МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

**ГОСТ
28656—
2019**

ГАЗЫ УГЛЕВОДОРОДНЫЕ СЖИЖЕННЫЕ

Расчетный метод определения плотности и давления насыщенных паров

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены в ГОСТ 1.0—2015 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2015 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Волжский научно-исследовательский институт углеводородного сырья» (АО «ВНИИУС»)

2 ВНЕСЕН Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 52 «Природный и сжиженные газы»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 30 января 2019 г. № 115-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Украина	UA	Минэкономразвития Украины

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 3 апреля 2019 г. № 119-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 28656—2019 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2020 г.

5 ВЗАМЕН ГОСТ 28656—90

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «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

© Стандартинформ, оформление, 2019

В Российской Федерации 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 2
4 Метод определения плотности сжиженных углеводородных газов 2
5 Метод определения давления насыщенных паров 3
Приложение А (обязательное) Значения плотности углеводородов в жидком состоянии 5
Приложение Б (обязательное) Значения молярных масс индивидуальных компонентов 9
Приложение В (рекомендуемое) Пример расчета плотности 10
Приложение Г (обязательное) Значения летучести (фугитивности) компонентов сжиженных углеводородных газов 11
Приложение Д (рекомендуемое) Пример расчета давления насыщенных паров при температуре плюс 45 °С методом последовательного приближения 14
Приложение Е (рекомендуемое) Примеры расчета давления насыщенных паров 16
Библиография 18

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

ГАЗЫ УГЛЕВОДОРОДНЫЕ СЖИЖЕННЫЕ

Расчетный метод определения плотности и давления насыщенных паров

Liquefied hydrocarbon gases. Calculation method for determination of saturated vapour density and pressure

Дата введения — 2020—01—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на сжиженные углеводородные газы (далее — СУГ) — пропан, пропен, бутаны, бутены и их смеси, применяемые в качестве моторного топлива для автомобильного транспорта, топлива технологического и коммунально-бытового потребления или сырья для химических процессов, и устанавливает упрощенный метод вычисления плотности и избыточного давления насыщенных паров на основе данных измерения углеводородного состава методом газовой хроматографии.

1.2 Настоящий метод применяют для определения плотности СУГ в диапазоне температур от минус 50 °С до плюс 50 °С и избыточного давления насыщенных паров СУГ в интервале от 0,06 до 2,0 МПа при температурах минус 35 °С, минус 30 °С, минус 20 °С, плюс 45 °С.

1.3 Настоящий стандарт предназначен для вычисления плотности и давления насыщенных паров СУГ, в которых диапазон массовой доли компонентов составляет от 0,005 % до 99,80 %.

Примечания

1 Расчетный метод определения плотности и давления насыщенных паров может быть применен для широкой фракции легких углеводородов.

2 Значения плотности и давления насыщенных паров СУГ, вычисленные на основе данных компонентного состава, применяют для подтверждения соответствия требованиям документов на продукцию, но не используют для проведения учетных (коммерческих) операций.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 10679—2019 Газы углеводородные сжиженные. Метод определения углеводородного состава

ГОСТ 31369—2008 (ИСО 6976:1995) Газ природный. Вычисление теплоты сгорания, плотности, относительной плотности и числа Воббе на основе компонентного состава

ГОСТ 33012—2014 (ISO 7941:1988) Пропан и бутан товарные. Определение углеводородного состава методом газовой хроматографии

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 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.

Издание официальное

3 Термины и определения

3.1 В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **сжиженные углеводородные газы;** СУГ: Смесь углеводородов (пропана, пропилена, бутанов, бутиленов и бутадиенов с присутствием метана, этана, этилена и (или) пентанов и пентенов), преобразованная в жидкое состояние.

3.1.2 **плотность сжиженного углеводородного газа:** Масса СУГ, заключенная в единице его объема при определенных значениях давления и температуры.

3.1.3 **давление насыщенных паров:** Давление, при котором жидкость находится в равновесном состоянии со своей газовой фазой; давление насыщенных паров складывается из избыточного давления и атмосферного давления.

3.1.4 **абсолютное давление:** Истинное давление, отсчитываемое от абсолютного нуля (давление абсолютного вакуума).

3.1.5 **избыточное давление:** Давление, равное разности между абсолютным и атмосферным давлением.

3.1.6 **летучесть (фугитивность):** Величина, предназначенная для применения ряда термодинамических соотношений модели идеального газа к поведению реальных смесей в различных фазах, является функцией давления, температуры и концентрации компонентов газовой смеси, выраженная в единицах давления.

3.1.7 **идеальный газ:** Газ, подчиняющийся законам идеального газа.

3.2 В настоящем стандарте использовано следующее обозначение:

C_{5+} — группа углеводородов с числом атомов углерода от пяти и выше, массовую долю которых рассматривают как один компонент со свойствами *н*-пентана.

4 Метод определения плотности сжиженных углеводородных газов

4.1 Определение плотности сжиженных углеводородных газов

4.1.1 Значение плотности СУГ ρ_t, кг/м^3, вычисляют на основе закона аддитивности по данным измеренного компонентного состава, определенного хроматографическим методом и значениям плотности индивидуальных углеводородов, входящих в состав СУГ, при заданной температуре по формуле

$$\rho_t = 100 / \sum_{i=1}^{n} \frac{w_i}{\rho_{it}}, \quad (1)$$

где n — число компонентов сжиженного газа;

w_i — массовая доля i-го компонента, %;

ρ_{it} — плотность i-го компонента при данной температуре t, кг/м^3.

4.1.2 Если компонентный состав измерен в молярных долях, то плотность вычисляют по формуле

$$\rho_t = \sum_{i=1}^{n} x_i \cdot \rho_{it}, \quad (2)$$

где x_i — молярная доля i-го компонента, доли единицы.

Компонентный состав определяют по ГОСТ 10679 или ГОСТ 33012.

4.1.3 Плотность индивидуальных углеводородов в жидком состоянии в зависимости от температуры приведена в таблице А.1 (приложение А).

Значения молярных масс индивидуальных компонентов приведены в приложении Б.

4.1.4 Если в таблице А.1 (приложение А) отсутствует значение плотности компонента при конкретной температуре измерений, то ее значение вычисляют интерполированием табличных значений плотностей, соответствующих температурам, ближайшим к данной.

4.1.5 Примеры расчета плотности СУГ приведены в таблицах В.1, В.2 (приложение В).

4.2 Оформление результатов вычисления плотности сжиженных углеводородных газов

4.2.1 За результат вычисления плотности СУГ при данной температуре принимают значение единичного определения.

4.2.2 Результат вычисления плотности СУГ записывают в виде

$$\rho_t \pm U_{(\rho_t)}, \quad (3)$$

где $U_{(\rho_t)}$ — расширенная неопределенность результата вычисления плотности для данной температуры t, кг/м^3, при коэффициенте охвата k = 2, [1]—[3].

$U_{(\rho_t)}$ вычисляют по таблице 1. Вычисленные значения плотности СУГ и расширенной неопределенности (абсолютной погрешности) округляют до первого десятичного знака.

Таблица 1 — Расширенная неопределенность результатов вычисления плотности сжиженных углеводородных газов

Диапазон измерений плотности ρ_t, кг/м^3	Расширенная неопределенность $U_{(\rho_t)}$, кг/м^3
От 480 до 530 включ.	$0{,}0179 \cdot \rho_t - 8{,}381$
Св. 530 до 560 включ.	$0{,}0119 \cdot \rho_t - 5{,}140$
Св. 560 до 800 включ.	$0{,}0171 \cdot \rho_t - 8{,}104$

4.3 Требования к показателям точности метода

Метод обеспечивает получение результатов вычисления плотности СУГ по измеренному компонентному составу со значением расширенной неопределенности $U_{(\rho_t)}$, не превышающей значений, приведенных в таблице 1, при доверительной вероятности P = 0,95.

5 Метод определения давления насыщенных паров

5.1 Давление насыщенных паров СУГ вычисляют по углеводородному составу, определенному методом газовой хроматографии в молярных долях, и значениям летучести углеводородов, входящих в состав СУГ, соответствующим заданной температуре измерений.

Углеводородный состав, определенный в массовых долях, пересчитывают в молярные доли x_i по формуле

$$x_i = \frac{w_i}{M_i} / \sum_{i=1}^{n} \frac{w_i}{M_i}, \quad (4)$$

где M_i — молярная масса i-го компонента по таблице Б.1 приложения Б, кг/кмоль.

5.2 Абсолютное давление насыщенных паров СУГ P, МПа, вычисляют методом последовательного приближения, задавая произвольные значения двух ближайших значений давления насыщенных паров при данной температуре (приложение Г), по формуле

$$P = P'_z + \left(P''_z - P'_z\right) \frac{\Delta P'_z}{\Delta P'_z - \Delta P''_z}, \quad (5)$$

где P'_z — меньшее выбранное значение абсолютного давления СУГ, МПа, по таблицам Г.1—Г.8 (приложение Г);

P''_z — большее выбранное значение абсолютного давления СУГ, МПа, по таблицам Г.1—Г.8 (приложение Г).

Пример расчета давления насыщенных паров методом последовательного приближения приведен в приложении Д.

Значения $\Delta P'_z$ и $\Delta P''_z$ вычисляют по формулам:

$$\Delta P'_z = P'_0 - P'_z; \quad (6)$$

$$\Delta P''_z = P''_0 - P''_z, \quad (7)$$

где P'_0 и P''_0 — значения абсолютного давления насыщенных паров, МПа, вычисленные по формулам:

$$P'_0 = \Sigma x_i f'_i; \quad (8)$$

$$P''_0 = \Sigma x_i f''_i, \quad (9)$$

где f_i' и f_i'' — значения летучести (фугитивности) i-го компонента СУГ при абсолютных давлениях P_z' и P_z'', МПа, приведенные в таблицах Г.1—Г.8 (приложение Г).

В результате вычисления должно соблюдаться условие $P_0' > P_z'$. Если $P_0' \le P_z'$, то расчет прекращают, задают следующую пару значений давления насыщенных паров и повторяют процедуру приближения.

5.3 Избыточное давление насыщенных паров СУГ $P_{изб}$, МПа, вычисляют по формуле

$$P_{изб} = P - P_{атм}, \quad (10)$$

где P — абсолютное давление насыщенных паров СУГ, МПа;

$P_{атм}$ — атмосферное давление, МПа; $P_{атм}$ = 101,3 кПа (0,1 МПа).

5.4 Примеры расчета давления насыщенных паров СУГ приведены в таблицах Е.1—Е.4 (приложение Е).

5.5 Оформление результатов вычисления давления насыщенных паров СУГ

5.5.1 За результат вычисления значения давления насыщенных паров СУГ при данной температуре принимают значение единичного определения.

5.5.2 Результат вычисления давления насыщенных паров СУГ $P_{изб}$, МПа, записывают в виде

$$P_{изб} \pm U(P_{изб}), \quad (11)$$

где $U(P_{изб})$ — расширенная неопределенность результата вычисления давления насыщенных паров для данной температуры t, МПа, при коэффициенте охвата k = 2;

$U(P_{изб})$ вычисляют по таблице 2.

Таблица 2 — Расширенная неопределенность результатов вычисления давления насыщенных паров СУГ

Температура измерений, °С	Диапазон измерений $P_{изб}$, МПа	Расширенная неопределенность $U(P_{изб})$, МПа
Минус 35	От 0,06 до 0,12 включ.	0,271 $P_{изб}$ – 0,003
	Св. 0,12 до 0,20 включ.	0,291 $P_{изб}$ – 0,005
Минус 30	От 0,06 до 0,12 включ.	0,271 $P_{изб}$ – 0,003
	Св. 0,12 до 0,20 включ.	0,291 $P_{изб}$ – 0,005
Минус 20	От 0,06 до 0,12 включ.	0,271 $P_{изб}$ – 0,003
	Св. 0,12 до 0,20 включ.	0,291 $P_{изб}$ – 0,005
	Св. 0,20 до 0,50 включ.	0,079 $P_{изб}$ + 0,037
Плюс 45	От 0,20 до 0,50 включ.	0,079 $P_{изб}$ + 0,037
	Св. 0,50 до 1,00 включ.	0,082 $P_{изб}$ + 0,035
	Св. 1,00 до 2,00 включ.	0,115 $P_{изб}$ + 0,002

Вычисленные значения давления насыщенных паров СУГ и расширенной неопределенности (абсолютной погрешности) округляют до второго десятичного знака.

5.6 Требования к показателям точности метода

Метод обеспечивает получение результатов вычисления избыточного давления насыщенных паров СУГ по измеренному компонентному составу со значением расширенной неопределенности $U(P_{изб})$, не превышающей значений, приведенных в таблице 2 при доверительной вероятности P = 0,95.

Приложение А
(обязательное)

Значения плотности углеводородов в жидком состоянии

В настоящем приложении приведены значения плотности углеводородов в жидком состоянии (см. таблицу А.1).

Таблица А.1 — Значения плотности углеводородов в жидком состоянии в зависимости от температуры

Температура, °С	Плотность, кг/м^3																	
	Метан	Этан	Пропан	Пропен	Изобутан	*н*-бутан	Бутен-1	Изобутен	*транс*-бутен-2	*цис*бутен-2	Бутадиен-1,3	2,2-диметилпропан	Изопентан	*н*-пентан	3-метилбутен-1	Пентен-1	2-метилбутен-1	*транс*-пентен-2
-50	343,8	496,1	590,9	611,4	635,2	651,1	673,2	673,3	681,4	699,4	701,4	661,4	686,8	691,5	694,2	707,7	716,5	714,0
-45	338,9	488,8	585,2	605,2	630,0	646,4	668,0	667,8	676,0	694,0	696,0	656,7	682,1	687,0	689,7	703,2	712,1	709,6
-40	333,9	481,0	579,4	598,9	624,7	641,5	662,7	662,4	670,5	688,5	690,5	652,0	677,4	682,5	685,2	698,8	707,7	705,2
-35	328,9	473,1	573,7	592,6	619,5	636,7	657,3	657,0	665,0	683,0	685,0	647,2	672,7	678,0	680,6	694,2	703,2	700,6
-30	323,9	464,9	567,7	586,3	614,1	631,7	651,9	651,5	659,6	677,6	679,4	642,4	668,0	673,4	676,0	689,6	698,7	696,0
-25	323,9	456,3	561,6	579,9	608,7	626,8	646,4	646,2	654,2	672,2	673,8	637,5	663,2	668,8	671,3	684,9	694,1	691,3
-20	314,1	447,3	555,5	573,5	603,3	621,8	640,9	640,5	648,7	666,7	668,3	632,6	658,5	664,3	666,6	680,2	689,4	686,6
-15	309,4	437,8	549,3	566,7	597,8	616,6	635,3	635,0	643,2	661,2	662,6	627,7	653,7	659,6	661,9	675,4	684,7	681,8
-10	304,7	427,5	542,9	559,9	592,3	611,5	629,7	629,4	637,8	655,8	656,8	622,8	648,9	655,0	657,1	670,6	679,9	677,0
-5	299,9	416,6	536,4	552,7	586,7	606,6	624,0	623,7	632,4	650,4	651,0	617,9	644,0	650,2	652,2	665,7	675,1	672,2
0	295,4	404,8	529,7	545,7	581,0	601,0	618,2	618,0	626,9	644,9	645,2	613,0	639,2	645,5	647,2	660,8	670,2	667,5
5	291,8	391,8	522,8	538,0	575,3	595,7	612,4	612,2	621,4	639,4	639,2	608,0	634,3	640,8	642,2	655,8	665,3	662,8
10	286,3	377,5	515,8	530,6	569,4	590,2	606,5	606,5	616,0	634,0	633,3	603,0	629,4	636,0	637,2	650,8	660,3	658,0
15	281,9	361,1	508,6	522,7	563,4	584,6	600,5	600,6	610,6	628,6	627,2	598,0	624,5	631,1	632,2	645,6	655,3	653,1
20	277,6	342,1	501,1	514,8	557,3	578,9	594,5	594,7	605,1	623,1	621,1	592,9	619,6	626,2	627,2	640,5	650,3	648,2
25	273,3	319,7	493,4	506,4	551,1	573,2	588,4	588,6	599,6	617,6	614,8	587,8	614,6	621,3	622,1	635,3	645,0	643,1
30	269,0	291,9	485,5	498,1	544,8	567,3	582,3	582,6	594,2	612,2	608,4	582,6	609,7	616,3	617,0	630,0	640,0	638,1
35	264,3	262,3	477,5	489,2	538,5	561,3	576,0	576,4	588,8	606,8	601,8	577,8	604,7	611,2	611,9	624,6	634,9	632,8
40	260,8	226,3	468,9	480,4	531,8	555,2	569,8	570,3	583,3	601,3	595,3	573,1	599,7	606,2	606,8	619,3	629,8	627,5
45	256,8	184,1	460,4	471,0	525,2	549,0	563,4	564,0	577,8	595,8	588,5	567,7	594,6	601,0	601,6	613,8	624,6	621,9
50	253,6	134,5	451,3	461,7	518,2	542,6	557,1	557,8	572,4	590,4	581,7	562,3	589,5	595,9	596,4	608,4	619,4	616,3

Продолжение таблицы А.1

Температура, °С	Плотность, кг/м^3																	
	цис-пентен-2	2-метилбутен-2	Циклопентан	2,2-диметилбутан	2,3-диметилбутан	2-метилпентан	3-метилпентан	*н*-гексан	Метилциклопентан	Циклогексан	Бензол	2,2-диметилпентан	2,4-диметилпентан	2,3-диметилпентан	2-метилгексан	3-метилгексан	1,1-диметилциклопентан	1,3-диметилциклопентан-*цис*
-50	722,7	728,4	813,0	709,4	721,7	713,0	724,4	719,9	813,7	843,8	951,7	733,4	732,7	753,5	736,2	744,7	817,9	807,5
-45	718,2	724,0	808,2	705,2	717,6	708,8	720,2	715,7	809,0	839,2	946,6	729,2	728,4	749,4	732,2	740,7	813,4	803,1
-40	713,8	719,6	803,4	701,1	713,4	704,7	716,1	711,5	804,4	834,5	941,4	724,9	724,2	745,2	728,2	736,7	809,0	798,7
-35	709,3	715,1	798,6	697,0	709,2	700,6	712,0	707,3	799,8	829,8	936,2	720,7	720,0	741,0	724,2	732,6	804,5	794,4
-30	704,8	710,6	793,8	692,8	705,1	696,4	707,8	703,1	795,1	825,2	931,1	716,5	715,7	736,9	720,1	728,6	800,0	789,8
-25	700,2	706,0	789,0	688,6	700,9	692,2	703,6	698,8	790,4	820,5	926,0	712,2	711,4	732,8	716,0	724,5	795,4	785,3
-20	695,6	701,4	784,2	684,4	696,7	688,0	699,4	694,6	785,8	815,9	920,8	707,9	707,2	728,6	711,9	720,4	790,9	780,8
-15	690,9	696,7	779,4	680,2	692,4	683,8	695,2	690,3	781,2	811,2	915,6	703,6	703,0	724,4	707,8	716,3	786,2	776,3
-10	686,2	692,0	774,5	675,9	688,2	679,5	690,9	686,0	776,5	806,6	910,4	699,4	698,7	720,3	703,7	712,2	781,8	771,8
-5	681,2	687,2	769,6	672,6	683,8	675,2	686,6	681,6	771,8	802,0	905,2	695,2	694,4	716,2	699,6	708,0	777,2	767,3
0	676,3	682,3	764,8	667,2	679,5	670,9	682,2	677,2	767,2	797,3	900,0	691,0	690,2	712,0	695,4	703,9	772,7	762,8
5	671,2	677,4	760,0	662,7	675,0	666,4	677,8	672,8	762,6	792,6	894,8	686,7	685,8	707,8	691,2	699,8	768,0	758,3
10	666,0	672,4	755,1	658,2	670,6	662,0	673,3	668,4	757,9	788,0	889,6	682,4	681,5	703,6	687,0	695,6	763,6	753,8
15	660,8	667,4	750,2	653,7	666,1	657,6	668,8	663,9	753,4	783,3	884,3	678,1	677,1	699,4	682,8	691,4	759,0	749,3
20	655,5	662,3	745,4	649,2	661,6	653,2	664,3	659,4	748,6	778,6	879,0	673,8	672,7	695,1	678,6	687,2	754,5	744,8
25	650,2	657,2	740,4	644,6	657,0	648,6	659,8	654,8	743,9	773,9	873,7	669,5	668,3	690,9	674,3	682,9	749,9	740,2
30	644,8	652,0	735,6	640,0	652,5	644,1	655,2	650,2	739,3	769,2	868,4	665,2	663,9	686,6	670,0	678,6	745,3	735,7
35	639,4	646,8	730,7	635,3	647,8	639,5	650,6	645,6	734,6	764,4	863,0	660,8	659,4	682,3	665,8	674,3	740,6	731,1
40	634,1	641,5	725,8	630,6	643,2	634,9	645,9	640,9	730,0	759,6	857,6	656,5	655,0	678,0	661,5	670,0	736,0	726,5
45	628,8	636,2	720,9	625,8	638,5	630,2	641,2	636,2	725,4	754,4	852,2	652,2	650,5	673,6	657,0	665,6	734,3	721,8
50	623,4	630,8	716,0	621,1	633,8	625,5	636,4	631,5	720,7	749,9	846,8	647,8	646,0	669,3	652,6	661,1	726,6	717,2

Продолжение таблицы А.1

Температура, °С	Плотность, кг/м^3																
	1,3-диметилциклопентан-*транс*	Толуол	1,1,2-триметилциклопентан	2-метилгептан	3,4-диметилгексан	4-метилгептан	3-метилгептан	3-этилгексан	1,1-диметилциклогексан	1,1-метилэтилциклопентан	1,2-диметилциклопентан-*транс*	1,2-диметилциклопентан-*цис*	*н*-гептан	Метилциклогексан	1,1,3-триметилциклопентан	Этилциклопентан	2,5-диметилгексан
-50	810,8	931,8	832,2	752,6	774,2	759,2	760,5	769,1	838,0	838,7	814,1	834,6	741,5	830,1	807,4	825,7	752,0
-45	806,8	927,2	828,0	748,8	770,4	755,4	756,7	765,2	834,0	834,6	809,7	830,2	737,5	825,8	803,2	821,6	747,9
-40	802,1	922,5	823,9	745,0	766,5	751,6	752,9	761,4	830,0	830,6	805,3	825,9	733,5	821,5	799,1	817,4	743,8
-35	797,8	917,8	819,7	741,2	762,6	747,8	749,0	757,5	826,0	826,5	800,8	821,5	729,4	817,2	794,9	813,2	739,6
-30	793,3	913,2	815,5	737,3	758,7	743,9	745,2	753,6	821,9	822,4	796,4	817,1	725,4	812,9	790,7	809,0	735,5
-25	788,8	908,6	811,2	733,4	754,8	740,0	741,3	749,6	817,8	818,2	791,9	812,6	721,3	808,6	786,4	804,8	731,3
-20	784,4	903,9	807,0	729,5	750,8	736,1	737,4	745,7	813,7	814,1	787,4	808,2	717,2	804,2	782,2	800,5	727,1
-15	780,0	899,3	802,8	725,6	746,8	732,2	733,4	741,7	809,6	810,0	782,9	803,8	713,1	799,8	778,0	796,8	722,9
-10	775,5	894,7	798,5	721,6	742,9	728,2	729,5	737,7	805,5	805,8	778,4	799,3	709,0	795,5	773,7	792,0	718,7
-5	770,0	890,1	794,5	717,7	739,0	724,3	725,6	733,8	801,4	801,6	773,9	794,8	704,8	791,2	769,4	787,8	714,5
0	766,6	885,5	790,0	713,8	735,0	720,4	721,7	729,8	797,3	797,5	769,4	790,4	700,7	786,8	765,2	783,5	710,3
5	762,2	880,8	785,8	709,8	731,0	716,4	717,8	725,8	793,2	793,4	764,9	786,0	696,5	782,4	761,0	779,2	706,1
10	757,7	876,2	781,0	705,9	727,1	712,5	713,8	721,7	789,1	789,2	760,4	781,5	692,3	778,1	756,7	775,0	701,9
15	753,0	871,6	776,8	701,9	723,2	708,6	709,8	717,6	785,0	785,0	755,9	777,1	688,0	773,8	752,4	770,8	697,7
20	748,8	866,9	772,5	697,9	719,2	704,6	705,8	713,6	780,9	780,9	751,4	772,6	683,8	769,4	748,2	766,5	693,5
25	744,3	862,3	768,2	693,9	715,2	700,6	701,8	709,5	776,8	776,7	746,9	768,1	679,5	765,0	743,9	762,2	689,3
30	739,8	857,6	764,0	689,8	711,3	696,6	697,7	705,4	772,8	772,6	742,4	763,6	675,2	760,6	739,6	757,8	685,1
35	735,2	853,0	759,6	685,8	707,2	692,6	693,6	701,2	768,6	768,4	737,8	759,0	670,8	756,2	735,3	753,4	680,8
40	730,7	848,3	755,3	681,7	703,2	688,5	689,6	697,1	764,4	764,1	733,1	754,5	666,4	751,8	731,0	749,1	676,6
45	726,1	843,6	742,1	677,6	699,1	684,4	685,4	692,9	760,2	759,8	728,4	750,0	662,0	747,4	726,6	744,7	672,3
50	721,5	838,8	737,7	673,4	695,0	680,3	681,3	688,7	755,9	755,5	723,7	745,3	657,6	743,0	722,3	740,3	668,0

Окончание таблицы А.1

Температура, °С	Плотность, кг/м^3							
	1,2,4-триметилциклопентан-*транс*, *цис*	1,2-метилэтилциклопентан *цис*	*н*-октан	*н*-пропилциклопентан	Этилбензол	1,4-диметил-бензол	1,3-диметил-бензол	1,2-диметил-бензол
-50	806,5	842,3	758,1	833,4	928,8	920,9	922,7	938,7
-45	802,4	838,3	754,2	829,4	924,6	916,6	918,5	934,6
-40	798,2	834,3	750,4	825,4	920,1	912,5	914,5	930,5
-35	794,0	830,2	746,5	821,4	915,8	908,2	910,4	926,4
-30	789,8	826,2	742,6	817,3	911,3	904,0	906,2	922,2
-25	785,6	822,1	738,6	813,2	906,8	899,7	902,0	918,0
-20	781,3	818,0	734,7	809,1	902,4	895,4	897,8	913,8
-15	777,0	813,9	730,7	805,0	898,0	891,1	893,6	909,6
-10	772,8	809,8	726,7	800,9	893,5	886,8	889,4	905,4
-5	768,6	805,7	722,8	796,8	889,0	882,5	885,2	901,2
0	764,3	801,6	718,8	792,7	884,6	878,2	881,0	897,0
5	760,0	797,5	714,8	788,6	880,2	873,9	876,8	892,8
10	755,8	793,4	710,7	784,5	875,7	869,6	872,6	888,6
15	751,6	789,3	706,6	780,4	871,4	865,3	868,4	884,4
20	747,3	785,2	702,6	776,3	867,0	861,0	864,2	880,2
25	743,0	781,1	698,4	772,3	862,6	856,7	859,9	876,0
30	738,7	777,0	694,3	768,1	858,3	852,5	855,6	871,9
35	734,4	772,6	690,2	764,0	853,8	848,0	851,3	867,6
40	730,0	768,7	686,0	759,8	849,4	843,7	847,0	863,4
45	725,6	764,5	681,8	755,6	844,9	839,3	842,7	859,1
50	721,2	760,3	677,6	751,4	840,4	834,9	838,4	854,8

Примечание — Значения получены в соответствии с ГОСТ 31369, ГОСТ 33012, [1].

Приложение Б
(обязательное)

Значения молярных масс индивидуальных компонентов

В настоящем приложении приведены значения молярных масс индивидуальных компонентов (см. таблицу Б.1.)

Таблица Б.1 — Значения молярных масс индивидуальных компонентов

Компонент	Молярная масса, г/моль*
Метан (CH_4)	16,043
Этан (C_2H_6)	30,070
Этилен (C_2H_4)	28,054
Ацетилен (этин) (C_2H_2)	26,038
Пропан (C_3H_8)	44,097
Пропилен (C_3H_6)	42,081
Пропадиен (C_3H_4)	40,065
Метилацетилен (C_3H_4)	40,065
Изобутан ($и C_4H_{10}$)	58,123
н-Бутан ($н C_4H_{10}$)	58,123
Бутен-1 ($н C_4H_8$)	56,108
Изобутен ($и C_4H_8$)	56,108
транс-Бутен-2 (*транс* C_4H_8)	56,108
цис-Бутен-2 (*цис*-C_4H_8)	56,108
Бутадиен-1,2 (C_4H_6)	54,092
Бутадиен-1,3 (C_4H_6)	54,092
2,2-Диметилпропан (C_5H_{12})	72,150
Изопентан ($и C_5H_{12}$)	72,150
н-Пентан ($н C_5H_{12}$)	72,150
Пентен-1 (C_5H_{10})	70,134
Циклопентан (C_5H_{10})	70,134
н-Гексан ($н C_6H_{14}$)	86,177
2-Метилпентан (C_6H_{14})	86,177
3-Метилпентан (C_6H_{14})	86,177
2,2-Диметилбутан (C_6H_{14})	86,177
2,3-Диметилбутан (C_6H_{14})	86,177
Метилциклопентан (C_6H_{12})	84,161
Циклогексан (C_6H_{12})	84,161
Бензол (C_6H_6)	78,114
н-Гептан ($н C_7H_{16}$)	100,204
Этилциклопентан (C_7H_{14})	98,188
Толуол (C_7H_8)	92,141
н-Октан ($н C_8H_{18}$)	114,231
* Молярные массы приведены по ГОСТ 31369.	

Приложение В
(рекомендуемое)

Пример расчета плотности

В таблицах В.1, В.2 приведены примеры расчета плотности при различных температурах.

Таблица В.1 — Пример расчета плотности СУГ при температуре 20 °С через массовые доли

Компонент	Плотность ρ_i, кг/м^3	Массовая доля w_i,%	$\frac{w_i}{\rho_i}$	$\rho_t = 100 / \sum_{i=1}^{n} \frac{w_i}{\rho_{it}}$, кг/м^3
CH_4	277,6	0,06	0,0002	—
C_2H_6	342,1	1,16	0,0034	—
C_3H_8	501,1	62,36	0,1244	—
и-C_4H_{10}	557,3	13,42	0,0241	—
н-C_4H_{10}	578,9	22,39	0,0387	—
нео-C_5H_{12}	592,9	0,09	0,0002	—
и-C_5H_{12}	619,6	0,43	0,0007	—
н-C_5H_{12}	626,2	0,09	0,0001	—
Σ	—	100,00	0,1918	521,4

Таблица В.2 — Пример расчета плотности СУГ при температуре 20 °С через молярные доли

Компонент	Плотность ρ_i, кг/м^3	Молярная доля x_i	$x_i \cdot \rho_i$	$\rho_t = \sum_{i=1}^{n} x_i \cdot \rho_i$, кг/м^3
CH_4	277,6	0,0011	0,3054	—
C_2H_6	342,1	0,0180	6,1578	—
C_3H_8	501,1	0,6486	325,0135	—
и-C_4H_{10}	557,3	0,1255	69,9412	—
н-C_4H_{10}	578,9	0,2017	116,7641	—
нео-C_5H_{12}	592,9	0,0008	0,4743	—
и-C_5H_{12}	619,6	0,0036	2,2306	—
н-C_5H_{12}	626,2	0,0007	0,4383	—
Σ	—	1,0000	521,3252	521,3

Приложение Г
(обязательное)

Значения летучести (фугитивности) компонентов сжиженных углеводородных газов

В таблицах Г.1—Г.8 приведены значения летучести (фугитивности) компонентов СУГ при различных температурах.

Таблица Г.1 — Значения летучести (фугитивности) компонентов СУГ при температуре плюс 45 °С

Давление, МПа	Летучесть углеводородов											
	CH_4	C_2H_6	C_2H_4	C_3H_8	C_3H_6	*и*C_4H_{10}	*н*C_4H_{10}	C_4H_8	*и*C_5H_{12}	*н*C_5H_{12}	C_5H_{10}	*н*C_6H_{14}
0,1	13,200	4,000	5,600	1,250	1,500	0,550	0,410	0,360	0,200	0,130	0,170	0,045
0,5	14,000	4,200	5,700	1,370	1,550	0,600	0,450	0,410	0,210	0,150	0,190	0,053
1,0	15,000	4,400	6,200	1,450	1,650	0,660	0,480	0,450	0,240	0,170	0,210	0,060
1,5	15,500	4,700	6,500	1,530	1,730	0,690	0,510	0,480	0,260	0,180	0,230	0,063
2,0	16,400	5,000	7,000	1,680	1,920	0,760	0,560	0,540	0,280	0,200	0,240	0,072

Таблица Г.2 — Значения летучести (фугитивности) компонентов СУГ при температуре минус 20 °С

Давление, МПа	Летучесть углеводородов											
	CH_4	C_2H_6	C_2H_4	C_3H_8	C_3H_6	*и*C_4H_{10}	*н*C_4H_{10}	C_4H_8	*и*C_5H_{12}	*н*C_5H_{12}	C_5H_{10}	*н*C_6H_{14}
0,05	15,0	1,40	2,50	0,260	0,33	0,075	0,0450	0,060	0,0130	0,0090	0,009	0,0010
0,10	13,0	1,15	2,10	0,235	0,28	0,068	0,0425	0,054	0,0125	0,0089	0,011	0,0018
0,50	11,5	1,15	2,00	0,245	0,29	0,075	0,0435	0,062	0,0150	0,0103	0,013	0,0025
1,00	9,6	1,16	1,90	0,250	0,29	0,079	0,0500	0,064	0,0150	0,0115	0,014	0,0026
1,50	10,5	1,26	2,10	0,277	0,32	0,090	0,0585	0,075	0,0188	0,0140	0,018	0,0036
2,00	11,0	1,40	2,30	0,300	0,37	0,106	0,0680	0,088	0,0220	0,0160	0,022	0,0040

Таблица Г.3 — Значения летучести (фугитивности) компонентов СУГ при температуре минус 30 °С

Давление, МПа	Летучесть углеводородов											
	CH_4	C_2H_6	C_2H_4	C_3H_8	C_3H_6	*и*C_4H_{10}	*н*C_4H_{10}	C_4H_8	*и*C_5H_{12}	*н*C_5H_{12}	C_5H_{10}	*н*C_6H_{14}
0,05	13,3	1,10	1,93	0,180	0,227	0,0500	0,0283	0,039	0,0083	0,0053	0,0063	0,0006
0,10	11,3	0,89	1,70	0,165	0,193	0,2490	0,0268	0,036	0,0075	0,0052	0,0069	0,0008
0,50	9,7	0,90	1,63	0,173	0,210	0,2767	0,0285	0,042	0,0090	0,0066	0,0087	0,0012
1,00	8,5	0,91	1,53	0,177	0,213	0,0540	0,0320	0,044	0,0097	0,0070	0,0093	0,0013
1,50	9,3	1,00	1,70	0,202	0,237	0,0620	0,0388	0,051	0,0116	0,0087	0,0112	0,0021
2,00	9,9	1,07	1,83	0,228	0,270	0,0740	0,0467	0,060	0,0147	0,0104	0,0167	0,0026

Таблица Г.4 — Значения летучести (фугитивности) компонентов СУГ при температуре минус 35 °С

Давление, МПа	Летучесть углеводородов										
	CH_4	C_2H_6	C_2H_4	C_3H_8	C_3H_6	*и*C_4H_{10}	*н*C_4H_{10}	C_4H_8	*и*C_5H_{12}	*н*C_5H_{12}	C_5H_{10}
0,05	12,50	0,950	1,65	0,140	0,175	0,038	0,020	0,029	0,006	0,0035	0,0049
0,10	10,50	0,760	1,50	0,130	0,150	0,034	0,019	0,027	0,005	0,0033	0,0048

Окончание таблицы Г.4

Давление, МПа	Летучесть углеводородов										
	CH_4	C_2H_6	C_2H_4	C_3H_8	C_3H_6	*и*C_4H_{10}	*н*C_4H_{10}	C_4H_8	*и*C_5H_{12}	*н*C_5H_{12}	C_5H_{10}
0,50	8,75	0,775	1,45	0,137	0,170	0,040	0,021	0,032	0,006	0,0047	0,0065
1,00	8,00	0,790	1,35	0,140	0,175	0,042	0,023	0,034	0,007	0,0048	0,0067
1,50	8,70	0,870	1,50	0,165	0,195	0,048	0,029	0,039	0,008	0,0060	0,0078
2,00	9,40	0,900	1,60	0,192	0,220	0,058	0,036	0,046	0,011	0,0076	0,0102

Таблица Г.5 — Значения летучести (фугитивности) непредельных углеводородов СУГ при температуре плюс 45 °С

Давление, МПа	Этин (ацетилен), C_2H_2	Пропадиен (аллен), C_3H_4	Пропин (метилацетилен), C_3H_4	Бутадиен-1,3 (дивинил), C_4H_6
0,1	6,000	0,980	0,760	0,430
0,5	6,250	1,100	0,850	0,490
1,0	6,900	1,150	0,900	0,540
1,5	7,050	1,230	0,930	0,570
2,0	7,380	1,340	1,040	0,620

Таблица Г.6 — Значения летучести (фугитивности) непредельных углеводородов СУГ при температуре минус 20 °С

Давление, МПа	Этин (ацетилен), C_2H_2	Пропадиен (аллен), C_3H_4	Пропин (метилацетилен), C_3H_4	Бутадиен-1,3 (дивинил), C_4H_6
0,05	2,500	0,190	0,120	0,059
0,10	2,200	0,165	0,104	0,049
0,50	2,300	0,175	0,115	0,058
1,00	2,100	0,170	0,125	0,060
1,50	2,400	0,200	0,143	0,068
2,00	2,640	0,230	0,168	0,080

Таблица Г.7 — Значения летучести (фугитивности) непредельных углеводородов СУГ при температуре минус 30 °С

Давление, МПа	Этин (ацетилен), C_2H_2	Пропадиен (аллен), C_3H_4	Пропин (метилацетилен), C_3H_4	Бутадиен-1,3 (дивинил), C_4H_6
0,05	2,200	0,130	0,080	0,035
0,10	1,800	0,120	0,080	0,033
0,50	2,250	0,130	0,090	0,038
1,00	1,700	0,130	0,080	0,040
1,50	1,840	0,140	0,100	0,048
2,00	2,000	0,170	0,120	0,060

Таблица Г.8 — Значения летучести (фугитивности) непредельных углеводородов СУГ при температуре минус 35 °С

Давление, МПа	Этин (ацетилен), C_2H_2	Пропадиен (аллен), C_3H_4	Пропин (метилацетилен), C_3H_4	Бутадиен-1,3 (дивинил), C_4H_6
0,05	1,800	0,090	0,070	0,026
0,10	1,500	0,082	0,057	0,025

Окончание таблицы Г.8

Давление, МПа	Этин (ацетилен), C_2H_2	Пропадиен (аллен), C_3H_4	Пропин (метилацетилен), C_3H_4	Бутадиен-1,3 (дивинил), C_4H_6
0,50	1,700	0,090	0,063	0,029
1,00	1,350	0,095	0,065	0,031
1,50	1,640	0,113	0,078	0,038
2,00	1,760	0,130	0,092	0,042

Приложение Д
(рекомендуемое)

Пример расчета давления насыщенных паров при температуре плюс 45 °С методом последовательного приближения

Задают произвольные значения абсолютного давления насыщенных паров P'_z и P''_z.

Принимают P'_z = 1,5 МПа и P''_z = 2,0 МПа.

При выбранных значениях давления насыщенных паров согласно данным таблиц Г.1, Г.5 (приложение Г) выбирают значения летучести f'_i и рассчитывают P'_0 по формуле $P'_0 = \Sigma x_i f'_i$.

Расчет P'_0 приведен в таблице Д.1.

Таблица Д.1 — Расчет P'_0 при P'_z = 1,5 МПа и P''_z = 2,0 МПа

Компонент	Молярная доля x_i	f'_i при P'_z = 1,5 МПа	$x_i f'_i$
C_2H_6	0,0004	4,70	0,0019
C_3H_8	0,0265	1,53	0,0405
C_3H_6	0,0059	1,73	0,0102
uC_4H_{10}	0,2100	0,69	0,1449
$нC_4H_{10}$	0,3053	0,51	0,1557
C_4H_8	0,3297	0,48	0,1583
C_4H_6	0,0012	0,57	0,0007
uC_5H_{12}	0,0721	0,26	0,0187
$нC_5H_{12}$	0,0191	0,18	0,0034
C_5H_{10}	0,0298	0,23	0,0069
Σ	1,0000	—	P'_0 = 0,5412

Так как при P'_z = 1,5 МПа получают P'_0 = 0,54 МПа, следовательно, условие $P'_0 > P'_z$ не выполняется, расчет прерывают.

Задают следующую пару значений абсолютного давления насыщенных паров P'_z и P''_z и повторяют процедуру.

Принимают пару значений P'_z = 1,0 МПа и P''_z = 1,5 МПа и возобновляют расчет (см. таблицу Д.2).

Таблица Д.2 — Расчет P'_0 при P'_z = 1,0 МПа и P''_z = 1,5 МПа

Компонент	Молярная доля x_i	f'_i при P'_z = 1,0 МПа	$x_i f'_i$
C_2H_6	0,0004	4,40	0,0018
C_3H_8	0,0265	1,45	0,0384
C_3H_6	0,0059	1,65	0,0097
uC_4H_{10}	0,2100	0,66	0,1386
$нC_4H_{10}$	0,3053	0,48	0,1465
C_4H_8	0,3297	0,45	0,1484
C_4H_6	0,0012	0,54	0,0006
uC_5H_{12}	0,0721	0,24	0,0173
$нC_5H_{12}$	0,0191	0,17	0,0032
C_5H_{10}	0,0298	0,21	0,0063
Σ	1,0000	—	P'_0 = 0,5109

По результатам расчета из таблицы Д.2 получают P'_0 = 0,51 МПа менее P'_z = 1,0 МПа, следовательно, условие $P'_0 > P'_z$ не выполняется, расчет прекращают, задают следующую пару значений абсолютного давления насыщенных паров P'_z и P''_z и повторяют процедуру.

Принимают пару значений P'_z = 0,5 МПа и P''_z = 1,0 МПа и возобновляют расчет (см. таблицу Д.3).

Таблица Д.3 — Расчет P'_0 при P'_z = 0,5 МПа и P''_z = 1,0 МПа

Компонент	Молярная доля x_i	f'_i при P'_z = 0,5 МПа	$x_i f'_i$
C_2H_6	0,0004	4,20	0,0017
C_3H_8	0,0265	1,37	0,0363
C_3H_6	0,0059	1,55	0,0091
uC_4H_{10}	0,2100	0,60	0,1260
$нC_4H_{10}$	0,3053	0,45	0,1374
C_4H_8	0,3297	0,41	0,1352
C_4H_6	0,0012	0,49	0,0006
uC_5H_{12}	0,0721	0,21	0,0151
$нC_5H_{12}$	0,0191	0,15	0,0029
C_5H_{10}	0,0298	0,19	0,0057
Σ	1,0000	—	P'_0 = 0,4700

По результатам расчета получают P'_0 = 0,47 МПа менее P'_z = 0,5 МПа, следовательно, условие $P'_0 > P'_z$ не выполняется, расчет прекращают, задают следующую пару значений абсолютного давления насыщенных паров P'_z и P''_z и повторяют процедуру.

Принимают пару значений P'_z = 0,1 МПа и P''_z = 0,5 МПа.

При выбранных значениях P'_z и P''_z рассчитывают P'_0 и P''_0 (см. таблицу Д.4).

Таблица Д.4 — Расчет P'_0 и P''_0 при P'_z = 0,1 МПа и P''_z = 0,5 МПа

Компонент	Молярная доля x_i	f'_i при P'_z = 0,1 МПа	$x_i f'_i$	f''_i при P''_z = 0,5 МПа	$x_i f''_i$
C_2H_6	0,0004	4,00	0,0016	4,20	0,0017
C_3H_8	0,0265	1,25	0,0331	1,37	0,0363
C_3H_6	0,0059	1,50	0,0089	1,55	0,0091
uC_4H_{10}	0,2100	0,55	0,1155	0,60	0,1260
$нC_4H_{10}$	0,3053	0,41	0,1252	0,45	0,1374
C_4H_8	0,3297	0,36	0,1187	0,41	0,1352
C_4H_6	0,0012	0,43	0,0005	0,49	0,0006
uC_5H_{12}	0,0721	0,20	0,0144	0,21	0,0151
$нC_5H_{12}$	0,0191	0,13	0,0025	0,15	0,0029
C_5H_{10}	0,0298	0,17	0,0051	0,19	0,0057
Σ	1,0000	—	P'_0 = 0,4254	—	P''_0 = 0,4700

В результате расчета при P'_z = 0,1 МПа и P''_z = 0,5 МПа получают P'_0 = 0,4254 МПа более P'_z = 0,1 МПа. Так условие $P'_0 > P'_z$ выполняется, то продолжают расчет.

При выбранных значениях давления насыщенных паров по таблицам Г.1, Г.5 (приложение Г) выбирают значения летучести f_i'', рассчитывают P''_0 по формуле $P''_0 = \Sigma x_i f_i''$

$$\Delta P'_z = P'_0 - P'_z = 0,425 - 0,1 = 0,325;$$

$$\Delta P''_z = P''_0 - P''_z = 0,470 - 0,5 = -0,030;$$

$$P = P'_z + (P''_z - P'_z)\frac{\Delta P'_z}{\Delta P'_z - \Delta P''_z} = 0,1 + (0,5 - 0,1)\frac{0,325}{0,325 - (-0,030)} = 0,47 \text{ МПа}.$$

В результате методом последовательного приближения получают P = 0,47 МПа, следовательно

$P_{изб}$ = 0,47 – 0,1 = 0,37 МПа;

$P_{изб}$ = (0,37 ± 0,07) МПа.

Приложение Е
(рекомендуемое)

Примеры расчета давления насыщенных паров

В таблицах Е.1—Е.4 приведены примеры расчета давления насыщенных паров СУГ при различных температурах.

Т а б л и ц а Е.1 — Пример расчета давления насыщенных паров при температуре 45 °С

Компонент	Молярная масса M_i, г/моль	Массовая доля w_i, %	w_i / M_i	Молярная доля x_i	f_i' при P_z' = 1,0 МПа	$x_i f_i'$	f_i'' при P_z'' = 1,5 МПа	$x_i f_i''$
C_2H_6	30,070	2,0020	0,0666	0,0322	4,40	0,1417	4,70	0,1513
C_3H_8	44,097	30,0066	0,6805	0,3291	1,45	0,4772	1,53	0,5035
C_3H_6	42,081	22,9965	0,5465	0,2643	1,65	0,4361	1,73	0,4572
uC_4H_{10}	58,123	19,9977	0,3441	0,1664	0,66	0,1098	0,69	0,1148
$нC_4H_{10}$	58,123	24,9972	0,4301	0,2080	0,48	0,0998	0,51	0,1061
Σ	—	100,0000	2,0678	1,0000	—	P_0' = 1,2646	—	P_0'' = 1,3329

$$\Delta P_z' = P_0' - P_z' = 1,2646 - 1,0 = 0,2646;$$

$$\Delta P_z'' = P_0'' - P_z'' = 1,3329 - 1,5 = -0,1671;$$

$$P = P_z' + \left(P_z'' - P_z'\right)\frac{\Delta P_z'}{\Delta P_z' - \Delta P_z''} = 1,0 + (1,5 - 1,0)\frac{0,2646}{0,2646 - (-0,1671)} = 1,31 \text{ МПа};$$

$P_{изб}$ = 1,31 – 0,1 = 1,21 МПа;
$P_{изб}$ = (1,21 ± 0,14) МПа.

Т а б л и ц а Е.2 — Пример расчета давления насыщенных паров при температуре минус 20 °С

Компонент	Молярная масса M_i, г/моль	Массовая доля w_i, %	w_i / M_i	Молярная доля x_i	f_i' при P_z' = 0,1 МПа	$x_i f_i'$	f_i'' при P_z'' = 0,5 МПа	$x_i f_i''$
C_2H_6	30,070	2,4984	0,0831	0,0374	1,1500	0,0430	1,1500	0,0430
C_3H_8	44,097	38,0098	0,8620	0,3880	0,2350	0,0912	0,2450	0,0951
C_3H_6	42,081	38,0016	0,9031	0,4065	0,2800	0,1138	0,2900	0,1179
uC_4H_{10}	58,123	14,5005	0,2495	0,1123	0,0680	0,0076	0,0750	0,0084
$нC_4H_{10}$	58,123	0,9942	0,0171	0,0077	0,0425	0,0003	0,0435	0,0003
C_4H_8	56,108	5,9955	0,1069	0,0481	0,0540	0,0026	0,0620	0,0030
Σ	—	100,0000	2,2217	1,0000	—	P_0' = 0,2585	—	P_0'' = 0,2677

$$\Delta P_z' = P_0' - P_z' = 0,2585 - 0,1 = 0,1585;$$

$$\Delta P_z'' = P_0'' - P_z'' = 0,2677 - 0,5 = -0,2323;$$

$$P = P_z' + \left(P_z'' - P_z'\right)\frac{\Delta P_z'}{\Delta P_z' - \Delta P_z''} = 0,1 + (0,5 - 0,1)\frac{0,1585}{0,1585 - (-0,2323)} = 0,262 \text{ МПа};$$

$P_{изб}$ = 0,262 – 0,1 = 0,16 МПа;
$P_{изб}$ = (0,16 ± 0,04) МПа.

Т а б л и ц а Е.3 — Пример расчета давления насыщенных паров при температуре минус 30 °С

Компонент	Молярная масса M_i, г/моль	Массовая доля w_i, %	w_i / M_i	Молярная доля x_i	f_i' при P_z' = 0,1 МПа	$x_i f_i'$	f_i'' при P_z'' = 0,5 МПа	$x_i f_i''$
C_2H_6	30,070	3,0312	0,1008	0,0445	0,8900	0,0396	0,9000	0,0400
C_3H_8	44,097	87,0061	1,9731	0,8710	0,1650	0,1437	0,1730	0,1507
C_3H_6	42,081	2,9551	0,0702	0,0310	0,1930	0,0060	0,2100	0,0065
uC_4H_{10}	58,123	4,0158	0,0691	0,0305	0,2490	0,0076	0,2767	0,0084
$нC_4H_{10}$	58,123	1,9750	0,0340	0,0150	0,0268	0,0004	0,0285	0,0004
C_4H_8	56,108	1,0168	0,0181	0,0080	0,0360	0,0003	0,0420	0,0003
Σ	—	100,0000	2,2653	1,0000	—	P_0' = 0,1976	—	P_0'' = 0,2063

$$\Delta P_z' = P_0' - P_z' = 0{,}1976 - 0{,}1 = 0{,}0976;$$

$$\Delta P_z'' = P_0'' - P_z'' = 0{,}2063 - 0{,}5 = -0{,}2937;$$

$$P = P_z' + (P_z'' - P_z')\frac{\Delta P_z'}{\Delta P_z' - \Delta P_z''} = 0{,}1 + (0{,}5 - 0{,}1)\frac{0{,}0976}{0{,}0976 - (-0{,}2937)} = 0{,}1998 \text{ МПа};$$

$P_{изб}$ = 0,1998 – 0,1 = 0,0998 ≈ 0,10 МПа;
$P_{изб}$ = (0,10 ± 0,02) МПа.

Т а б л и ц а Е.4 — Пример расчета давления насыщенных паров при температуре минус 35 °С

Компонент	Молярная масса M_i, г/моль	Массовая доля w_i, %	w_i / M_i	Молярная доля x_i	f_i' при P_z' = 0,1 МПа	$x_i f_i'$	f_i'' при P_z'' = 0,5 МПа	$x_i f_i''$
C_2H_6	30,070	6,0832	0,2023	0,0893	0,760	0,0679	0,775	0,0692
C_3H_8	44,097	81,7078	1,8529	0,8180	0,130	0,1063	0,137	0,1121
uC_4H_{10}	58,123	5,1272	0,0882	0,0389	0,034	0,0013	0,040	0,0016
$нC_4H_{10}$	58,123	7,0818	0,1218	0,0538	0,019	0,0010	0,021	0,0011
Σ	—	100,0000	2,2652	1,0000	—	P_0' =0,1765	—	P_0'' = 0,1840

$$\Delta P_z' = P_0' - P_z' = 0{,}1765 - 0{,}1 = 0{,}0765;$$

$$\Delta P_z'' = P_0'' - P_z'' = 0{,}184 - 0{,}5 = -0{,}3160;$$

$$P = P_z' + (P_z'' - P_z')\frac{\Delta P_z'}{\Delta P_z' - \Delta P_z''} = 0{,}1 + (0{,}5 - 0{,}1)\frac{0{,}0765}{0{,}0765 - (-0{,}316)} = 0{,}178 \text{ МПа}.$$

$P_{изб}$ = 0,178 – 0,1 = 0,078 ≈ 0,08 МПа;
$P_{изб}$ = (0,08 ± 0,02) МПа.

Библиография

[1] РМГ 61 Государственная система обеспечения единства измерений. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки

[2] РМГ 76 Государственная система обеспечения единства измерений. Внутренний контроль качества результатов количественного химического анализа

[3] РМГ 91 Государственная система обеспечения единства измерений. Совместное использование понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерения». Общие принципы

УДК 661.715-404:543.272.7:006.354 МКС 75.160.30

Ключевые слова: сжиженные углеводородные газы, расчетный метод определения плотности, определение давления насыщенных паров

БЗ 7—2018/74

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 05.04.2019. Подписано в печать 23.04.2019. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,23.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» 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