используются рычажные весы, поправка на ускорение силы тяжести не требуется.

X1.3.3 Объем пробы вещества V_T^s при заданной эталонной температуре T получается при внесении двух поправок к объему, наблюдаемому в пикнометре.

X1.3.3.1 Первая поправка корректирует вместимость пикнометра V_T^p при температуре испытаний t °С. Вместимость пикнометра V_T^p при эталонной температуре T известна из калибровки пикнометра. Вместимость пикнометра при температуре испытаний V_T^p рассчитывается из известных данных объемного расширения стекла и отклонения измеренной температуры испытаний от эталонной температуры. Объем пробы вещества V_i^s и вместимость пикнометра при температуре испытаний являются идентичными.

X1.3.3.2 Вторая поправка корректирует объем пробы вещества при температуре испытаний V_i^s к объему, который проба будет занимать при эталонной температуре V_i^s .

X1.4 Калибровка пикнометра (см. раздел 10)

X1.4.1 Вместимость пикнометра при эталонной температуре рассчитывается исходя из массы и плотности воды, содержащейся в пикнометре, при температуре калибровки t °С по формуле

$$V_T^p = \frac{AW^w}{d_t^w} + B(T - t), \quad (X1.2)$$

где V_T^p – вместимость пикнометра при эталонной температуре, мл;

W^w – вес воды в пикнометре при использовании рычажных весов и калиброванных медных гирь;

d_t^w – плотность чистой воды при температуре калибровки, г/мл;

t – температура калибровки, °С;

T – эталонная температура, °С;

A – коэффициент поправки веса воды к ее массе;

B – коэффициент объемного расширения боросиликатного стекла пикнометра номинальной вместимостью 9,5 мл, мл/мл · °С.

Примечание X1.1 – Первое слагаемое в формуле (X1.2) определяет объем воды при температуре калибровки, что соответствует вместимости пикнометра при температуре калибровки t .

Второе слагаемое корректирует вместимость пикнометра при эталонной температуре, то есть вместимость, которую будет иметь пикнометр при эталонной температуре с уровнем жидкости на тех же двух отметках.

X1.4.2 Коэффициент A , корректирующий W^w к массе M^w :

$$M^w = W^w \left(1 + \frac{d_a}{d_t^w} - \frac{d_a}{d_b}\right) = AW^w, \quad (X1.3)$$

где M^w – масса воды в пикнометре, г;

W^w – вес воды в пикнометре, г;

d_a – средняя плотность воздуха в пределах диапазона температур калибровки равна 0,00121 г/мл;

d_b – средняя плотность медных гирь в пределах диапазона температур калибровки равна 8,1 г/мл;

d_t^w – определено выше.

Примечание X1.2 – Для поправки на подъемную силу используют среднее значение плотности воды¹²⁾ в пределах температур испытания.

¹²⁾ Плотность воды получена от Tilton & Taylor, National Bureau of Standards Research Paper RP971, Journal of Research of the NIST, Vol. 18, February 1937.

t	d_t^w
10	0,9997001
15	0,9991286
20	0,9982336
25	0,9970751
30	0,9956783
35	0,9940356
Среднее	0,99730855

Примечание X1.3 – При $t = 15,56$ °C, $d_t^w = 0,9990423$

$$A = \left(1 + \frac{0,00121}{0,99730855} - \frac{0,00121}{8,1} \right) = 1,001064. \quad (X1.4)$$

X1.4.3 Коэффициент объемного расширения B , мл/°C, для пикнометра номинальной вместимостью 9,5 мл определяют по формуле

$$B = 9,5 C = 9,5 \times 3 \times C' \times 1,000028,$$

где C – коэффициент объемного расширения боросиликатного стекла, равный $9,750273 \times 10^{-6}$, мл/мл · °C;

C' – коэффициент линейного расширения боросиликатного стекла, равный $3,25 \times 10^{-6}$, см/см · °C.

Примечание X1.4 – Для двух процессов изготовления боросиликатного стекла существуют два коэффициента линейного расширения $3,2 \times 10^{-6}$ и $3,3 \times 10^{-6}$ соответственно.

Тогда коэффициент B будет равен:

$$B = 9,5 \times 1,000028 \times 3 \times 3,25 \times 10^{-6} = 9,262759 \times 10^{-5} \text{ мл/°C},$$

следовательно:

$$V_t^p = 1,001064 \times W^w/d_t^w + 0,00009263 (T - t). \quad (X1.5)$$

При $T = 20$ °C, $d_t^w = 0,9982336$,

при $T = 60$ °F, $d_t^w = 0,9990423$.

$$V_{20^\circ\text{C}}^p = W^w \times 1,002835 + 0,00009263 (20 - t); \quad (X1.6)$$

$$V_{60^\circ\text{F}}^p = W^w \times 1,002024 + 0,00009263 (15,56 - t). \quad (X1.7)$$

X1.4.3.1 Погрешность, внесенная при использовании среднего значения вместимости пикнометра.

Среднее отклонение – $\pm 0,5$ мл;

Максимальная погрешность коэффициента расширения для 20 °C:

$$B(\text{погрешность}) = 0,5 \times 0,00000975 \times 20 = \pm 0,0000975 \text{ мл}.$$

X1.4.4 Определение коэффициента F и коэффициента 0,00121 для формулы (X1.1)

$D_T^s = W^w/V_T^p \times F_T + 0,00121$ выполняется следующим образом.

X1.4.5 Коэффициент F содержит следующие три поправки:

Первая поправка корректирует вместимость пикнометра V_T^p , взятого из калибровочной таблицы пикнометра (V_a против V_T^p , см. 10.3), до объема пробы при температуре испытаний V_t^s .

Вторая поправка корректирует объем пробы V_t^s до объема, который она будет занимать при эталонной температуре V_T^s .

Третья поправка преобразует вес пробы (в воздухе) в массу.

Примечание X1.5 – Если используются крутильные или пружинные весы, в вес пробы вносят поправку для локального ускорения силы тяжести.

$$V_t^s = V_T^p \left(\frac{1 + Ct}{1 + CT} \right); \quad (X1.8)$$

$$V_t^p = V_t^s = V' + V'C(t - t');$$

$$V_T^p = V' + V'C(T - t'),$$

где V' – вместимость пикнометра при $t = 0$ °C;

C – определено выше.

$$V_t^s = V'(1 + Ct);$$

$$V_T^p = V'(1 + CT);$$

$$\frac{V_t^s}{V_T^p} = \frac{1 + Ct}{1 + CT};$$

$$V_T^s = V_t^s \left(\frac{d_t^s}{d_T^s} \right); V_t^s = V_T^s \left(\frac{d_T^s}{d_t^s} \right); \quad (X1.9)$$

$$M^s = W^s \left(1 + \frac{0,00121}{d_t^s} - \frac{0,00121}{8,1} \right). \quad (X1.10)$$

Для того чтобы решить уравнение (X1.10), необходимо знать плотность вещества d_t^s при температуре испытаний. Вместо этого значения адекватно для поправки на подъемную силу воздуха следует использовать приближенную плотность, рассчитанную из веса W_s и откорректированного объема пробы V_t^s , по формуле

$$M^s = W^s \left(1 + \frac{0,00121}{W^s / V_t^s} - \frac{0,00121}{8,1} \right). \quad (X1.11)$$

Из уравнений (X1.1), (X1.8), (X1.9) и (X1.11) выводим уравнение для коэффициента F :

$$D_T^s = \frac{M^s}{V_T^s};$$

$$V_t^s = V_T^p \left(\frac{1 + Ct}{1 + CT} \right);$$

$$V_t^s = V_T^s \left(\frac{d_T^s}{d_t^s} \right); V_T^s = V_t^s \left(\frac{d_t^s}{d_T^s} \right);$$

$$M^s = W^s \left(1 + \frac{d_a}{W^s / V_t^s} - \frac{d_a}{d_b} \right)$$

или после упрощения

$$M^s = W^s \left(1 - \frac{d_a}{d_b} \right) + d_a V_t^s; \quad (X1.12)$$

из уравнений (X1.1), (X1.11) и (X1.9)

$$D_T^s = \frac{W^s \left(1 - \frac{d_a}{d_b} \right) + d_a V_t^s}{V_t^s \frac{d_T^s}{d_t^s}}. \quad (X1.13)$$

Упрощая:

$$D_T^s = \frac{M^s}{V_t^s} \left(1 - \frac{d_a}{d_b} \right) \frac{d_T^s}{d_t^s} + d_a \frac{d_T^s}{d_t^s}. \quad (X1.14)$$

Заменяя на V_t^s из уравнения (X1.8):

$$D_T^s = \frac{d_T^s}{d_t^s} = \left[\frac{W^s \left(1 - \frac{d_a}{d_b} \right)}{V_T^p \left(\frac{1 + Ct}{1 + CT} \right)} + d_a \right]; \quad (X1.15)$$

$$D_T^s = \frac{d_T^s}{d_t^s} \left[\frac{W^s}{V_T^p} \left(\frac{1 + CT}{1 + Ct} \right) \left(1 - \frac{d_a}{d_b} \right) \right] + d_a \frac{d_T^s}{d_t^s}; \quad (X1.16)$$

$$D_T^s = \frac{W^s}{V_T^p} \left[\frac{d_T^s}{d_t^s} \left(\frac{1+Ct}{1+CT} \right) \left(1 - \frac{d_a}{d_b} \right) \right] + d_a \frac{d_T^s}{d_t^s}. \quad (X1.17)$$

Последнее слагаемое варьируется между 0,001196 и 0,001232 для температурного диапазона испытаний от 10 °С до 30 °С и может быть округлено до 0,00121.

При этом

$$\frac{d_T^s}{d_t^s} = \frac{d_0 + \alpha T + \beta T^2 + \gamma T^3 \dots}{d_0 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3 \dots}$$

из уравнения основных данных.

Таким образом, уравнение преобразовывается в:

$$D_T^s = \frac{W^s}{V_T^p} F_T + 0,00121,$$

где

$$F_T = \frac{d_0 + \alpha T + \beta T^2 + \gamma T^3}{d_0 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3} \left(\frac{1+Ct}{1+CT} \right) \left(1 - \frac{d_a}{d_b} \right).$$

Значения F_{20} , приведенные в таблице 1, часть 1, получены решением данного уравнения при $T = 20$ °С и изменении t от 10 °С до 30 °С с интервалом 0,2 °С.

Значения F_{60} , приведенные в таблице 1, часть 2, получены решением данного уравнения при $T = 15,56$ °С и изменении t от 10 °С до 30 °С с интервалом 0,2°С.

Ответственный за выпуск *В.Л. Гуревич*

Сдано в набор 01.08.2005	Подписано в печать 30.09.2005	Формат бумаги 60x84/8.	Бумага офсетная.
Печать ризографическая	Усл. печ. л. 2,79	Уч.-изд. л. 1,06	экз. Заказ

Издатель и полиграфическое исполнение:
НПРУП "Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации (БелГИСС)"
Лицензия № 02330/0133084 от 30.04.2004
БелГИСС, 220113, г. Минск, ул. Мележа, 3