
ЕВРАЗИЙСКИЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(EASC)
EURO-ASIAN COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(EASC)



МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ
28656–
201

*(Проект RU,
окончательная
редакция)*

ГАЗЫ УГЛЕВОДОРОДНЫЕ СЖИЖЕННЫЕ

Расчётный метод определения плотности
и давления насыщенных паров

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его принятия



Москва
Стандартинформ
201

Предисловие

Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС) представляет собой региональное объединение национальных органов по стандартизации государств, входящих в Содружество Независимых Государств. В дальнейшем возможно вступление в ЕАСС национальных органов по стандартизации других государств.

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены 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»), МТК 52 «Природный и сжиженные газы».

2 ВНЕСЁН

Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

3 ПРИНЯТ

Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от

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
Азербайджан	AZ	Азстандарт
Армения	AM	Минэкономки Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Грузия	GE	Грузстандарт
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Молдова-Стандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Туркменистан	TM	Главгосслужба «Туркменстандартлары»
Узбекистан	UZ	Узстандарт
Украина	UA	Минэкономразвития Украины

4. 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 указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомления и тексты размещают также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.ru).

©Стандартинформ, 201_

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведён, тиражирован и распространён в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

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

ГАЗЫ УГЛЕВОДОРОДНЫЕ СЖИЖЕННЫЕ Расчётный метод определения плотности и давления насыщенных паров

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

Дата введения – 201__

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на сжиженные углеводородные газы, получаемые при переработке нефти, газового конденсата, попутного нефтяного и природного газов, и применяемые в качестве моторного топлива для автомобильного транспорта, топлива технологического и коммунально – бытового потребления или сырья для химических процессов, и устанавливает упрощённый метод вычисления плотности и избыточного давления насыщенных паров на основе данных измерения углеводородного состава методом газовой хроматографии.

1.2 Настоящий метод вычисления плотности сжиженного углеводородного газа распространяется на диапазон температур от минус 50 °С до плюс 50 °С и избыточное давление насыщенных паров сжиженного углеводородного газа 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 Стандарт предназначен для вычисления плотности и давления насыщенных паров СУГ, в которых массовая доля пропана, пропилена, изо – и н – бутанов составляет от 0,01 % до 99,80 %, моно– и диолефинов C₂ – C₄, – от 0,01 % до 50,00 %, парафиновых и олефиновых углеводородов C₁ – C₂ и C₅– от 0,01 % до 6,00 %, циклопропана, этина, пропина и гексанов – от 0,01 % до 1,00 %.

Примечания

1 Расчётный метод определения плотности может быть применён для широкой фракции лёгких углеводородов.

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

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 10679–201__ Газы углеводородные сжиженные. Метод определения углеводородного состава.

ГОСТ 31369–2008 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 на территории государства по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт изменён, то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться изменённым стандартом, а при замене на другой стандарт – стандартом, действующим вместо заменённого стандарта. Если ссылочный стандарт отменён без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и обозначения

3.1 В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями и обозначениями:

3.1.1 **сжиженные углеводородные газы**; СУГ: Смесь углеводородов (пропана, пропилена, бутанов, бутиленов и бутадиенов с присутствием метана, этана, этилена, пентанов и пентенов) в сжиженном состоянии;

3.1.2 **плотность сжиженного углеводородного газа**: Масса газа, заключённая в единице его объёма при определённых значениях давления и температуры;

3.1.3 **давление насыщенных паров**; ДНП: Давление, при котором жидкость находится в равновесном состоянии со своей газовой фазой;

ДНП складывается из избыточного давления и атмосферного внешнего давления;

3.1.4 **избыточное давление**: Разность между абсолютным и атмосферным давлением;

3.1.5 **летучесть** (фугитивность): Давление реального газа, свойства которого выражены уравнением идеального газа, количественно характеризующее способность вещества к выходу из одной фазы в другую, и выражающее эту характеристику в единицах давления;

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

3.2 В настоящем стандарте использованы следующие обозначения, символы, индексы и сокращения:

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

w_i – массовая доля *i*-го компонента, %;

ρ_{ij} – плотность *i*-го компонента при данной температуре t_j , кг/м³;

n – число компонентов сжиженного газа

x_i – молярная доля *i*-го компонента в СУГ, в долях единицы;

M_i – молярная масса компонента

Примечание – Остальные символы даны в тексте стандарта.

4 Метод определения плотности СУГ

4.1 Определение плотности СУГ

4.1.1 Значение плотности СУГ ρ вычисляют на основании закона аддитивности по данным измеренного компонентного состава, определённого хроматографическим методом с точностью не ниже 0,01% и значениям плотности индивидуальных углеводородов, входящих в состав СУГ, при заданной температуре по формуле

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

Массовую долю компонентов измеряют по ГОСТ 10679 или ГОСТ 33012.

4.1.2 Плотности индивидуальных углеводородов в жидком состоянии в зависимости от температуры приведены в таблице А.1 (приложение А).

Примечания

1 Если компонентный состав измерен в молярных долях, то перевод их значений в массовые доли выполняют по формуле

$$w_i = x_i \cdot M_i / \sum_{i=1}^n x_i \cdot M_i, \quad (2)$$

Молярные массы компонентов приведены в таблице Б.1 (приложение Б).

2 Если в таблице отсутствуют значения плотности компонента при конкретной температуре измерений, то её значение вычисляют интерполированием табличных значений плотностей, соответствующих температурам, ближайшим к данной.

4.1.3 Примеры расчёта плотности СУГ приведены в таблицах В.1 - В.2 (приложение В).

4.2 Оформление результатов вычисления плотности СУГ

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

$$[\rho \pm U_{(\rho)}], \quad (3)$$

где $U_{(\rho)}$ – расширенная неопределённость результата вычисления плотности для данной температуры t_j , кг/м³, при $k=2$; [1] – [4]

$U_{(\rho)}$ вычисляют по формулам, приведённым в таблице 1.

Вычисленные значения плотности СУГ и расширенной неопределённости (абсолютной погрешности) округляют до первого десятичного знака.

4.3 Требования к показателям точности методики

Настоящий стандарт обеспечивает получение результатов вычисления плотности сжиженных углеводородных газов по измеренному компонентному составу со значением расширенной неопределённости $U_{(\rho)}$, не превышающей значений, приведённых в таблице 1, при доверительной вероятности 0,95.

Таблица 1

Диапазон измерений плотности, ρ , кг/м ³	Расширенная неопределённость, $U_{(\rho)}$, кг/м ³ , (при коэффициенте охвата $k = 2$)
От 500 до 530 включ.	0,018 ρ - 8,381
Св.530 до 560 включ.	0,012 ρ - 5,140
Св. 560 до 600 включ.	0,017 ρ - 8,104

5 Метод определения давления насыщенных паров

5.1 ДНП СУГ вычисляют по углеводородному составу, определённому методом газовой хроматографии, и значениям летучести углеводородов, входящих в состав СУГ, соответствующим заданной температуре измерений. Углеводородный состав, определённый в массовых долях, пересчитывают в молярные доли по формуле

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

5.2 Абсолютное ДНП СУГ P , МПа, вычисляют методом линейной интерполяции, последовательно задаваясь произвольными значениями двух ближайших ДНП при данной температуре (приложение Г), по формуле

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

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 расчёта ДНП методом последовательного приближения приведён 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 абсолютных давлений ДНП, МПа, определённые по формулам

$$P_0' = \sum x_i \cdot f_i', \quad (8)$$

$$P_0'' = \sum x_i \cdot f_i'', \quad (9)$$

где f_i' и f_i'' – значения летучести (фугитивности) i -го компонентов СУГ при

абсолютных давлениях P_z' и P_z'' МПа, приведённые в таблицах Г.1–Г.8 (приложение Г)

В результате вычисления должно соблюдаться условие $P_0' > P_z'$. Если $P_0' \leq P_z'$, то расчёт прекращают, задают следующую пару значений ДНП и повторяют процедуру приближения.

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

$$P_{изб} = P - 0,1 \quad (10)$$

где 0,1 МПа (101,325 кПа) – атмосферное давление.

5.4 Примеры расчёта ДНП СУГ приведены в таблицах Д.1 - Д.5 (приложение Д).

5.5 Оформление результатов вычисления ДНП СУГ

5.5.1 За результат вычисления значения ДНП СУГ при данной температуре принимают значение единичного определения.

5.5.2 Результат вычисления ДНП СУГ записывают в виде

$$\left[P \pm U_{(P_{изб})} \right] \quad (11)$$

где $U_{(P_{изб})}$ – расширенная неопределённость результата вычисления ДНП для данной температуры, МПа, при $k=2$.

$U_{(P_{изб})}$ вычисляют по формулам, приведённым в таблице 2.

Вычисленные значения ДНП СУГ и расчёт расширенной неопределённости (абсолютной погрешности) округляют до второго десятичного знака.

5.6 Требования к показателям точности методики

Настоящая методика обеспечивает получение результатов вычисления избыточного ДНП СУГ по измеренному компонентному составу со значением расширенной неопределённости $U_{(P_{изб})}$, не превышающей значений, приведённых в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Температура измерений, °С	Диапазон измерений, $P_{изб}$, МПа	Расширенная неопределённость, $U_{(P_{изб})}$, МПа, (при коэффициенте охвата $k = 2$)
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	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

Приложение А
(обязательное)

Значения плотности углеводородов в жидком состоянии

Таблица А.1 – Значения плотности углеводородов в жидком состоянии

Температура, °С	Плотность, кг/м ³																	
	Метан	Этан	Пропан	Пропен	и-Бутан	н-Бутан	Бутен-1	и-Бутен	транс-Бутен-2	цис-Бутен-2	Бутадиен-1,3	2,2-Диметилпропан	и-Пентан	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			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			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			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			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

Тем- пера- тура, °С	Плотность, кг/м ³																	
	цис- Пен- тен-2	2-Ме- тилбу- тен-2	Цикло- пентан	2,2-Ди- метил- бутан	2,3-Ди- метил- бутан	2-Ме- тил- пен-тан	3-Ме- тил- пентан	n-Гексан	Метил- цикло- пентан	Цикло- гексан	Бензол	2,2- Диме- тил- пентан	2,4- Диме- тил- пентан	2,3- Диме- тил- пен-тан	2-Ме- тилгек- сан	3-Ме- тилгек- сан	1,1-Ди- метил- цикло- пентан	1,3-Ди- метил- цикло- пентан- 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-Метилтилгептан	3,4-Диметилгексан	4-Метилгептан	3-Метилгептан	3-Этилгексан	1,1-Диметилциклогексан	1,1-Метилэтилциклопентан	1,2-Диметилциклопентан-транс	1,2-Диметилциклопентан-цис	n-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-Три-метил-циклопентан-транс,цис	1,2-Метил-этилциклопентан цис	n-Октан	n-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 по данным: ГСССД 195—01 Метан жидкий и газообразный; ГСССД 196—01 Этан жидкий и газообразный; ГСССД197196—01 Пропан жидкий и газообразный, приведены из Рябцев Н.И, Кряжев Б.Г. Сжиженные углеводородные газы М.,1977, 279 с.

**Приложение Б
(обязательное)**

Значения молярных масс углеводородов

Т а б л и ц а Б . 1 –Значения молярных масс углеводородов

Компонент	Значение, кг·кмоль ⁻¹
Метан	16,043
Этан	30,070
Этилен	28,054
Ацетилен (этин)	26,038
Пропан	44,097
Пропилен	42,081
Пропадиен	40,065
<i>i</i> -Бутан	58,123
<i>n</i> -Бутан	58,123
Бутен-1	56,108
изоБутен	56,108
<i>транс</i> -Бутен-2	56,108
<i>цис</i> -Бутен-2	56,108
Бутадиен-1,2	54,092
Бутадиен-1,3	54,092
2,2-Диметилпропан	72,150
<i>i</i> -Пентан	72,150
<i>n</i> -Пентан	72,150
Пентен-1	70,134
Циклопентан	70,134
<i>n</i> -Гексан	86,177
2-Метилпентан	86,177
3- Метилпентан	86,177
2,2-Диметилбутан	86,177
2,3-Диметилбутан	86,177
Метилциклопентан	84,161
Циклогексан	84,161
Бензол	78,114
<i>n</i> -Гептан	100,204
Этилциклопентан	98,188
Толуол	92,141
<i>n</i> -Октан	114,231

Приложение В
(рекомендуемое)

Пример расчёта плотности

Т а б л и ц а В . 1 Пример расчёта плотности при 20 °С

Компоненты	Плотность ρ_i , кг/м ³ ,	Массовая доля, w_i , %	$\frac{w_i}{\rho_i}$, %/ кг/м ³	$\rho = 100 / \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{\rho_{ij}}$, кг/м ³ ,
СН ₄	277,6	0,0594	0,0002	
С ₂ Н ₆	342,1	1,1565	0,0034	
С ₃ Н ₈	501,1	62,3572	0,1244	
<i>i</i> -С ₄ Н ₁₀	557,3	13,4178	0,0241	
<i>n</i> -С ₄ Н ₁₀	578,9	22,3883	0,0387	
<i>нео</i> -С ₅ Н ₁₂	592,9	0,0923	0,0002	
<i>i</i> -С ₅ Н ₁₂	619,6	0,4342	0,0007	
<i>n</i> -С ₅ Н ₁₂	626,2	0,0943	0,0002	
		100,0000	0,1918	

Т а б л и ц а В . 2 Пример расчёта плотности при 20 °С

Компоненты	Молярная масса, M_i , кг·кмоль ⁻¹	Молярная доля, x_i , %	$x_i \cdot M_i$	Массовая доля, % $w_i = \frac{x_i \cdot M_i}{\sum x_i \cdot M_i}$	Плотность ρ_i , кг/м ³	$\frac{w_i}{\rho_i}$	$\rho = 100 / \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{\rho_{ij}}$, кг/м ³
СН ₄	16,043	0,18	2,888	0,06	277,6	0,0002	
С ₂ Н ₆	30,070	1,85	55,630	1,16	342,1	0,0034	
С ₃ Н ₈	44,097	67,96	2996,832	62,36	501,1	0,1244	
<i>i</i> -С ₄ Н ₁₀	58,123	11,09	644,584	13,41	557,3	0,0241	
<i>n</i> -С ₄ Н ₁₀	58,123	18,51	1075,857	22,39	578,9	0,0387	
<i>нео</i> -С ₅ Н ₁₂	72,150	0,06	4,329	0,09	592,9	0,0002	
<i>i</i> -С ₅ Н ₁₂	72,150	0,29	20,924	0,44	619,6	0,0007	
<i>n</i> -С ₅ Н ₁₂	72,015	0,06	4,321	0,09	626,2	0,0002	
		100,00	4805,364	100,00		0,1918	

**Приложение Г
(обязательное)**

**Значения летучести (фугитивности) компонентов сжиженных газов при температурах
минус 20 °С, минус 30 °С, минус 35 °С, и плюс 45 °С**

Т а б л и ц а Г . 1 – Значения летучести (фугитивности) паров углеводородов при температуре плюс 45 °С

Давление, МПа	Летучесть углеводородов											
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	<i>i</i> -C ₄ H ₁₀	<i>n</i> -C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈	<i>i</i> -C ₅ H ₁₂	<i>n</i> -C ₅ H ₁₂	C ₅ H ₁₀	<i>n</i> -C ₆ H 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

Т а б л и ц а Г . 2 – Значения летучести (фугитивности) паров углеводородов при температуре минус 20 °С

Давление, МПа	Летучесть углеводородов											
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	<i>i</i> -C ₄ H ₁₀	<i>n</i> -C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈	<i>i</i> -C ₅ H ₁₂	<i>n</i> -C ₅ H ₁₂	C ₅ H ₁₀	
0,05	15,000	1,400	2,50	0,260	0,330	0,075	0,045	0,060	0,013	0,009	0,009	
0,10	13,000	1,150	2,10	0,235	0,280	0,068	0,043	0,054	0,013	0,009	0,011	
0,50	11,500	1,150	2,00	0,245	0,290	0,075	0,044	0,062	0,015	0,010	0,013	
1,00	9,600	1,160	1,90	0,250	0,290	0,079	0,050	0,064	0,015	0,012	0,014	
1,50	10,500	1,260	2,10	0,277	0,320	0,090	0,059	0,075	0,019	0,014	0,018	
2,00	11,000	1,400	2,30	0,300	0,370	0,106	0,068	0,088	0,022	0,016	0,022	

Т а б л и ц а Г . 3 – Значения летучести (фугитивности) паров углеводородов при температуре минус 30 °С

Давл ение, МПа	Летучесть углеводородов											
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	<i>i</i> -C ₄ H ₁₀	<i>n</i> -C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈	<i>i</i> -C ₅ H ₁₂	<i>n</i> -C ₅ H ₁₂	C ₅ H ₁₀	
0,05	13,300	1,100	1,930	0,180	0,227	0,050	0,028	0,039	0,008	0,005	0,006	
0,10	11,300	0,890	1,700	0,165	0,193	0,249	0,027	0,036	0,008	0,005	0,007	
0,50	9,700	0,900	1,630	0,173	0,210	0,277	0,029	0,042	0,009	0,007	0,009	
1,00	8,500	0,910	1,530	0,177	0,213	0,054	0,032	0,044	0,010	0,007	0,009	
1,50	9,300	1,000	1,700	0,202	0,237	0,062	0,039	0,051	0,012	0,009	0,011	
2,00	9,900	1,070	1,830	0,228	0,270	0,074	0,047	0,060	0,015	0,010	0,017	

Т а б л и ц а Г . 4 –Значения летучести (фугитивности) паров углеводородов при температуре минус 35 °С

Давле- ние, МПа	Летучесть углеводородов										
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	<i>i</i> -C ₄ H ₁₀	<i>n</i> -C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈	<i>i</i> -C ₅ H ₁₂	<i>n</i> -C ₅ H ₁₂	C ₅ H ₁₀
0,05	12,500	0,950	1,650	0,140	0,175	0,038	0,020	0,029	0,006	0,004	0,005
0,10	10,500	0,760	1,500	0,130	0,150	0,034	0,019	0,027	0,005	0,003	0,005
0,50	8,750	0,775	1,450	0,137	0,170	0,040	0,021	0,032	0,006	0,005	0,007
1,00	8,000	0,790	1,350	0,140	0,175	0,042	0,023	0,034	0,007	0,005	0,007
1,50	8,700	0,870	1,500	0,165	0,195	0,048	0,029	0,039	0,008	0,006	0,008
2,00	9,400	0,900	1,600	0,192	0,220	0,058	0,036	0,046	0,011	0,008	0,010

Т а б л и ц а Г . 5 –Значения летучести (фугитивности) паров непредельных углеводородов при температуре 45 °С

Давление, МПа	Этин, (ацетилен) C ₂ H ₂	Пропадиен, (аллен) C ₃ H ₄	Пропин, (метилацетилен) C ₃ H ₄	Бутадиен-1,3(дивинил), C ₄ H 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

Т а б л и ц а Г . 6 – Значения летучести (фугитивности) паров непредельных углеводородов при температуре минус 20 °С

Давление, МПа	Этин, (ацетилен) C ₂ H ₂	Пропадиен,(аллен) C ₃ H ₄	Пропин, (метилацетилен) C ₃ H ₄	Бутадиен- 1,3(дивинил) C ₄ H ₆
0,05	2,50	0,190	0,120	0,059
0,10	2,20	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

Т а б л и ц а Г . 7 – Значения летучести (фугитивности) паров непредельных углеводородов при температуре минус 30 °С

Давление, МПа	Этин, (ацетилен) C ₂ H ₂	Пропадиен, (аллен) C ₃ H ₄	Пропин, (метилацетилен) C ₃ H ₄	Бутадиен- 1,3(дивинил) C ₄ H 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

Т а б л и ц а Г.8– Значения летучести (фугитивности) паров непредельных углеводородов при температуре минус 35 °С

Давление, МПа	Этин, (ацетилен) C ₂ H ₂	Пропадиен, (аллен) C ₃ H ₄	Пропин, (метилацетилен) C ₃ H ₄	Бутадиен-1,3 (дивинил) C ₄ H ₆
0,05	1,800	0,090	0,070	0,026
0,10	1,500	0,082	0,057	0,025
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 вычисления ДНП при температуре 45 °С методом последовательного приближения

Задают произвольные значения абсолютных ДНП P_z' и P_z''

Принимают $P_z' = 1,5$ МПа и $P_z'' = 2,0$ МПа

При выбранных значениях ДНП, из таблиц Г.1 и Г.5 (приложение Г) выбирают значения летучести f_i' и рассчитывают P_0' , по формуле $P_0' = \sum X_i \cdot f_i'$. Расчёт P_0' приведён в таблице Д.5.

Таблица Д.5

Компоненты	Молярная доля, X_i	f_i' , при $P_z' = 1,5$ МПа	$x_i \cdot f_i'$
C ₂ H ₆	0,0004	4,70	0,0019
C ₃ H ₈	0,0265	1,53	0,040,5
C ₃ H ₆	0,0059	1,73	0,0102
<i>и</i> -C ₄ H ₁₀	0,2100	0,69	0,1449
<i>н</i> -C ₄ H ₁₀	0,3053	0,51	0,1557
C ₄ H ₈	0,3297	0,48	0,1583
<i>С</i> ₄ <i>Н</i> ₆	0,0012	0,57	0,0007
<i>и</i> -C ₅ H ₁₂	0,0721	0,26	0,0187
<i>н</i> -C ₅ H ₁₂	0,0191	0,18	0,0034
<i>С</i> ₅ <i>Н</i> ₁₀	0,0298	0,23	0,0039
Σ	1,0000		$P_0' = 0,5412$

При $P_z' = 1,5$ МПа получают $P_0' = 0,54$ МПа, условие $P_0' > P_z'$ не выполняется, расчёт прерывают.

Задают следующую пару значений абсолютного ДНП P_z' и P_z'' и повторяют вычисления.

Принимают следующую пару значений. $P_z' = 1,0$ МПа и $P_z'' = 1,5$ МПа, возобновляют расчёт.

Таблица Д.6

Компоненты	Молярная доля, X_i	f_i' , при $P_z' = 1,0$ МПа	$x_i \cdot f_i'$
C ₂ H ₆	0,0004	4,40	0,0018
C ₃ H ₈	0,0265	1,45	0,0384
C ₃ H ₆	0,0059	1,65	0,0097
<i>и</i> -C ₄ H ₁₀	0,2100	0,66	0,1386
<i>н</i> -C ₄ H ₁₀	0,3053	0,48	0,1465
C ₄ H ₈	0,3297	0,45	0,1484
<i>С</i> ₄ <i>Н</i> ₆	0,0012	0,54	0,0006
<i>и</i> -C ₅ H ₁₂	0,0721	0,24	0,0173
<i>н</i> -C ₅ H ₁₂	0,0191	0,17	0,0032
<i>С</i> ₅ <i>Н</i> ₁₀	0,0298	0,21	0,0063
Σ	1,0000		$P_0' = 0,5109$

В результате расчёта из таблицы Д.6 получают $P_0' = 0,51$ МПа меньше $P_z' = 1,0$ МПа, т.к. условие $P_0' > P_z'$ не выполняется расчёт прекращают, задают следующую пару значений абсолютного ДНП P_z' и P_z'' , возобновляют расчёт.

Принимают значение $P'_z = 0,5$ МПа и $P''_z = 1,0$ МПа и возобновляют расчёт.

Таблица Д.7

Компоненты	Молярная доля, X_i	f'_i , при $P'_z = 0,5$ МПа	$X_i \cdot f'_i$
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
<i>и</i> - C_4H_{10}	0,2100	0,60	0,1260
<i>н</i> - C_4H_{10}	0,3053	0,45	0,1374
C_4H_8	0,3297	0,41	0,1352
<i>с</i> H_6	0,0012	0,49	0,0006
<i>и</i> - C_5H_{12}	0,0721	0,21	0,0151
<i>н</i> - C_5H_{12}	0,0191	0,15	0,0029
C_5H_{10}	0,0298	0,19	0,0057
Σ	1,0000		$P''_0 = 0,4699$

В результате расчёта получают $P'_0 = 0,47$ МПа < $P'_z = 0,5$ МПа, т. е. условие $P'_0 > P'_z$, не выполняется, расчет прекращают, задают следующую пару значений ДНП P'_z и P''_z и повторяют расчёт.

Принимают следующие значения абсолютного ДНП P'_z и P''_z

$P'_z = 0,1$ МПа и $P''_z = 0,5$ МПа.

При выбранных значениях, рассчитывают P'_z ; P''_z , и P'_0 ; P''_0 ,

Таблица Д.8

Компоненты	Молярная доля, X_i	f'_i , при $P'_z = 0,10$ МПа	$X_i \cdot f'_i$	f''_i при $P''_z = 0,5$ МПа	$X_i \cdot f''_i$
C_2H_6	0,0004	4,00	0,0016	4,20	0,0016
C_3H_8	0,0265	1,25	0,0331	1,37	0,0363
C_3H_6	0,0059	1,50	0,0089	1,55	0,0092
<i>и</i> - C_4H_{10}	0,2100	0,55	0,1155	0,60	0,1260
<i>н</i> - C_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
<i>с</i> H_6	0,0012	0,43	0,0005	0,49	0,0006
<i>и</i> - C_5H_{12}	0,0721	0,20	0,0144	0,21	0,0151
<i>н</i> - C_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 расчёта при $P'_z = 0,5$ МПа и $P''_z = 1,0$ МПа получают $P'_0 = 0,43$ МПа > $P'_z = 0,1$ МПа. При этих значениях условие $P'_0 > P'_z$ выполняется, то продолжают расчёт.

При выбранных значениях ДНП из таблиц Г.1 и Г.5 (приложение Г) выбирают значения летучести f''_i и

рассчитывают P''_0 по формуле $P''_0 = \sum X_i \cdot f''_i$

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

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

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

В результате методом последовательного приближения получили $P = 0,47$ МПа

$P_{\text{исб}} = 0,47 - 0,1 = 0,37$ МПа.

Приложение Е
(рекомендуемое)

Примеры расчёта давления насыщенных паров

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

Компоненты	Плотность, ρ_i кг/м ³	Массовая доля w_i %	w_i / ρ_i	Молярная доля, X_i	f_i' , при $P_z^i = 1,0$ МПа	$x_i \cdot f_i'$	f_i'' при $P_z'' = 1,5$ МПа	$x_i \cdot f_i''$
C ₂ H ₆	342,1	2,0977	0,0061	0,0322	4,40	0,1417	4,70	0,1513
C ₃ H ₈	501,1	31,4037	0,0627	0,3291	1,45	0,4772	1,53	0,5035
C ₃ H ₆	514,8	25,9098	0,0503	0,2643	1,65	0,4361	1,73	0,4572
<i>i</i> -C ₄ H ₁₀	557,3	17,6592	0,0317	0,1664	0,66	0,1098	0,69	0,1148
<i>n</i> -C ₄ H ₁₀	578,9	22,9296	0,0394	0,2080	0,48	0,0998	0,51	0,1061
Σ		100,0000	0,1904	1,0000		$P_0^i = 1,2646$		$P_0'' = 1,3329$

$$\Delta P_z^i = P_0^i - P_z^i = 1,2646 - 1,0 = 0,2646$$

$$\Delta P_z'' = P_0'' - P_z'' = 1,3329 - 1,5 = -0,1672$$

$$P = P_z^i + (P_z'' - P_z^i) \frac{\Delta P_z^i}{\Delta P_z^i - \Delta P_z''} = 1,0 + (1,5 - 1,0) \frac{0,2646}{0,2646 - (-0,1672)} = 1,31 \text{ МПа}$$

$$P_{изб} = 1,31 - 0,1 = 1,21 \text{ МПа}$$

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

Компоненты	Плотность, ρ_i кг/м ³	Массовая доля, w_i %	w_i / ρ_i	Молярная доля, x_i	f_i' , при $P_z^i = 0,1$ МПа	$x_i \cdot f_i'$	f_i'' при $P_z'' = 0,5$ МПа	$x_i \cdot f_i''$
C ₂ H ₆	342,1	2,4983	0,0073	0,0374	1,1500	0,0430	1,1500	0,0430
C ₃ H ₈	501,1	37,9647	0,0758	0,3880	0,2350	0,0912	0,2450	0,0951
C ₃ H ₆	514,8	40,8323	0,0794	0,4065	0,2800	0,1138	0,2900	0,1179
<i>i</i> -C ₄ H ₁₀	557,3	12,2206	0,0219	0,1123	0,0680	0,0076	0,0750	0,0084
<i>n</i> -C ₄ H ₁₀	578,9	0,8704	0,0015	0,0077	0,0425	0,0003	0,0435	0,0003
C ₄ H ₈	594,5	5,5837	0,0094	0,0481	0,0540	0,0026	0,0620	0,0030
Σ		100,0000	0,1953	1,0000		$P_0^i = 0,2580$		$P_0'' = 0,2680$

$$\Delta P_z^i = P_0^i - P_z^i = 0,2580 - 0,1 = 0,158$$

$$\Delta P_z'' = P_0'' - P_z'' = 0,2680 - 0,5 = -0,232$$

$$P = P_z^i + (P_z'' - P_z^i) \frac{\Delta P_z^i}{\Delta P_z^i - \Delta P_z''} = 0,1 + (0,5 - 0,1) \frac{0,158}{0,158 - (-0,232)} = 0,26 \text{ МПа}$$

$$P_{изб} = 0,26 - 0,1 = 0,16 \text{ МПа}$$

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

Компоненты	Плотность, ρ_i кг/м ³	Массовая доля, w_i %	w_i / ρ_i	Молярная доля, x_i	f_i' , при $P_z' = 0,1$ МПа	$x_i \cdot f_i'$	f_i'' при $P_z'' = 0,5$ МПа	$x_i \cdot f_i''$
C ₂ H ₆	342,1	3,0564	0,0089	0,0445	0,8900	0,0392	0,9000	0,0400
C ₃ H ₈	501,1	87,6286	0,1749	0,8710	0,1650	0,1437	0,1730	0,1507
C ₃ H ₆	514,8	3,2041	0,0062	0,0310	0,1933	0,0060	0,2100	0,0065
<i>i</i> -C ₄ H ₁₀	557,3	3,4127	0,0061	0,0305	0,2493	0,0082	0,2767	0,0083
<i>n</i> -C ₄ H ₁₀	578,9	1,7434	0,0030	0,0150	0,0268	0,0004	0,0285	0,0004
C ₄ H ₈	594,5	0,9548	0,0016	0,0080	0,0360	0,0003	0,0420	0,0002
Σ		100,0000		1,0000		$P_0' = 0,1978$		$P_0'' = 0,2063$

$$\Delta P_z' = P_0' - P_z' = 0,1978 - 0,1 = 0,098$$

$$\Delta P_z'' = P_0'' - P_z'' = 0,2063 - 0,5 = -0,294$$

$$P = P_z' + (P_z'' - P_z') \frac{\Delta P_z'}{\Delta P_z' - \Delta P_z''} = 0,1 + (0,5 - 0,1) \frac{0,098}{0,098 - (-0,294)} = 0,20 \text{ МПа}$$

$$P_{изб} = 0,20 - 0,1 = 0,09 = 0,10 \text{ МПа}$$

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

Компоненты	Плотность, ρ_i кг/м ³	Массовая доля, w_i %	w_i / ρ_i	Молярная доля, x_i	f_i' , при $P_z' = 0,1$ МПа	$x_i \cdot f_i'$	f_i'' при $P_z'' = 0,5$ МПа	$x_i \cdot f_i''$
C ₂ H ₆	342,1	6,0915	0,0178	0,088	0,760	0,057	0,775	0,068
C ₃ H ₈	501,1	81,7237	0,1631	0,8060	0,130	0,105	0,137	0,110
<i>i</i> -C ₄ H ₁₀	557,3	5,9766	0,0107	0,0530	0,034	0,002	0,040	0,002
<i>n</i> -C ₄ H ₁₀	578,9	6,2082	0,0107	0,0530	0,019	0,001	0,021	0,001
Σ		100,0000		1,0000		$P_0' = 0,175$		$P_0'' = 0,181$

$$\Delta P_z' = P_0' - P_z' = 0,175 - 0,1 = 0,075$$

$$\Delta P_z'' = P_0'' - P_z'' = 0,181 - 0,5 = -0,319$$

$$P = P_z' + (P_z'' - P_z') \frac{\Delta P_z'}{\Delta P_z' - \Delta P_z''} = 0,1 + (0,5 - 0,1) \frac{0,075}{0,075 - (-0,319)} = 0,18 \text{ МПа}$$

$$P_{изб} = 0,18 - 0,1 = 0,076 = 0,08 \text{ МПа}$$

Библиография

- [1] ГОСТ Р ИСО 5725.1-6 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений
- [2] РМГ 61 Государственная система обеспечения единства измерений. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки
- [3] РМГ 76 Государственная система обеспечения единства измерений. Внутренний контроль качества результатов количественного химического анализа
- [4] РМГ 91 Государственная система обеспечения единства измерений. Совместное использование понятий «погрешность измерения» и «неопределённость измерения». Общие принципы

УДК 661.715–404:543.272.7:006.354 МКС 75.040 Б 19 ОКСТУ 0209

Ключевые слова: сжиженный углеводородный газ, плотность, давление насыщенных паров
