

ГОСТ Р
(проект, 1-я редакция)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р
(проект,
1-я редакция)

Государственная система обеспечения единства измерений

ГАЗОВЫЙ АНАЛИЗ. ПЕРЕСЧЕТ ДАННЫХ СОСТАВА ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

Настоящий проект стандарта не подлежит применению
до его утверждения

Санкт-Петербург
Стандартинформ
201____

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. N 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации – ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева» (ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева») Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

2 ВНЕСЕН Управлением метрологии Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от _____

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок - в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет

© Стандартиформ, 201____

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения национального органа Российской Федерации по стандартизации

Содержание

1	Область применения	2
2	Нормативные ссылки	2
3	Термины и определения	3
4	Величины, обозначения и единицы величин	4
5	Методы пересчета	5
6	Вычисление коэффициентов сжимаемости	7
7	Оценка неопределенности пересчета значений величин	8
	Приложение А (справочное) Коэффициенты сжимаемости веществ	9
	Библиография	11

Государственная система обеспечения единства измерений

ГАЗОВЫЙ АНАЛИЗ. ПЕРЕСЧЕТ ДАННЫХ СОСТАВА ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

State system for the uniformity of measurements.

Gas analysis — Conversion of gas mixture composition data

Дата введения ____ . ____ . ____

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на газовые смеси и устанавливает методику пересчета между значениями величин молярной доли, объемной доли, массовой доли и массовой концентрации компонентов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 54500.3-2011 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения

П р и м е ч а н и е — 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 ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 газовая смесь (далее – смесь): Смесь чистых веществ, не вступающих друг с другом в химическую реакцию, находящаяся в газообразном состоянии.

3.2 компонент: Чистое вещество в составе смеси.

3.3 параметры состояния: Физические величины (давление и температура), характеризующие равновесное состояние газовой смеси.

3.4 молярная доля: Отношение количества вещества компонента к количеству вещества смеси.

[1]

3.5 объемная доля: Отношение объема компонента к объему смеси.

Примечание — значение объемной доли зависит от давления и температуры смеси. Объемная доля применяется для компонентов, которые перед смешением находятся в газообразном состоянии.

3.6 массовая доля: Отношение массы компонента к массе смеси.

[1]

3.7 массовая концентрация: Отношение массы компонента к объему смеси.

[1]

Примечание — значение массовой концентрации зависит от давления и температуры смеси.

3.8 коэффициент сжимаемости: Отношение объема произвольного количества компонента или смеси при определенных давлении и температуре к объему того же количества компонента или смеси при тех же самых давлении и температуре, вычисленного по уравнению закона идеального газа.

Примечание — коэффициент сжимаемости применяется для компонентов, находящихся перед смешением находятся в газообразном состоянии.

3.9 коэффициент смешения: Отношение объема произвольного количества смеси при определенных давлении и температуре к сумме объемов всех компонентов смеси до смешения при тех же самых давлении и температуре.

3.10 вириальные коэффициенты: Коэффициенты разложенного в ряд коэффициента сжимаемости в виде степеней параметра состояния.

4 Величины, обозначения и единицы величин

Величины, обозначения и единицы величин, используемые в настоящем стандарте, приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Величины, обозначения и единицы величин

Обозначение	Величина	Единица величины
P	давление	Па
T	температура	К
x_i	молярная доля i -го компонента	-
φ_i	объемная доля i -го компонента	-
w_i	массовая доля i -го компонента	-
ρ_i	массовая концентрация i -го компонента	кг/м ³
Z_i	коэффициент сжимаемости i -го компонента	-
Z_S	коэффициент сжимаемости смеси	-
R	универсальная газовая постоянная ($R=8.3144598$ Дж/(моль·К))	Дж/(моль·К)
f_S	коэффициент смешения смеси	-
M_i	молярная масса i -го компонента	кг/моль
M_S	молярная масса смеси	кг/моль
ω	фактор ацентричности	-
$B(T)$	второй молярно-объемный коэффициент	м ³ /моль
$T_{\text{крит}}$	критическая температура	К
T_r	приведенная температура	К
$P_{\text{крит}}$	критическое давление	Па

5 Методы пересчета

5.1 Пересчет между значениями величин

Пересчет значения одной величины в значение другой величины осуществляется при определенных параметрах состояния рассматриваемой смеси.

При известном содержании только определяемого i -ого компонента в смеси, пересчет значений искомых величин производится путем умножения значений исходных величин на коэффициенты пересчета, указанные в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – Коэффициенты пересчета значений величин при известном содержании только определяемого компонента смеси

Исходная величина	Искомая величина			
	x_i	φ_i	w_i	ρ_i
x_i	1	$\frac{f_S Z_i}{Z_S}$	$\frac{M_i}{M_S}$	$\frac{\alpha M_i}{Z_S}$
φ_i	$\frac{Z_S}{f_S Z_i}$	1	$\frac{Z_S M_i}{f_S M_S Z_i}$	$\frac{\alpha M_i}{f_S Z_i}$
w_i	$\frac{M_S}{M_i}$	$\frac{f_S M_S Z_i}{Z_S M_i}$	1	$\frac{\alpha M_S}{Z_S}$
ρ_i	$\frac{Z_S}{\alpha M_i}$	$\frac{f_S Z_i}{\alpha M_i}$	$\frac{Z_S}{\alpha M_S}$	1

Примечание:

$$\alpha = \frac{P}{RT}$$

При известном содержании всех компонентов рассматриваемой смеси (количество компонентов определяется $k=1 \dots N$), коэффициенты пересчета значений величин из таблицы 1 преобразуются в коэффициенты пересчета, указанные в таблице 3.

Т а б л и ц а 3 – Коэффициенты пересчета значений величин при известном содержании всех компонентов смеси

Исходная величина	Искомая величина			
	x_i	φ_i	w_i	ρ_i
x_i	1	$\frac{Z_i}{\sum_{k=1}^N x_k Z_k}$	$\frac{M_i}{\sum_{k=1}^N x_k M_k}$	$\frac{\alpha M_i}{f_S \sum_{k=1}^N x_k Z_k}$
φ_i	$\frac{1}{Z_i \sum_{k=1}^N \frac{\varphi_k}{Z_k}}$	1	$\frac{M_i}{Z_i \sum_{k=1}^N \frac{\varphi_k M_k}{Z_k}}$	$\frac{\alpha M_i}{f_S Z_i}$
w_i	$\frac{1}{M_i \sum_{k=1}^N \frac{w_k}{M_k}}$	$\frac{Z_i}{M_i \sum_{k=1}^N \frac{w_k Z_k}{M_k}}$	1	$\frac{\alpha}{f_S \sum_{k=1}^N \frac{w_k Z_k}{M_k}}$

Примечание:

$$M_S = \sum_{k=1}^N x_k M_k \qquad \frac{f_S}{Z_S} = \sum_{k=1}^N \frac{\varphi_k}{Z_k}$$

$$\frac{1}{M_S} = \sum_{k=1}^N \frac{w_k}{M_k} \qquad \frac{f_S M_S}{Z_S} = \sum_{k=1}^N \frac{\varphi_k M_k}{Z_k}$$

$$\frac{Z_S}{f_S} = \sum_{k=1}^N x_k Z_k \qquad \frac{Z_S}{f_S M_S} = \sum_{k=1}^N \frac{w_k Z_k}{M_k}$$

5.2 Пересчет значения величины при различных параметрах состояния

Пересчет значения объемной доли при исходных параметрах состояния (P, T) к значению объемной доли при заданных параметрах состояния ($P_{зад}, T_{зад}$) осуществляется по формуле

$$\varphi_i(P_{зад}, T_{зад}) = \frac{f_S(P_{зад}, T_{зад}) Z_S(P, T) Z_i(P_{зад}, T_{зад})}{f_S(P, T) Z_S(P_{зад}, T_{зад}) Z_i(P, T)} \varphi_i(P, T) \quad (1)$$

где $\varphi_i(P, T)$ – объемная доля при исходных давлении и температуре;

$\varphi_i(P_{зад}, T_{зад})$ – объемная доля при заданных давлении и температуре;

Пересчет значения массовой концентрации при исходных параметрах состояния (P, T) к значению массовой концентрации при заданных параметрах состояния ($P_{зад}, T_{зад}$) осуществляется по формуле

$$\rho_i(P_{зад}, T_{зад}) = \frac{P_{зад} T Z_S(P, T)}{P T_{зад} Z_S(P_{зад}, T_{зад})} \rho_i(P, T) \quad (2)$$

где $\rho_i(P, T)$ – массовая концентрация компонента при исходных давлении и температуре;

$\rho_i(P_{зад}, T_{зад})$ – массовая концентрация при заданных давлении и температуре.

6 Вычисление коэффициентов сжимаемости

Для вычисления коэффициента сжимаемости компонента используется усеченное вириальное уравнение

$$Z(P, T) = 1 + \frac{B(T)P}{RT} \quad (3)$$

где $Z(P, T)$ - коэффициент сжимаемости при давлении P и температуре T ;

$B(T)$ - второй молярно-объемный вириальный коэффициент при температуре T .

Второй молярно-объемный вириальный коэффициент определяется по уравнению Ветере [2]

$$B(T) = \frac{(g^{(0)} + \omega g^{(1)} + \omega_p g^{(2)})RT_{\text{крит}}}{P_{\text{крит}}} \quad (4)$$

где

$$g^{(0)} = 0,1445 - \frac{0,330}{T_r} - \frac{0,1385}{T_r^2} - \frac{0,0121}{T_r^3} \quad (5)$$

$$g^{(1)} = 0,073 + \frac{0,46}{T_r} - \frac{0,50}{T_r^2} - \frac{0,097}{T_r^3} - \frac{0,0073}{T_r^8} \quad (6)$$

$$g^{(2)} = 0,1042 - \frac{0,2717}{T_r} + \frac{0,2388}{T_r^2} - \frac{0,0716}{T_r^3} + \frac{1,502 \cdot 10^{-4}}{T_r^8} \quad (7)$$

$$T_r = \frac{T}{T_{\text{крит}}} \quad (8)$$

$$\omega_p = \frac{T_{\text{кип}}^{1,72}}{M_i} - 263 \quad (9)$$

П р и м е ч а н и е — если значение коэффициента ω_p получается отрицательным, его следует полагать равным нулю.

Коэффициенты сжимаемости ряда веществ, рассчитанные в соответствии с усеченным вириальным уравнением (3) при $P = 101325 \text{ Па}$ и $T = 293,15 \text{ К}$, приведены в Приложении А.

Коэффициент сжимаемости смеси вычисляется из молярных долей компонентов и их коэффициентов сжимаемости компонентов в соответствии с уравнением

$$Z_S = f_S \sum_{i=1}^N x_i Z_i, \quad (10)$$

где коэффициент смешения смеси f_S принимается равным единице, следовательно, уравнение (10) сокращается до эквивалента закона Амагата

$$Z_S = \sum_{i=1}^N x_i Z_i \quad (11)$$

7 Оценка неопределенности пересчета значений величин

Оценка неопределенности заключается в определении суммарной стандартной неопределенности согласно ГОСТ Р 54500.3.

Приближенная оценка суммарной стандартной неопределенности пересчета значений величин рассчитывается по формуле

$$u = \sqrt{u^2(M_S) + u^2(Z_i) + u^2(Z_S)} \quad (12)$$

где $u(M_S)$ – стандартная неопределенность молярной массы смеси, рассчитываемая по формуле

$$u(M_S) = \sqrt{\sum_{i=1}^{N-1} M_i^2 u^2(x_i)} \quad (13)$$

$u(Z_i)$ – стандартная неопределенность коэффициента сжимаемости компонента, рассчитываемая по формуле

$$u(Z_i) = \frac{|1-Z_i|}{\sqrt{3}} \quad (14)$$

$u(Z_S)$ – стандартная неопределенность коэффициента сжимаемости смеси, рассчитываемая по формуле

$$u(Z_S) = \frac{|1-Z_S|}{\sqrt{3}} \quad (15)$$

П р и м е ч а н и е — в приближенной оценке суммарной стандартной неопределенности не учитываются, считая незначимыми, неопределенности аппроксимации единицей коэффициента смещения $u(f_S)$, молярных масс компонентов $u(M_i)$ и универсальной газовой постоянной $u(R)$.

Полученное значение суммарной стандартной неопределенности пересчета учитывается при оценке суммарной стандартной неопределенности измерения содержания компонента в смеси.

Приложение А
(обязательное)

Коэффициенты сжимаемости веществ

Вещество	Формула	M_i	$T_{кип}$	$T_{крит}$	$P_{крит} \cdot 10^{-5}$	ω	Z_i
Аргон	Ar	39.9481	87.28	150.86	48.98	0	0.9993
Арсин	AsH ₃	77.9455	210.67	373	65.5	0.0105	0.9896
Трихлорид бора	BCl ₃	117.1680	285.65	451.95	38.71	0.1505	0.9642
Тetraфторэтилен	C ₂ F ₄	100.0148	197.51	306.45	39.44	0.227	0.9895
Гексафторэтан	C ₂ F ₆	138.0116	194.95	292.8	29.8	0.249	0.9880
Ацетилен	C ₂ H ₂	26.0372	189.35	308.3	61.38	0.191	0.9927
1,1-Дифторэтилен	C ₂ H ₂ F ₂	64.0340	187.5	302.8	44.6	0.136	0.9913
Винилхлорид	C ₂ H ₃ Cl	62.4966	259.25	432	56.7	0.1	0.9799
1-Хлор-1,1-Дифторэтан	C ₂ H ₃ ClF ₂	100.4934	263.95	410.29	40.41	0.231	0.9730
Винилфторид	C ₂ H ₃ F	46.0435	200.95	327.8	52.4	0.143	0.9904
1,1,1-Трифторэтан	C ₂ H ₃ F ₃	84.0403	225.81	345.88	37.64	0.261	0.9833
Этилен	C ₂ H ₄	28.0531	169.47	282.34	50.41	0.086	0.9939
1,1-Дифторэтан	C ₂ H ₄ F ₂	66.0499	249.13	386.44	45.2	0.275	0.9796
Оксид этилена	C ₂ H ₄ O	44.0525	283.6	469.15	71.9	0.197	0.9617
Хлорэтан	C ₂ H ₅ Cl	64.5126	285.42	460.35	52.7	0.19	0.9708
Фторэтан	C ₂ H ₅ F	48.0595	235.45	375.31	50.28	0.22	0.9840
Этан	C ₂ H ₆	30.0691	184.55	305.32	48.72	0.1	0.9919
Диметиловый эфир	C ₂ H ₆ O	46.0685	248.31	400.1	53.7	0.2	0.9806
Диметиламин	C ₂ H ₇ N	45.0839	280.03	437.2	53.4	0.3	0.9630
1-Хлор-1,1,2,2-Тетрафторэтан	C ₂ HClF ₄	136.4743	261.41	400	37.6	0.274	0.9725
Гексафторпропилен	C ₃ F ₆	150.0222	243.55	368	29	0.205	0.9742
Октафторпропан	C ₃ F ₈	188.0190	236.4	345.05	26.8	0.327	0.9759
ПропADIен	C ₃ H ₄	40.0637	238.65	394	52.5	0.104	0.9815
Метилацетилен	C ₃ H ₄	40.0637	249.94	402.4	56.3	0.212	0.9785
Циклопропан	C ₃ H ₆	42.0797	240.37	397.91	54.95	0.127	0.9819
Пропилен	C ₃ H ₆	42.0797	225.46	364.9	46	0.141	0.9847
Пропан	C ₃ H ₈	44.0956	231.11	369.83	42.48	0.152	0.9827
Триметиламин	C ₃ H ₉ N	59.1104	276.02	433.25	40.73	0.209	0.9680
Гептафторпропан	C ₃ H ₇ F ₇	170.0286	256.79	374.83	29.12	0.355	0.9700
Октафтор-2-бутен	C ₄ F ₈	200.0296	270.36	392	23.3	0.292	0.9580
Октафторциклобутан	C ₄ F ₈	200.0296	267.17	388.37	27.78	0.356	0.9643
н-Бутан	C ₄ H ₁₀	58.1222	272.65	425.12	37.96	0.2	0.9682
2-метилпропан	C ₄ H ₁₀	58.1222	261.43	407.8	36.4	0.184	0.9718
1,2-Бутадиен	C ₄ H ₆	54.0903	284	452	43.6	0.166	0.9603
1,3-Бутадиен	C ₄ H ₆	54.0903	268.74	425.37	43.3	0.193	0.9709
Этилацетилен	C ₄ H ₆	54.0903	281.22	443.2	49.5	0.247	0.9661
1-Бутен	C ₄ H ₈	56.1062	266.9	419.59	40.2	0.187	0.9716
Цис-2-бутен	C ₄ H ₈	56.1062	276.87	435.58	42.06	0.203	0.9666

ГОСТ Р
(проект, 1-я редакция)

Транс-2-бутен	C ₄ H ₈	56.1062	274.03	428.63	41.02	0.218	0.9679
Циклобутан	C ₄ H ₈	56.1062	285.66	459.93	49.8	0.185	0.9634
2-метилпропен	C ₄ H ₈	56.1062	266.25	417.9	39.99	0.189	0.9719
2,2-диметилпропан	C ₅ H ₁₂	72.1487	282.65	433.8	31.96	0.196	0.9602
Бромхлордифторметан	CBrClF ₂	165.3629	269.14	426.15	42.54	0.187	0.9721
Бромтрифторметан	CBrF ₃	148.9098	215.26	340.15	39.7	0.17	0.9856
Дихлордифторметан	CCl ₂ F ₂	120.9104	243.36	384.95	41.25	0.18	0.9794
Хлортрифторметан	CClF ₃	104.4573	296.97	471.2	44.08	0.189	0.9622
Тetraфторметан	CF ₄	88.0042	145.09	227.5	37.4	0.179	0.9961
Хлорметан	CH ₃ Cl	50.4860	248.93	416.25	66.8	0.153	0.9840
Фторметан	CH ₃ F	34.0329	194.82	317.42	58.75	0.198	0.9921
Метан	CH ₄	16.0425	111.66	190.56	45.99	0.012	0.9981
Метил меркаптан	CH ₄ S	48.1100	279.11	469.95	72.3	0.158	0.9682
Метиламин	CH ₅ N	31.0573	266.82	430.05	74.6	0.281	0.9679
Дихлорфторметан	CHCl ₂ F	102.9200	282.05	451.58	51.84	0.205	0.9717
Хлордифторметан	CHClF ₂	86.4669	232.32	369.3	49.71	0.219	0.9846
Трифторметан	CHF ₃	70.0138	191.09	299.01	48.16	0.264	0.9920
Хлор	Cl ₂	70.9030	239.12	417.15	77.11	0.069	0.9871
Оксид углерода	CO	28.0100	81.7	132.92	34.99	0.0663	0.9997
Диоксид углерода	CO ₂	44.0094	194.7	304.19	73.82	0.2276	0.9945
Карбонилсульфид	COS	60.0775	223	378.8	63.49	0.097	0.9880
Дейтерий	D ₂	2.0141	23.65	38.35	16.64	-0.1449	1.0006
Фтор	F ₂	37.9968	84.95	144.12	51.72	0.053	0.9996
Водород	H ₂	2.0160	20.39	33.18	13.13	-0.215	1.0007
Сероводород	H ₂ S	34.0835	212.8	373.53	89.63	0.0942	0.9912
Хлористый водород	HCl	36.4595	188.15	324.65	83.1	0.1315	0.9942
Гелий	He	4.0026	4.22	5.2	2.28	-0.39	1.0008
Криптон	Kr	83.7982	119.8	209.35	55.02	0	0.9978
Азот	N ₂	28.0137	77.34	126.2	34.6	0.0377	0.9998
Оксид диазота	N ₂ O	44.0131	184.67	309.57	72.45	0.1408	0.9942
Неон	Ne	20.1798	27.09	44.4	26.53	-0.0395	1.0005
Трифторид азота	NF ₃	71.0021	144.09	234	44.61	0.12	0.9963
Аммиак	NH ₃	17.0308	239.72	405.65	112.8	0.2526	0.9778
Оксид азота	NO	30.0063	121.38	180.15	64.8	0.5829	0.9997
Кислород	O ₂	31.9988	90.19	154.58	50.43	0.0222	0.9993
Фосфин	PH ₃	33.9977	185.41	324.75	65.4	0.0452	0.9929
Гексафторид серы	SF ₆	146.0579	209.25	318.69	37.6	0.2151	0.9875
Тetraфторид кремния	SiF ₄	104.0786	187.15	259	37.2	0.3858	0.9938
Силан	SiH ₄	32.1169	161	269.7	48.4	0.0938	0.9945
Диоксид серы	SO ₂	64.0663	263.13	430.75	78.84	0.2453	0.9835
Ксенон	Xe	131.2936	165.03	289.74	58.4	0	0.9944

П р и м е ч а н и е — для расчета молярной массы компонентов атомные массы химических элементов взяты из таблицы стандартных атомных масс IUPAC [3]. Справочные значения критических температур, критических давлений, температур кипения и факторов ацентричности веществ взяты из [4].

Библиография

- [1] МИ 2630-2000 ГСИ. Метрология. Физические величины и их единицы.
- [2] Свойства жидкостей и газов. 3-е издание, переработанное и дополненное. Перевод с английского под редакцией Б.И.Соколова
- [3] Pure and Applied Chemistry. The Scientific Journal of IUPAC. Volume 88, Issue 3 (Mar 2016) Atomic weights of the elements 2013 (IUPAC Technical Report)
- [4] Thermophysical Properties of Chemicals and Hydrocarbons. Carl L. Yaws

УДК

ОКС 17.020

Т__

Ключевые слова: молярная доля, объемная доля, массовая доля, массовая концентрация, газовая смесь, пересчет, коэффициент сжимаемости

Руководитель организации – разработчика

Директор ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

К.В. Гоголинский

Руководитель разработки

Руководитель научно-исследовательского отдела

государственных эталонов в области

физико-химических измерений

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

Л.А. Конопелько

Исполнители

Заместитель руководителя научно-исследова-

тельского отдела государственных эталонов в об-

ласти физико-химических измерений

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

А.В. Колобова

Научный сотрудник

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

М.В. Павлов

Инженер

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

К.А. Заречнов