ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 8.1040— 2024

Государственная система обеспечения единства измерений

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖИДКОГО СВИНЦА В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР от 330 °С до 1000 °С

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы (ФГБУ «ВНИИМС») с участием Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН (ИТ СО РАН), Объединенного института высоких температур РАН (ОИВТ РАН), Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН (ИМЕТ РАН) и Уральского государственного педагогического университета (УрГПУ)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 180 «Стандартные справочные данные о физических константах и свойствах веществ и материалов»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 сентября 2024 г. № 1257-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Обозначения и сокращения 2
5 Требования к значениям стандартных справочных данных о теплофизических свойствах жидкого свинца и характеристика материала свинца 3
5.1 Значения стандартных справочных данных о плотности и скорости звука и методы их расчета . 3
5.2 Значения стандартных справочных данных о температуре плавления, плотности и скорости звука при температуре плавления 3
5.3 Характеристика материала свинца 3
Приложение А (обязательное) Коэффициенты аппроксимирующих уравнений с указанием средних квадратических отклонений 4
Приложение Б (обязательное) Стандартные справочные данные о значениях плотности и скорости звука свинца в жидком состоянии 5
Приложение В (обязательное) Доверительные границы погрешности измерений стандартных справочных данных о плотности свинца и скорости звука в свинце 6
Библиография 7

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖИДКОГО СВИНЦА В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР от 330 °С до 1000 °С

State system of ensuring the uniformity of measurements. Thermal properties of liquid lead at temperatures from 330 °C to 1000 ° C

Дата введения — 2025—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт предназначен для применения при проектировании и разработке ядерных энергетических установок, а также при проведении расчетов теплофизических свойств свинца, параметры состояния которого соответствуют жидкой области при атмосферном давлении: плотности в интервале температур от 330 °С до 1000 °С и скорости звука в интервале температур от 330 °С до 720 °С.

Настоящий стандарт устанавливает значения стандартных справочных данных (далее — ССД):

- о плотности свинца в жидкой фазе,
- скорости звука в свинце в жидкой фазе,
- температуре плавления свинца,
- плотности свинца в твердой и жидкой фазах при температуре плавления,
- скачке плотности при плавлении свинца,
- скорости звука в жидком свинце при температуре плавления,

а также устанавливает методы расчетного определения значений ССД о плотности и скорости звука в свинце в жидкой фазе.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт:

ГОСТ 22861 Свинец высокой чистоты. Технические условия

Примечание — При пользовании настоящим стандартом 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 ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по [1], а также следующие термины с соответствующими определениями:

Издание официальное

3.1 **плотность свинца в твердой (в жидкой) фазе:** Значение плотности свинца при данной температуре и атмосферном давлении, измеренное или рассчитанное в твердом (в жидком) фазовом состоянии.

3.2 **скорость звука в жидком свинце:** Значение скорости звука в свинце, находящемся в жидком фазовом состоянии при атмосферном давлении при данной температуре и атмосферном давлении.

3.3

среднее квадратическое отклонение; стандартное отклонение: Параметр функции распределения измеренных значений или показаний, характеризующий их рассеивание и равный положительному корню квадратному из дисперсии этого распределения.

Примечания

1 Оценкой среднего квадратического отклонения является выборочное стандартное отклонение, определяемое по формуле

$$s(x)=\sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{n}(x_k-\overline{x})^2}{n-1}},$$

где x_k — k-е измеренное значение или показание в ряду из n значений;

$\overline{x}$ — среднее арифметическое из n измеренных значений или показаний.

2 $s(x)/\sqrt{n}$ является оценкой стандартного отклонения распределения $\overline{x}$ и называется выборочным стандартным отклонением среднего арифметического.

3 Выборочное стандартное отклонение иногда неправильно называют средней квадратической погрешностью.

[1, статья 5.18]

3.4 **температура плавления:** Температура, при которой происходит фазовый переход из твердого состояния в жидкое (плавление).

3.5 **скачок плотности при плавлении свинца:** Разность значений плотности свинца в твердой фазе и плотности свинца в жидкой фазе при температуре плавления и атмосферном давлении, отнесенная к значению плотности свинца в твердой фазе при температуре плавления и умноженная на 100 процентов.

4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

ρ	—	плотность свинца, кг/м^3;
c	—	коэффициент уравнения для плотности жидкого свинца;
$T = (t + 273{,}15)$	—	температура в кельвинах, К;
t	—	температура в градусах Цельсия, °С;
a	—	скорость звука в свинце, м/с;
b	—	коэффициент уравнения для скорости звука в жидком свинце;
$\Delta\rho_{пл}$	—	скачок плотности при плавлении свинца, %;
Δc	—	среднее квадратическое отклонение коэффициента аппроксимирующего уравнения для плотности жидкого свинца;
Δb	—	среднее квадратическое отклонение коэффициента аппроксимирующего уравнения для скорости звука в жидком свинце;
$\delta\rho$	—	доверительные границы погрешности измерения плотности, %;
δa	—	доверительные границы погрешности измерения скорости звука, %;
ДГПИ	—	доверительные границы погрешности измерения.

В настоящем стандарте применены следующие индексы, входящие в обозначения величин:

i — i-е значение величины;

пл — относящийся к процессу плавления.

5 Требования к значениям стандартных справочных данных о теплофизических свойствах жидкого свинца и характеристика материала свинца

5.1 Значения стандартных справочных данных о плотности и скорости звука и методы их расчета

Значения ССД о плотности и скорости звука в жидком свинце определяют по уравнениям (1) и (2) соответственно [2], [3]:

$$\rho = c_0 + c_1 T + c_2 T^2 + c_3 T^3, \quad (1)$$

$$a = b_0 + b_1 T + b_2 T^2. \quad (2)$$

Коэффициенты уравнений (1) и (2) и их средние квадратические отклонения, соответствующие уровню доверия, равному 95 %, приведены в приложении А.

Значения ССД о плотности свинца в жидкой фазе в диапазоне температур от 330 °С до 1000 °С с шагом 10 °С, рассчитанные по уравнению (1), представлены в таблице Б.1.

Значения ССД о скорости звука в жидком свинце в диапазоне от 330 °С до 720 °С с шагом 10 °С, рассчитанные по уравнению (2), представлены в таблице Б.2.

Доверительные границы погрешности измерения значений ССД о плотности свинца в жидкой фазе и о скорости звука в жидком свинце приведены в приложении В.

5.2 Значения стандартных справочных данных о температуре плавления, плотности и скорости звука при температуре плавления

В таблице 1 приведены значения ССД о следующих параметрах процесса плавления:

- температура плавления;
- плотность свинца в твердой фазе при температуре плавления;
- плотность свинца в жидкой фазе при температуре плавления;
- скачок плотности при плавлении свинца;
- скорость звука в жидком свинце при температуре плавления.

Значения данных параметров принимают по таблице 1. Доверительные границы погрешности измерения значений ССД о плотности свинца и о скорости звука в свинце приведены в приложении В.

Таблица 1 — Стандартные справочные данные о параметрах процесса плавления

Температура плавления, $T_{пл}$, °С	Плотность $\rho_{пл}$, кг/м^3		Скачок плотности $\Delta\rho_{пл}$, %	Скорость звука $a_{пл}$, м/с
	твердой фазы	жидкой фазы		
327,46	10997,2	10640,1	3,25	1812,5

5.3 Характеристика материала свинца

Настоящий стандарт следует использовать для высокочистого свинца марки С00 по ГОСТ 22861, чистота которого по паспорту завода-изготовителя составляет 99,9985 масс. %.

Приложение А
(обязательное)

Коэффициенты аппроксимирующих уравнений с указанием средних квадратических отклонений

Таблица А.1 — Коэффициенты аппроксимирующего уравнения для плотности (уравнение (1) и их средние квадратические отклонения [2])

c_0	Δc_0	c_1	Δc_1	c_2	Δc_2	c_3	Δc_3
кг/м^3		кг/(м^3 · К)		10^{-3} кг/(м^3 · К^2)		10^{-6} кг/(м^3 · К^3)	
11200,23	14,59	–0,66285	0,04154	–0,55397	0,03744	0,17453	0,01085

Таблица А.2 — Коэффициенты аппроксимирующего уравнения для скорости звука (уравнение (2) и их средние квадратические отклонения [3])

b_0	Δb_0	$-b_1$	Δb_1	$-b_2 \cdot 10^{-3}$	$\Delta b_2 \cdot 10^{-3}$
м/с		м/(с · К)		м/(с · К^2)	
1921,79	0,92	0,12464	0,00242	0,09531	0,00157

Приложение Б
(обязательное)

Стандартные справочные данные о значениях плотности и скорости звука свинца в жидком состоянии

Таблица Б.1 — Стандартные справочные данные о значениях плотности жидкого свинца [2]

T, °C	ρ, кг/м^3									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
300	—	—	—	10637,2	10625,8	10614,3	10602,8	10591,2	10579,6	10567,9
400	10556,2	10544,5	10532,7	10520,9	10509,1	10497,2	10485,3	10473,3	10461,3	10449,3
500	10437,3	10425,2	10413,1	10400,9	10388,8	10376,6	10364,4	10352,1	10339,9	10327,6
600	10315,3	10303,0	10290,6	10278,3	10265,9	10253,5	10241,1	10228,7	10216,3	10203,8
700	10191,4	10178,9	10166,5	10154,0	10141,5	10129,1	10116,6	10104,1	10091,6	10079,1
800	10066,6	10054,1	10041,6	10029,2	10016,7	10004,2	9991,7	9979,3	9966,8	9954,4
900	9942,0	9929,6	9917,2	9904,8	9892,4	9880,1	9867,7	9855,4	9843,1	9830,8
1000	9818,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица Б.2 — Стандартные справочные данные о значениях скорости звука в жидком свинце [3]

T, °C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
300	—	—	—	1811,9	1809,5	1807,1	1804,7	1802,2	1799,7	1797,2
400	1794,7	1792,2	1789,6	1787,0	1784,4	1781,8	1779,2	1776,5	1773,9	1771,2
500	1768,5	1765,7	1763,0	1760,2	1757,4	1754,6	1751,8	1748,9	1746,1	1743,2
600	1740,3	1737,4	1734,4	1731,5	1728,5	1725,5	1722,5	1719,5	1716,4	1713,3
700	1710,2	1707,1	1704,0	—	—	—	—	—	—	—

Приложение В
(обязательное)

Доверительные границы погрешности измерений стандартных справочных данных о плотности свинца и скорости звука в свинце

Таблица В.1 — Доверительные границы погрешности измерений стандартных справочных данных о плотности свинца и скорости звука в свинце

Интервал температур t, °С	ДГПИ плотности $\delta\rho$, %	ДГПИ скорости звука δa, %
от 327,46 до 726,85	0,2	0,2
от 726,85 до 1000	0,3	—

Библиография

[1] РМГ 29—2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения

[2] ГСССД 229—2007 Таблицы стандартных справочных данных. Плотность свинца, висмута и их эвтектического сплава в конденсированном состоянии в диапазоне температур от 273,15 К до 1500 К

[3] ГСССД 236—2009 Таблицы стандартных справочных данных. Скорость звука в жидком свинце, висмуте и их эвтектическом сплаве в диапазоне от температуры плавления до 1300 К

УДК 532.14:546.815-121:006.354 ОКС 17.060

Ключевые слова: государственная система обеспечения единства измерений, стандартные справочные данные, теплофизические свойства, плотность, скорость звука, жидкий свинец, жидкометаллические теплоносители

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *И.Ю. Литовкиной*

Сдано в набор 20.09.2024. Подписано в печать 24.09.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч-изд. л. 1,12.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru