Изображение государственного Герба Республики Казахстан

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

–––––––––––––––––––––––––––––––––––––––––––––––––––––––––––––––––––––––––––––

**СТАНДАРТНЫЙ МЕТОД ИСПЫТАНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ВОДЯНОГО ПАРА В ГАЗООБРАЗНОМ ТОПЛИВЕ ПУТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТОЧКИ РОСЫ**

**СТ РК ASTM D1142**

*(ASTM D1142-95 (2021) Standard Test Method for Water Vapor Content of Gaseous Fuels by Measurement of Dew-Point Temperature, IDT)*

Этот национальный стандарт Республики Казахстан основан на ASTM D1142-95 (2021), Title, Copyright ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, США, в соответствии с лицензией ASTM International

*Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения*

**Комитет технического регулирования и метрологии**

**Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан**

**(Госстандарт)**

**Нур-Султан**

**Предисловие**

**1** **ПОДГОТОВЛЕН И ВНЕСЕН** РГП на ПХВ «Казахстанский институт стандартизации и метрологии» Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан

**2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ** Приказом Председателя Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан от ………….. года №

**3** Настоящий стандарт идентичен американскому стандарту ASTM D1142-95 (2021) − Standard Test Method for Water Vapor Content of Gaseous Fuels by Measurement of Dew-Point Temperature (Стандартный метод испытаний на содержание водяного пара в газообразном топливе путем измерения температуры точки росы).

Американский стандарт разработан подкомитетом D03.05 «Определение специальных компонентов газообразных топлив».

Официальный экземпляр американского стандарта, на основе которого разработан настоящий стандарт, и официальные экземпляры американских стандартов, на которые даны ссылки, имеются в Едином государственном фонде нормативных технических документов.

Перевод с английского языка (en)

В разделе «Нормативные ссылки» и в тексте стандарта ссылочные американские стандарты актуализированы.

Степень соответствия – идентичная (IDT)

**4** В настоящем стандарте реализованы нормы законодательства Республики Казахстан.

**5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ**

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном каталоге «Документы по стандартизации», а текст изменений и поправок* ***-*** *в периодически издаваемых информационных каталогах «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты».*

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**СТАНДАРТНЫЙ МЕТОД ИСПЫТАНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ВОДЯНОГО ПАРА В ГАЗООБРАЗНОМ ТОПЛИВЕ ПУТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТОЧКИ РОСЫ**

**Дата введения\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает метод испытания по определению содержания водяных паров в газообразных топливах путем измерения температуры конденсации (точки росы), а также на расчет этого содержания на основе результатов этих измерений.

Примечание 1 - Некоторые газообразные топлива содержат пары углеводородов или других компонентов, которые могут легко конденсироваться и тем самым влиять на температуру конденсации воды или затруднять ее определению. Если такое явление будет обнаружено, в ряде случаев рекомендуется дооборудовать аппарат, показанный на рисунке 1, оптическим приспособлением, равномерно освещающим контактное зеркало и также увеличивающим изображение конденсата на этом зеркале. При помощи такого приспособления в некоторых случаях можно фиксировать отдельные температуры конденсации водяных паров, углеводородов и гликольаминов, а также температуру замерзания. Однако, если точка росы у конденсирующихся углеводородов окажется выше точки росы водяных паров (при условии, что такие углеводороды присутствуют в большом количестве), то они могут залить зеркало, затемнить его поверхность или вообще смыть оттуда воду для определения точки росы. Оптимальные результаты при разделении температур конденсации разных компонентов достигаются в таких условиях, при которых они находятся не слишком близко друг к другу.

Примечание 2 - Конденсация водяных паров (появление жидкой воды) на контактном зеркале может возникать при температурах от 0 до -10°F (от минус 18 до минус 23°C). При более низких температурах чаще фиксируется температура замерзания, а не температура конденсации. Минимальная точка росы у любых паров, которую можно обнаружить, ограничивается свойствами механических деталей оборудования. Температуры зеркала до минус 150°F (минус 100°C) были измерены с применением жидкого азота в качестве охлаждающего средства и термопары, прикрепленной к зеркалу, вместо кармана для термометра.

Примечание - Настоящий стандарт не предполагает рассмотрения всех аспектов техники безопасности (при наличии таковых), связанных с его применением. Ответственность за организацию и соблюдение правил техники безопасности и охраны труда, а также за определение применимости нормативных ограничений до начала применения данного стандарта несет его пользователь.

ASTM D1142-95 (2021) был разработан в соответствии с признанными на международном уровне принципами стандартизации, установленными в Решении о принципах разработки международных стандартов, а также в соответствии с руководствами и рекомендациями, выпущенными Комитетом по техническим барьерам в торговле (ТБТ) в рамках Всемирной торговой организации.

**2 Термины и определения**

В настоящем стандарте применяются следующие термины с соответствующими определениями:

2.1 **Содержание насыщенных водяных паров или равновесное содержание воды-паров** (saturated water vapor or equilibrium water–vapor content):Концентрация водяных паров в газовой смеси, которая находится в равновесии с жидкой фазой чистой воды, насыщенной газовой смесью. Если газ, содержащий пары воды, имеет температуру конденсации воды, он считается насыщенным при существующем давлении.

2.2 **Удельный объем газообразного топлива** (specific volume - of a gaseous fuel): Объем газа в кубических футах на фунт.

2.3 **Температура конденсации воды (точка росы) для газообразного топлива** (water dew-point temperature - of a gaseous fuel): Температура, при которой газ становится насыщенным водяными парами при существующем давлении.

**3 Значение и применение**

Как правило, в контракты, которыми регулируется передача природного газа по трубопроводу, включаются технические требования, ограничивающие максимально допустимое содержание водяных паров. Если количество водяных паров окажется выше допустимого, то это может привести к образованию коррозионной среды, повреждениям трубопроводов и оборудования. Эти пары также могут конденсироваться, замерзать или образовывать гидраты метана, приводящие к закупорке трубопровода. Содержание паров воды также влияет на теплотворную способность природного газа и, соответственно, качество этого газа. Рассматриваемый в настоящем стандарте метод испытаний позволяет определять содержание водяных паров в природном газе.

**4 Оборудование**

4.1 Может использоваться любой аппарат надлежащей конструкции, удовлетворяющий базовым требованиям и следующим условиям:

4.1.1 Обеспечение контролируемого расхода газа на впуске и выпуске аппарата; при этом температура в аппарате должна быть, как минимум, на 3 °F выше точки росы газа.

4.1.2 Охлаждение и контроль скорости охлаждения части (предпочтительно небольшой части) аппарата, с которой контактирует поток газа, до такой температуры, при которой начнется выпадение паров из газа.

4.1.3 Возможность наблюдения конденсации на холодной части аппарата.

4.1.4 Измерение температуры холодной части на аппарате, в котором происходит конденсация.

4.1.5 Измерение давления газа внутри аппарата или отклонений от известного существующего барометрического давления.

4.1.6 Аппарат должен быть сконструирован таким способом, чтобы холодная часть аппарата, на которую будет выпадать конденсат, была защищена от всех газов, кроме испытуемого. Аппарат может быть рассчитан на работу под давлением или без такового.

Примечание - 4.2 Конденсационный гигрометр компании «Bureau of Mines» показанный на рисунке 1, соответствует требованиям, перечисленным в пункте 4.1. Для условий, указанных в разделе 1, данный аппарат считается пригодным для определения точки росы в газообразных топливах. Схематично аппарат представляет собой металлическую камеру, в которую и из которой поступает испытуемый газ через регулирующие клапаны A и D. Поток газа, поступающий в аппарат через клапан A направляется штуцером B к холодной части аппарата - C. Затем поток газа проходит по контактной поверхности C и выходит из аппарата через клапан D. Часть C представляет собой тщательно отполированное «контактное зеркало» из нержавеющей стали, охлаждаемое при помощи медного охлаждающего стержня F. Зеркало C припаяно серебряным припоем к выступу на медном фитинге камеры термометра I, который в свою очередь припаян мягким припоем к охлаждающему стержню F. Камера термометра объединена с фитингом I. Охлаждение стержня F осуществляется путем испарения хладагента (жидкого бутана, пропана, углекислого газа или иного сжиженного газа в охладителе G. Хладагент подается в охладитель через клапан H ,а выходит в точке J. Корпус охладителя изготавливается из меди с латунными крышками на каждом торце. Нижняя крышка соединена с верхней при помощи многочисленных мелких канальцев, просверленных в медном корпусе, по которому проходит газообразный охладитель. Охладитель присоединяется к охлаждающему стержню F при помощи конусного соединения. Температура контактного зеркала C указывается на откалиброванном ртутном термометре в стеклянном корпусе K, колба которого плотно устанавливается в камеру термометра. Контроль за выпадением росы осуществляется через прозрачное смотровое окно, устойчивое к воздействию давления, Е.

4.2.1 Следует обратить внимание, что только центральная часть целевого зеркала из нержавеющей стали, C, термически связана с фитингом, I, через который C охлаждается. Так как нержавеющая сталь сравнительно плохо проводит тепло, температура центральной части зеркала будет поддерживаться на уровне несколько ниже температуры наружной части; в результате роса сначала начнет появляться на центральной части зеркала, а обнаруживаться она будет по получившемуся контрасту. Также следует учитывать компоновку устройств для измерения температуры контактного зеркала C. Температура будет отображаться на термометре или термометре сопротивления (RTD) K, который вставляется в охлаждающий стержень F; таким образом, колба термометра полностью помещается в камеру для термометра в фитинге I. Шпилька, к которой зеркало из нержавеющей стали припаивается серебряным припоем, является частью камеры для термометра; и так как между камерой термометра и охлаждающей трубкой нет металлического контакта (кроме как через основание), термометр или RTD будет указывать температуру именно зеркала, а не какую-либо общую температуру, включающую изменения темпрературы по мере продвижения потока по охлаждающей трубке (если будет использоваться какая-то другая конструкция). RTD будет включать в себя соответствующую электронику и дисплей.

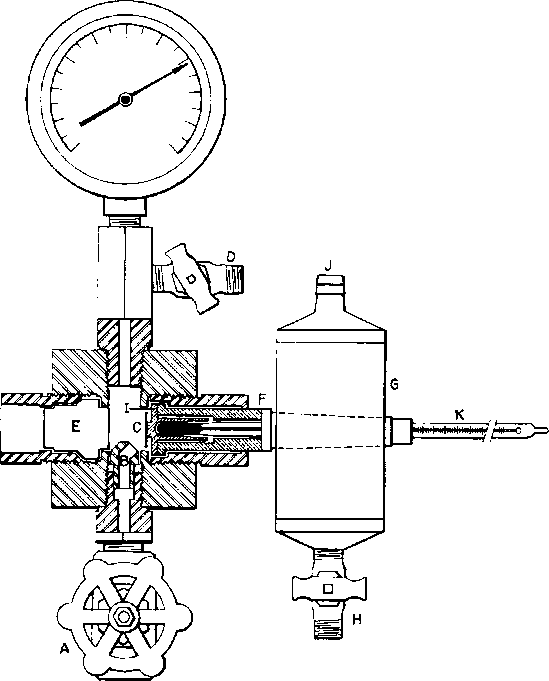
****

Рисунок 1 - Конденсационный гигрометр компании «Bureau of Mines»

4.2.2 Испытания, проводимые с использованием конденсационного гигрометра компании «Bureau of Mines», считаются обеспечивающими точность (воспроизводимость) на уровне ±0,2°F (±0,1°C) или на уровне ±0,2°F (±0,1°C), если температуры конденсации варьируются от комнатной температуры до 32°F (0°C). Считается, что точку росы для воды можно определить с точностью ±0,5°F (0,3°C), если температура будет ниже 32°F (0°C), но не ниже 0°F (-17,8°C), при условии, что в процессе определения не будут образовываться кристаллы льда.

**5 Процедура**

5.1 *Общие сведения* - Берут образец газа, который будет использоваться в качестве исходного. Отбор надо производить в таком месте, где при отглушении линии может скапливаться конденсат или где содержание паров не будет находиться в равновесии с основным потоком газа, т.е. будет иметь место поглощение или десорбция паров из пробоотборной линии или из ее содержимого. Температура трубопроводов, по которым передается образец от источника газа до конденсационного гигрометра, а также температура в аппарате должна быть, как минимум, на 3°F (1,7°C) выше контролируемой точки росы. Определение может проводиться при любом давлении. Однако давление газа в конденсационном гигрометре должно быть известно с точностью, соответствующей требованиям проведения испытаний. Значения давления могут считываться с калиброванного манометра с трубкой Бурдона; для очень низкого давления или для проведения более точных измерений следует использовать ртутный манометр или манометр с весовой нагрузкой.

5.2 Пошаговая последовательность работы с конденсационным гигрометром. Образец газа вводят через клапан A (см. рисунок 1). При этом необходимо клапан открывать широко, если испытания будут проводиться при полном давлении источника (см. примечание 3); расход необходимо контролировать при помощи малого выпускного клапана D. Расход или скорость потока не является особо важной. Однако она не должна быть настолько высока, чтобы в соединительных линиях и в гигрометре возникал заметный или нежелательный перепад давления. Обычно считается приемлемым расход от 0,05 до 0,5 футов3/мин (от 1,4 до 14 л/мин) (измеряется при атмосферном давлении). Когда сжиженный газ-хладагент будет подведен к дроссельному клапану охладителя H, клапан необходимо будет сразу же приоткрыть, чтобы этот хладагент испарился в охладителе и соответственно понизил температуру в трубке охладителя, F, а также на контактном зеркале C; температура контролируется по термометру K. Скорость охлаждения может быть настолько высокой, насколько это требуется при проведении предварительных испытаний. После определения температуры конденсации (точки росы) — либо при предварительном испытании, либо каким-то иным способом — необходимо контролировать скорость охлаждения или нагрева. По приближении к этой температуре она не должна превышать 1°F/мин (0,5°C/мин). Для получения точных результатов скорости охлаждения и нагрева должны максимально приближаться к экзотермическим условиям. Наиболее приемлемым методом является поэтапный нагрев или охлаждение контактного зеркала. При шаге прибл. в 0,2°F (0,1°C) можно максимально приблизиться к равновесным условиям и обеспечить более точное определение. После выпадения росы необходимо контактному зеркалу дают нагреться. Нагрев должен осуществляться со скоростью, сравнимой с рекомендованной скоростью охлаждения. Нормальная скорость нагрева обычно выше желаемой. Для снижения этой скорости необходимо на очень короткое время приоткрывать клапан H с определенными интервалами и тем самым подавать холод для охлаждающей трубки F. Циклы охлаждения и нагрева повторяют несколько раз. Среднее арифметическое температур, при которых будет появляться, и исчезать конденсат, считается выявленной точкой росы.

Примечание 3 - Если содержание паров воды будет рассчитываться согласно описанию в пункте 6.2, для образца газа следует использовать дросселирование у впускного клапана А до тех пор, пока давление в аппарате не станет приблизительно равным атмосферному. Выпускной клапан можно оставить широко открытым или не полностью открытым, по желанию пользователя При этом давление, существующее в аппарате, должно быть известно с требуемой точностью.

**6 Расчеты**

6.1 Если имеется приемлемая диаграмма, отражающая изменение содержания воды-паров при насыщении или температур конденсации при различных значениях давления испытуемого газа, то содержание водяных паров можно установить непосредственно, используя определенную температуру конденсации и значение давления, при котором это определение проводилось.

6.2 Если такой схемы не имеется, содержание паров воды в газе можно рассчитать по температуре конденсации и давлению, при котором эта температура определялась (см. примечание 3), следующим образом:

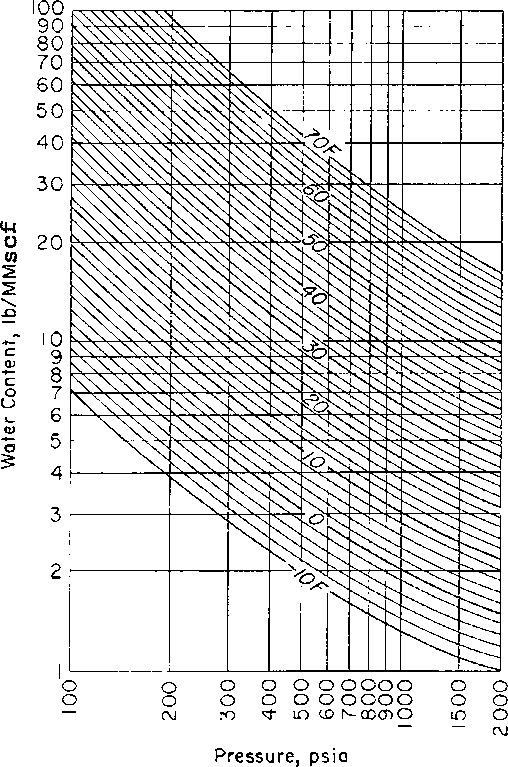
****

Рисунок 2 - Равновесное содержание водяных паров в природных газах

*W=w ×* 106 *×* (*Pb*/*P × (T*/*Tb*)) (1)

где:

*W* = фунтов воды на млн. футов3 газообразной смеси при давлении *P*b и температуре *T*b;

*w* = масса насыщенных водяных паров, фунтов/фут3, при температуре точке росы для воды, то есть величина, обратная удельному объему насыщенных паров (см. [таблицу 1](#bookmark6));

*Pb* = базовое давление для измерения свойств газа, psi абс.;

*P* = давление, при котором определялась точка росы для газа, psi абс.;

*t* = установленная температура точки росы, °F;

*T* = точка росы для воды в градусах Ранкина (абс. шкала Фаренгейта), *t* + 460, при давлении *P*;

*Tb* = базовая температура для измерения газа, *t*b + 460.

Примечание 4 - *Пример 1:*

Дано: точка росы для воды = 37°F при давлении в 15,0 psi абс.

Каково содержание паров воды на миллион футов3 газа (базовые параметры для измерения свойств газа: 60°F и 14,7 psi абс.)?

Согласно таблице 1 удельный объем насыщенной воды при температуре 37°F составляет 2731,9 фута3/фунт, и тогда:

*w* = (1/2731,9) = 0,0003660 фунта/фут3

и

*W* = 0,0003660 *×* 10 6 *×* (14,7/15,0) *×* [(460 + 37)/(460 + 60)]= 342,8 фунта/млн футов3

*Пример 2:*

Дано: Точка росы для воды = 5°F при давлении в 14,4 psi абс.

Согласно таблице 2 удельный объем насыщенных водяных паров с учетом образования льда при 5°F составляет 11 550 футов3/фунт; и тогда *W*ice, 5F = 0,0000866, но при этом установленная точка росы для воды будет находиться в равновесии с жидкой водой, недогретой до температуры насыщения при 5°F. Согласно таблице 2 давление паров жидкой воды, недогретой до температуры насыщения, и льда при 5°F (минус 15°C) составляет 1,436 мм и 1,241 мм ртутного столба соответственно.

Так как давление паров воды, недогретой до температуры насыщения, оказывается выше, чем у льда при одинаковой температуре, масса паров воды на кубический фут в равновесии с жидкой водой будет (в пропорциональном отношении) больше, чем значение, определенное по удельному объему из таблицы с данными для равновесия со льдом. Следовательно,

*W*liq.,5F = *W* ice 5F *×* (1,436/1,241) = 0,0000866 *×* 1,157= 0,0001002 и

*W* = 0,0001002 *×* 10 6 *×* (14,7/14,4) *×* [(460 + 5)/[460 + 60)]= 91,5 фунтов/млн футов3

6.3 Корелляция имеющихся данных о равновесном содержании воды в природном газе была определена Букачеком.4 Такая корелляция считается достаточно точной для требований, предъявляемых в сфере газовых топлив (за исключением нестандартных ситуаций, где точка росы измеряется в условиях, близких к критической температуре газа). Корелляция представляет собой измененную форму закона Рауля, записывающегося следующим образом:

*W= (A*/*P) + B* (2)

где:

*W* = содержание–паров воды, фунтов/млн футов3;

*P* = общее давление, psi абс.;

*A* = постоянная, пропорциональная давлению паров воды;

*B* = постоянная, определяемая температурой и составом газа.

Примечание 5 - Значения B были определены на основе имеющихся данных по метану, метан-этановых смесей и природных газов.

6.3.1 В таблице 2 указаны значения постоянных *A* и *B* для природных газов с температурой от минус 40°F до 460°F (от минус 40°C до 238°C).

6.3.2 В таблицах 3 - 5 указаны значения содержания паров воды при температуре от минус 40°F до 250°F (от минус 40° до 121°C) и давлении от 14,7 до 5000 psi абс. (от 101 до 34 475 кПa), что достаточно для большинства установок переработки природного газа.

6.3.3 Графическое представление данных в таблицах 3 – 5 приведено в удобном виде на рисунке 2. Указанное там содержание влаги можно приводить к другим базовым условиям, отличным от 14,7 psi абс. (101 кПа) и 60°F (15,5°C), используя формулы, включенные в таблицу 2.

**7 Прецизионность и систематическая погрешность**

Для данного метода испытания не имеется данных по прецизионности.

Примечание - ASTM заинтересован в реализации внутрилабораторной программы и просит заинтересованных сторон обращаться к менеджеру по персоналу, Комитет D03, центральный офис ASTM.

Таблица 1 - Давление паров и удельный объем насыщенных водяных паров при различных температурах*A*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура, | Давление паров (жидкая вода) | | Давление паров (лед) | | Удельный объем насыщенных водяных паров, | Температура, | Давление паров (жидкая вода), psi абс. | Удельный объем насыщенных водяных паров, |
| °F | мм рт. ст. | psi абс. | мм рт. ст. | psi абс. | футов3/фунт | °F |  | футов3/фунт |
| 0 | 1,139 | 0,02202 | 0,958 | 0,01852 | 14810 |  |  |  |
| 1 | 1,195 | 0,02311 | 1,010 | 0,01953 | 14080 | 51 | 0,18485 | 1644,2 |
| 2 | 1,251 | 0,02419 | 1,063 | 0,02056 | 13400 | 52 | 0,19182 | 1587,6 |
| 3 | 1,310 | 0,02533 | 1,120 | 0,02166 | 12750 | 53 | 0,19901 | 1533,2 |
| 4 | 1,373 | 0,02655 | 1,180 | 0,02282 | 12140 | 54 | 0,20644 | 1480,9 |
| 5 | 1,436 | 0,02777 | 1,241 | 0,02400 | 11550 | 55 | 0,21411 | 1430,6 |
| 6 | 1,505 | 0,02910 | 1,308 | 0,02529 | 11000 | 56 | 0,22203 | 1382,2 |
| 7 | 1,573 | 0,03042 | 1,374 | 0,02657 | 10480 | 57 | 0,23021 | 1335,6 |
| 8 | 1,647 | 0,03185 | 1,446 | 0,02796 | 9979 | 58 | 0,23865 | 1290,9 |
| 9 | 1,723 | 0,03332 | 1,521 | 0,02941 | 9507 | 59 | 0,24736 | 1247,8 |
| 10 | 1,807 | 0,03494 | 1,599 | 0,03092 | 9060 | 60 | 0,25635 | 1206,3 |
| 11 | 1,883 | 0,03641 | 1,681 | 0,03251 | 8636 | 61 | 0,26562 | 1166,4 |
| 12 | 1,970 | 0,03809 | 1,767 | 0,03417 | 8234 | 62 | 0,27519 | 1128,0 |
| 13 | 2,057 | 0,03978 | 1,856 | 0,03589 | 7851 | 63 | 0,28506 | 1091,0 |
| 14 | 2,149 | 0,04156 | 1,950 | 0,03771 | 7489 | 64 | 0,29524 | 1055,4 |
| 15 | 2,247 | 0,04345 | 2,050 | 0,03964 | 7144 | 65 | 0,30573 | 1021,1 |
| 16 | 2,345 | 0,04535 | 2,151 | 0,04159 | 6817 | 66 | 0,31655 | 988,03 |
| 17 | 2,450 | 0,04737 | 2,260 | 0,04370 | 6505 | 67 | 0,32770 | 956,19 |
| 18 | 2,557 | 0,04944 | 2,373 | 0,04589 | 6210 | 68 | 0,33920 | 925,51 |
| 19 | 2,607 | 0,05163 | 2,489 | 0,04813 | 5929 | 69 | 0,35105 | 895,94 |
| 20 | 2,785 | 0,05385 | 2,610 | 0,05047 | 5662 | 70 | 0,36326 | 867,44 |
| 21 | 2,907 | 0,05621 | 2,740 | 0,05298 | 5408 | 71 | 0,37584 | 839,97 |
| 22 | 3,032 | 0,05863 | 2,872 | 0,05554 | 5166 | 72 | 0,38879 | 813,48 |
| 23 | 3,163 | 0,06116 | 3,013 | 0,05826 | 4936 | 73 | 0,40214 | 787,94 |
| 24 | 3,299 | 0,06379 | 3,160 | 0,06110 | 4717 | 74 | 0,41588 | 763,31 |
| 25 | 3,433 | 0,06638 | 3,310 | 0,06401 | 4509 | 75 | 0,43004 | 739,55 |
| 26 | 3,585 | 0,06932 | 3,471 | 0,06712 | 4311 | 76 | 0,44461 | 716,62 |
| 27 | 3,735 | 0,07222 | 3,636 | 0,07031 | 4122 | 77 | 0,45961 | 694,51 |
| 28 | 3,893 | 0,07528 | 3,810 | 0,07367 | 3943 | 78 | 0,47505 | 673,16 |
| 29 | 4,054 | 0,07839 | 3,989 | 0,07714 | 3771 | 79 | 0,49094 | 652,56 |
| 30 | 4,224 | 0,08168 | 4,178 | 0,08079 | 3608 | 80 | 0,50729 | 632,68 |
| 31 | 4,397 | 0,08502 | 4,373 | 0,08456 | 3453 | 81 | 0,52411 | 613,48 |
| 32 | 4,579 | 0,08866 | 4,579 | 0,08854 | 3301,9 | 82 | 0,54142 | 594,95 |
| 33 | ... | 0,09230 | ... | ... | 3178,0 | 83 | 0,55922 | 577,05 |
| 34 | ... | 0,09607 | ... | ... | 3059,2 | 84 | 0,57753 | 559,76 |
| 35 | ... | 0,09998 | ... | ... | 2945,5 | 85 | 0,59636 | 543,07 |

*Продолжение таблицы 1*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура, | Давление паров (жидкая вода) | | Давление паров (лед) | | Удельный объем насыщенных водяных паров, | Температура, | Давление паров (жидкая вода), psi абс. | Удельный объем насыщенных водяных паров, |
| °F | мм рт. ст. | psi абс. | мм рт. ст. | psi абс. | футов3/фунт | °F |  | футов3/фунт |
| 36 | ... | 0,10404 | ... | ... | 2836,4 | 86 | 0,61573 | 526,94 |
| 37 | ... | 0,10823 | ... | ... | 2731,9 | 87 | 0,63563 | 511,35 |
| 38 | ... | 0,11258 | ... | ... | 2631,7 | 88 | 0,65609 | 496,29 |
| 39 | ... | 0,11708 | ... | ... | 2535,7 | 89 | 0,67713 | 481,73 |
| 40 | ... | 0,12173 | ... | ... | 2443,5 | 90 | 0,69874 | 467,66 |
| 41 | ... | 0,12655 | ... | ... | 2355,1 | 91 | 0,72095 | 454,06 |
| 42 | ... | 0,13154 | ... | ... | 2270,3 | 92 | 0,74377 | 440,91 |
| 43 | ... | 0,13670 | ... | ... | 2188,9 | 93 | 0,76722 | 428,19 |
| 44 | ... | 0,14204 | ... | ... | 2110,8 | 94 | 0,79130 | 415,89 |
| 45 | ... | 0,14756 | ... | ... | 2035,8 | 95 | 0,81604 | 403,99 |
| 46 | ... | 0,15328 | ... | ... | 1963,8 | 96 | 0,84144 | 392,48 |
| 47 | ... | 0,15918 | ... | ... | 1894,6 | 97 | 0,86753 | 381,35 |
| 48 | ... | 0,16528 | ... | ... | 1828,2 | 98 | 0,89431 | 370,58 |
| 49 | ... | 0,17159 | ... | ... | 1764,4 | 99 | 0,92180 | 360,15 |
| 50 | ... | 0,17812 | ... | ... | 1703,1 | 100 | 0,95003 | 350,06 |
| *A* Значения давления паров при температуре от 0 до 32°F, были определены на основе данных International Critical Tables (Международных таблиц особо важных данных). Все остальные данные были взяты из «NBS/NRC Steam Tables», Harr, Gallagher и Kell, National Standard Reference Data System, 1984, стр. 9. Данные об удельных объемах насыщенных водяных паров при температуре от 0 до 32°F были взяты из «Low-Pressure Properties of Water from -160 to 212°F», Goff, J. A. и Gratch, S., *Heating, Piping, and Air Conditioning*, том 18, № 2, февр. 1946, стр. 125–136. | | | | | | | | |

Таблица 2 - Значения постоянных *A* и *B*

(базовые условия = 14,7 psi абс., 60°F)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура, °F | *A* | *B* | Температура, °F | *A* | *B* | Температура, °F | *A* | *B* |
| -40 | 131 | 0,22 | 70 | 17200 | 7,17 | 180 | 357000 | 74,8 |
| -38 | 147 | 0,24 | 72 | 18500 | 7,85 | 182 | 372000 | 77,2 |
| -36 | 165 | 0,26 | 74 | 19700 | 8,25 | 184 | 390000 | 79,9 |
| -34 | 184 | 0,28 | 76 | 21100 | 8,67 | 186 | 407000 | 82,7 |
| -32 | 206 | 0,30 | 78 | 22500 | 9,11 | 188 | 425000 | 85,8 |
| -30 | 230 | 0,33 | 80 | 24100 | 9,57 | 190 | 443000 | 88,4 |
| -28 | 256 | 0,36 | 82 | 25700 | 10,0 | 192 | 463000 | 91,4 |
| -26 | 285 | 0,39 | 84 | 27400 | 10,5 | 194 | 483000 | 94,8 |
| -24 | 317 | 0,42 | 86 | 29200 | 11,1 | 196 | 504000 | 97,7 |
| -22 | 352 | 0,45 | 88 | 31100 | 11,6 | 198 | 525000 | 101 |
| -20 | 390 | 0,48 | 90 | 33200 | 12,2 | 200 | 547000 | 104 |

*Продолжение таблицы 2*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура, °F | A | B | Температура, °F | A | B | Температура, °F | A | B |
| -18 | 434 | 0,52 | 92 | 35300 | 12,7 | 202 | 570000 | 108 |
| -16 | 479 | 0,56 | 94 | 37500 | 13,3 | 204 | 594000 | 111 |
| -14 | 530 | 0,60 | 96 | 39900 | 14,0 | 206 | 619000 | 115 |
| -12 | 586 | 0,64 | 98 | 42400 | 14,6 | 208 | 644000 | 119 |
| -10 | 648 | 0,69 | 100 | 45100 | 15,3 | 210 | 671000 | 122 |
| -8 | 714 | 0,74 | 102 | 47900 | 16,0 | 212 | 698000 | 126 |
| -6 | 786 | 0,79 | 104 | 50800 | 16,7 | 214 | 725000 | 130 |
| -4 | 866 | 0,85 | 106 | 53900 | 17,5 | 216 | 754000 | 134 |
| -2 | 950 | 0,91 | 108 | 57100 | 18,3 | 218 | 785000 | 139 |
| 0 | 1 050 | 0,97 | 110 | 60500 | 19,1 | 220 | 816000 | 143 |
| 2 | 1 150 | 1,04 | 112 | 64100 | 20,0 | 222 | 848000 | 148 |
| 4 | 1 260 | 1,11 | 114 | 67900 | 20,9 | 224 | 881000 | 152 |
| 6 | 1 380 | 1,19 | 116 | 71800 | 21,8 | 226 | 915000 | 157 |
| 8 | 1 510 | 1,27 | 118 | 76000 | 22,7 | 228 | 950000 | 162 |
| 10 | 1 650 | 1,35 | 120 | 80400 | 23,7 | 230 | 987000 | 166 |
| 12 | 1 810 | 1,44 | 122 | 84900 | 24,7 | 232 | 1020000 | 171 |
| 14 | 1 970 | 1,54 | 124 | 89700 | 25,8 | 234 | 1060000 | 177 |
| 16 | 2 150 | 1,64 | 126 | 94700 | 26,9 | 236 | 1100000 | 182 |
| 18 | 2 350 | 1,74 | 128 | 100000 | 28,0 | 238 | 1140000 | 187 |
| 20 | 2 560 | 1,85 | 130 | 106000 | 29,1 | 240 | 1190000 | 192 |
| 22 | 2 780 | 1,97 | 132 | 111000 | 30,3 | 242 | 1230000 | 198 |
| 24 | 3 030 | 2,09 | 134 | 117000 | 31,6 | 244 | 1270000 | 204 |
| 26 | 3 290 | 2,22 | 136 | 124000 | 32,9 | 246 | 1320000 | 210 |
| 28 | 3 570 | 2,36 | 138 | 130000 | 34,2 | 248 | 1370000 | 216 |
| 30 | 3 880 | 2,50 | 140 | 137000 | 35,6 | 250 | 1420000 | 222 |
| 32 | 4 210 | 2,65 | 142 | 144000 | 37,0 | 252 | 1470000 | 229 |
| 34 | 4 560 | 2,81 | 144 | 152000 | 38,5 | 254 | 1520000 | 235 |
| 36 | 4 940 | 2,98 | 146 | 160000 | 40,0 | 256 | 1570000 | 242 |
| 38 | 5 350 | 3,16 | 148 | 168000 | 41,6 | 258 | 1630000 | 248 |
| 40 | 5 780 | 3,34 | 150 | 177000 | 43,2 | 260 | 1680000 | 255 |
| 42 | 6 240 | 3,54 | 152 | 186000 | 44,9 | 280 | 2340000 | 333 |
| 44 | 6 740 | 3,74 | 154 | 195000 | 46,6 | 300 | 3180000 | 430 |
| 46 | 7 280 | 3,96 | 156 | 205000 | 48,4 | 320 | 4260000 | 548 |
| 48 | 7 850 | 4,18 | 158 | 215000 | 50,2 | 340 | 5610000 | 692 |
| 50 | 8 460 | 4,42 | 160 | 225000 | 52,1 | 360 | 7270000 | 869 |
| 52 | 9 110 | 4,66 | 162 | 236000 | 54,1 | 380 | 9300000 | 1090 |
| 54 | 9 800 | 4,92 | 164 | 248000 | 56,1 | 400 | 11700000 | 1360 |
| 56 | 10 500 | 5,19 | 166 | 259000 | 58,2 | 420 | 14700000 | 1700 |
| 58 | 11 300 | 5,48 | 168 | 272000 | 60,3 | 440 | 18100000 | 2130 |
| 60 | 12 200 | 5,77 | 170 | 285000 | 62,5 | 460 | 22200000 |  |
| 62 | 13 100 | 6,08 | 172 | 298000 | 64,8 |  |  |  |
| 64 | 14 000 | 6,41 | 174 | 312000 | 67,1 |  |  |  |
| 66 | 15 000 | 6,74 | 176 | 326000 | 69,5 |  |  |  |
| 68 | 16 100 | 7,10 | 178 | 341000 | 72,0 |  |  |  |

Примечание 1 - Для приведения *A* и *B* к другим базовым условиям, необходимо умножить каждый компонент на:

*(Pb*/14,7) *×* [519,6/(*tb* 1 459,6)] *×* (0,998/*Zb*)

где:

*Pb* = абсолютное базовое давление, psi абс.;

*tb* = базовая температура, °F;

*Zb* = коэффициент сжимаемости при базовых условиях.

Таблица 3 - Равновесное содержание водяных паров в природных газах при температурах выше критических

(фунтов/млн футов3, где *Pb=*14,7 psi абс., *tb=* 60°F)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура | Общее давление, psi абс. | | | | | | | | | | |
| °F | 14,7 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| -40 | 9,1 | 1,5 | 0,88 | 0,66 | 0,55 | 0,49 | 0,44 | 0,41 | 0,39 | 0,37 | 0,36 |
| -38 | 10,2 | 1,7 | 0,98 | 0,73 | 0,61 | 0,54 | 0,49 | 0,45 | 0,43 | 0,41 | 0,39 |
| -36 | 11,5 | 1,9 | 1,1 | 0,80 | 0,68 | 0,59 | 0,54 | 0,50 | 0,47 | 0,45 | 0,43 |
| -34 | 12,8 | 2,1 | 1,2 | 0,90 | 0,74 | 0,65 | 0,59 | 0,55 | 0,51 | 0,49 | 0,47 |
| -32 | 14,4 | 2,4 | 1,3 | 0,99 | 0,82 | 0,72 | 0,65 | 0,60 | 0,57 | 0,54 | 0,51 |
| -30 | 16,0 | 2,6 | 1,5 | 1,1 | 0,91 | 0,79 | 0,72 | 0,66 | 0,62 | 0,59 | 0,56 |
| -28 | 17,8 | 2,9 | 1,6 | 1,2 | 1,0 | 0,87 | 0,79 | 0,72 | 0,68 | 0,64 | 0,61 |
| -26 | 19,8 | 3,2 | 1,8 | 1,3 | 1,1 | 0,96 | 0,86 | 0,79 | 0,74 | 0,70 | 0,67 |
| -24 | 22,0 | 3,6 | 2,0 | 1,5 | 1,2 | 1,1 | 0,95 | 0,87 | 0,81 | 0,77 | 0,73 |
| -22 | 24,4 | 4,0 | 2,2 | 1,6 | 1,3 | 1,2 | 1,0 | 0,95 | 0,89 | 0,84 | 0,80 |
| -20 | 27,0 | 4,4 | 2,4 | 1,8 | 1,5 | 1,3 | 1,1 | 1,0 | 0,97 | 0,92 | 0,87 |
| -18 | 30,0 | 4,9 | 2,7 | 2,0 | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 0,95 |
| -16 | 33,1 | 5,4 | 3,0 | 2,2 | 1,8 | 1,5 | 1,4 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,0 |
| -14 | 36,7 | 5,9 | 3,3 | 2,4 | 1,9 | 1,7 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 |
| -12 | 40,5 | 6,5 | 3,6 | 2,6 | 2,1 | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 |
| -10 | 44,8 | 7,2 | 4,0 | 2,9 | 2,3 | 2,0 | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 |
| -8 | 49,3 | 7,9 | 4,3 | 3,1 | 2,5 | 2,2 | 1,9 | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 1,5 |
| -6 | 54,6 | 8,7 | 4,7 | 3,4 | 2,8 | 2,4 | 2,1 | 1,9 | 1,8 | 1,7 | 1,6 |
| -4 | 59,8 | 9,5 | 5,2 | 3,7 | 3,0 | 2,6 | 2,3 | 2,1 | 1,9 | 1,8 | 1,7 |
| -2 | 65,7 | 10,4 | 5,7 | 4,1 | 3,3 | 2,8 | 2,5 | 2,3 | 2,1 | 2,0 | 1,9 |
| 0 | 72,1 | 11,4 | 6,2 | 4,5 | 3,6 | 3,1 | 2,7 | 2,5 | 2,3 | 2,1 | 2,0 |
| 2 | 79,1 | 12,5 | 6,8 | 4,9 | 3,9 | 3,3 | 3,0 | 2,7 | 2,5 | 2,3 | 2,2 |
| 4 | 86,8 | 13,7 | 7,4 | 5,3 | 4,3 | 3,6 | 3,2 | 2,9 | 2,7 | 2,5 | 2,4 |
| 6 | 95,1 | 15,0 | 8,1 | 5,8 | 4,6 | 4,0 | 3,5 | 3,2 | 2,9 | 2,7 | 2,6 |
| 8 | 104 | 16,4 | 8,8 | 6,3 | 5,1 | 4,3 | 3,8 | 3,4 | 3,2 | 3,0 | 2,8 |
| 10 | 114 | 17,9 | 9,6 | 6,9 | 5,5 | 4,7 | 4,1 | 3,7 | 3,4 | 3,2 | 3,0 |
| 12 | 124 | 19,5 | 10,5 | 7,5 | 6,0 | 5,1 | 4,5 | 4,0 | 3,7 | 3,5 | 3,3 |
| 14 | 136 | 21,3 | 11,4 | 8,1 | 6,5 | 5,5 | 4,8 | 4,5 | 4,0 | 3,7 | 3,5 |
| 16 | 148 | 23,2 | 12,4 | 8,8 | 7,0 | 5,9 | 5,2 | 4,7 | 4,3 | 4,0 | 3,8 |
| 18 | 161 | 25,2 | 13,5 | 9,6 | 7,6 | 6,4 | 5,7 | 5,1 | 4,7 | 4,4 | 4,1 |
| 20 | 176 | 27,4 | 14,6 | 10,4 | 8,2 | 7,0 | 6,1 | 5,5 | 5,1 | 4,7 | 4,4 |
| 22 | 191 | 29,8 | 15,9 | 11,3 | 8,9 | 7,5 | 6,6 | 5,9 | 5,5 | 5,1 | 4,8 |
| 24 | 208 | 32,4 | 17,2 | 12,2 | 9,7 | 8,2 | 7,2 | 6,4 | 5,9 | 5,5 | 5,1 |

*Продолжение таблицы 3*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура | Общее давление, psi абс. | | | | | | | | | | |
| °F | 14,7 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| 26 | 226 | 35,1 | 18,7 | 13,2 | 10,5 | 8,8 | 7,7 | 6,9 | 6,3 | 5,9 | 5,5 |
| 28 | 246 | 38,1 | 20,2 | 14,3 | 11,3 | 9,5 | 8,3 | 7,5 | 6,8 | 6,3 | 5,9 |
| 30 | 276 | 41,3 | 21,9 | 15,4 | 12,2 | 10,3 | 9,0 | 8,0 | 7,4 | 6,8 | 6,4 |
| 32 | 289 | 44,7 | 23,7 | 16,7 | 13,2 | 11,1 | 9,7 | 8,7 | 7,9 | 7,3 | 6,9 |
| 34 | 313 | 48,4 | 25,6 | 18,0 | 14,2 | 11,9 | 10,4 | 9,3 | 8,5 | 7,9 | 7,4 |
| 36 | 339 | 52,4 | 27,7 | 19,4 | 15,3 | 12,9 | 11,2 | 10,0 | 9,2 | 8,5 | 7,9 |
| 38 | 367 | 56,6 | 29,9 | 20,1 | 16,5 | 13,9 | 12,1 | 10,8 | 9,8 | 9,1 | 8,5 |
| 40 | 396 | 61,1 | 32,2 | 22,6 | 17,8 | 14,9 | 13,0 | 11,6 | 10,6 | 9,8 | 9,1 |
| 42 | 428 | 66,0 | 34,8 | 24,4 | 19,2 | 16,0 | 13,9 | 12,5 | 11,3 | 10,5 | 9,8 |
| 44 | 462 | 71,2 | 37,5 | 26,2 | 20,6 | 17,2 | 15,0 | 13,4 | 12,2 | 11,2 | 10,5 |
| 46 | 499 | 76,7 | 40,3 | 28,2 | 22,2 | 18,5 | 16,1 | 14,4 | 13,1 | 12,0 | 11,2 |
| 48 | 538 | 82,6 | 43,4 | 30,3 | 23,8 | 19,9 | 17,3 | 15,4 | 14,0 | 12,9 | 12,0 |
| 50 | 80 | 89,0 | 46,7 | 32,6 | 25,6 | 21,3 | 18,5 | 16,5 | 15,0 | 13,8 | 12,9 |
| 52 | 624 | 95,7 | 50,2 | 35,0 | 27,4 | 22,9 | 19,8 | 17,7 | 16,1 | 14,8 | 13,8 |
| 54 | 672 | 103 | 54,0 | 37,6 | 29,4 | 24,5 | 21,3 | 18,9 | 17,2 | 15,8 | 14,7 |
| 56 | 721 | 111 | 57,9 | 40,3 | 31,5 | 26,7 | 22,8 | 20,3 | 18,3 | 16,9 | 15,7 |
| 58 | 776 | 119 | 62,1 | 43,2 | 33,8 | 28,1 | 24,4 | 21,7 | 19,6 | 18,0 | 16,8 |
| 60 | 834 | 128 | 66,6 | 46,3 | 36,2 | 30,1 | 26,1 | 23,2 | 21,0 | 19,3 | 17,9 |
| 62 | 895 | 137 | 71,4 | 49,6 | 38,7 | 32,2 | 27,9 | 24,7 | 22,4 | 20,6 | 19,1 |
| 64 | 960 | 147 | 76,5 | 53,1 | 41,4 | 34,4 | 29,8 | 26,4 | 23,9 | 22,0 | 20,4 |
| 66 | 1030 | 157 | 81,8 | 56,8 | 44,3 | 36,8 | 31,8 | 28,2 | 25,5 | 23,4 | 21,8 |
| 68 | 1100 | 168 | 87,6 | 60,7 | 47,3 | 39,3 | 33,9 | 30,1 | 27,2 | 25,0 | 23,2 |
| 70 | 1180 | 180 | 93,7 | 65,0 | 50,6 | 42,0 | 36,2 | 32,1 | 29,0 | 26,6 | 24,7 |
| 72 | 1260 | 192 | 100 | 69,4 | 54,0 | 44,8 | 38,6 | 34,2 | 30,9 | 28,4 | 26,3 |
| 74 | 1350 | 206 | 107 | 74,0 | 57,6 | 47,7 | 41,1 | 36,4 | 32,9 | 30,2 | 28,0 |
| 76 | 1440 | 220 | 114 | 79,0 | 61,4 | 50,9 | 43,8 | 38,8 | 35,0 | 32,1 | 29,8 |
| 78 | 1540 | 235 | 122 | 84,2 | 65,5 | 54,2 | 46,7 | 41,3 | 37,3 | 34,2 | 31,7 |
| 80 | 1650 | 250 | 130 | 89,8 | 69,7 | 57,5 | 49,7 | 44,0 | 39,7 | 36,3 | 33,6 |
| 82 | 1760 | 267 | 138 | 95,6 | 74,2 | 61,4 | 52,8 | 46,7 | 42,1 | 38,6 | 36,7 |
| 84 | 1870 | 285 | 148 | 102 | 79,0 | 65,3 | 56,2 | 49,7 | 44,8 | 41,0 | 37,9 |
| 86 | 2000 | 303 | 157 | 108 | 84,1 | 69,5 | 59,7 | 52,8 | 47,6 | 43,5 | 40,3 |
| 88 | 2130 | 323 | 167 | 115 | 89,4 | 73,8 | 63,5 | 56,1 | 50,5 | 46,2 | 42,7 |
| 90 | 2270 | 344 | 178 | 123 | 95,0 | 78,5 | 67,4 | 59,5 | 53,6 | 49,0 | 45,3 |
| 92 | 2410 | 366 | 189 | 130 | 101 | 83,3 | 71,5 | 63,1 | 56,8 | 51,9 | 48,0 |
| 94 | 2570 | 389 | 201 | 138 | 107 | 88,4 | 75,9 | 67,0 | 60,3 | 55,0 | 50,9 |
| 96 | 2730 | 413 | 214 | 147 | 114 | 93,8 | 80,5 | 71,0 | 63,9 | 58,3 | 53,9 |
| 98 | 2900 | 439 | 227 | 156 | 121 | 99,5 | 85,3 | 75,2 | 67,6 | 61,8 | 57,0 |
| 100 | 3080 | 466 | 241 | 166 | 128 | 105 | 90,4 | 79,7 | 71,6 | 65,4 | ... |
| 102 | 3270 | 495 | 256 | 176 | 136 | 112 | 95,8 | 84,4 | 75,9 | 69,2 | ... |
| 104 | 3470 | 525 | 271 | 186 | 144 | 118 | 101 | 89,3 | 80,2 | 73,1 | ... |
| 106 | 3680 | 557 | 287 | 197 | 152 | 125 | 107 | 94,5 | 84,9 | 77,4 | ... |
| 108 | 3900 | 589 | 304 | 209 | 161 | 133 | 114 | 99,9 | 89,7 | 81,7 | ... |
| 110 | 4130 | 624 | 322 | 221 | 170 | 140 | 120 | 106 | 94,7 | 86,3 | ... |

*Окончание таблицы 3*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура | Общее давление, psi абс. | | | | | | | | | | |
| °F | 14,7 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| 112 | 4380 | 661 | 341 | 234 | 180 | 148 | 127 | 112 | 100 | 91,2 | ... |
| 114 | 4640 | 700 | 360 | 247 | 191 | 157 | 134 | 118 | 106 | 96,2 | ... |
| 116 | 4910 | 740 | 381 | 261 | 201 | 165 | 142 | 124 | 112 | 102 | ... |
| 118 | 5190 | 783 | 403 | 276 | 213 | 175 | 149 | 131 | 118 | 107 | ... |
| 120 | 5490 | 828 | 426 | 292 | 225 | 185 | 158 | 139 | 124 | 113 | ... |
| 122 | 5800 | 874 | 449 | 308 | 237 | 195 | 166 | 146 | 131 | 119 | ... |
| 124 | 6130 | 923 | 474 | 325 | 250 | 205 | 175 | 154 | 138 | 125 | ... |
| 126 | 6470 | 974 | 500 | 343 | 264 | 216 | 185 | 162 | 145 | 132 | ... |
| 128 | 6830 | 1030 | 528 | 361 | 278 | 228 | 195 | 171 | 153 | 139 | ... |
| 130 | 7240 | 1090 | 559 | 382 | 294 | 241 | 206 | 181 | 162 | 147 | ... |
| 132 | 7580 | 1140 | 585 | 400 | 308 | 252 | 215 | 189 | 169 | 154 | ... |
| 134 | 7990 | 1200 | 617 | 422 | 324 | 266 | 227 | 199 | 178 | 162 | ... |
| 136 | 8470 | 1270 | 653 | 446 | 343 | 281 | 240 | 210 | 188 | 171 | ... |
| 138 | 8880 | 1330 | 684 | 468 | 359 | 294 | 251 | 220 | 197 | 179 | ... |
| 140 | 9360 | 1410 | 721 | 492 | 378 | 310 | 264 | 231 | 207 | 188 | ... |
| 142 | 9830 | 1480 | 757 | 517 | 397 | 325 | 277 | 243 | 217 | 197 | ... |
| 144 | 10 400 | 1560 | 799 | 545 | 419 | 343 | 292 | 256 | 229 | 207 | ... |
| 146 | 10 900 | 1640 | 840 | 573 | 440 | 360 | 307 | 269 | 240 | 218 | ... |
| 148 | 11 500 | 1720 | 882 | 602 | 462 | 378 | 322 | 282 | 252 | 229 | ... |

Таблица 4 - Равновесное содержание водяных паров в природных газах при температурах выше критических

(фунтов/млн футов3, где *Pb* **=** 14,7 psi абс., *tb* = 60°F)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура, | Общее давление, psi абс. | | | | | | | | | |
| °F | 14.7 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
| 150 | 12 100 | 1810 | 928 | 633 | 486 | 397 | 338 | 296 | 264 | 240 |
| 152 | 12 700 | 1910 | 975 | 665 | 510 | 417 | 355 | 311 | 277 | 252 |
| 154 | 13 300 | 2000 | 1020 | 697 | 534 | 437 | 372 | 325 | 290 | 263 |
| 156 | 14 000 | 2100 | 1070 | 732 | 561 | 458 | 390 | 341 | 305 | 276 |
| 158 | 14 700 | 2200 | 1130 | 767 | 588 | 480 | 409 | 357 | 319 | 289 |
| 160 | 15 400 | 2300 | 1180 | 802 | 615 | 502 | 427 | 374 | 333 | 302 |
| 162 | ... | 2410 | 1230 | 841 | 644 | 526 | 447 | 391 | 349 | 316 |
| 164 | ... | 2540 | 1300 | 883 | 676 | 552 | 469 | 410 | 366 | 332 |
| 166 | ... | 2650 | 1350 | 922 | 706 | 576 | 490 | 428 | 382 | 346 |
| 168 | ... | 2780 | 1420 | 967 | 740 | 604 | 514 | 449 | 400 | 363 |
| 170 | ... | 2910 | 1490 | 1010 | 775 | 633 | 538 | 470 | 419 | 379 |
| 172 | ... | 3040 | 1550 | 1060 | 810 | 661 | 562 | 491 | 437 | 396 |
| 174 | ... | 3190 | 1630 | 1110 | 847 | 691 | 587 | 513 | 457 | 414 |
| 176 | ... | 3330 | 1700 | 1160 | 885 | 722 | 613 | 535 | 477 | 432 |
| 178 | ... | 3480 | 1780 | 1210 | 925 | 754 | 640 | 559 | 498 | 451 |
| 180 | ... | 3640 | 1860 | 1260 | 967 | 789 | 670 | 585 | 521 | 471 |
| 182 | ... | 3800 | 1940 | 1320 | 1010 | 821 | 697 | 609 | 542 | 491 |

*Продолжение таблицы 4*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура, | Общее давление, psi абс. | | | | | | | | | |
| °F | 14.7 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
| 184 | ... | 3980 | 2030 | 1380 | 1060 | 860 | 730 | 637 | 567 | 513 |
| 186 | ... | 4150 | 2120 | 1440 | 1100 | 897 | 761 | 664 | 591 | 535 |
| 188 | ... | 4340 | 2210 | 1500 | 1150 | 936 | 794 | 693 | 617 | 558 |
| 190 | ... | 4520 | 2300 | 1570 | 1200 | 974 | 827 | 721 | 642 | 581 |
| 192 | ... | 4720 | 2410 | 1630 | 1250 | 1020 | 863 | 753 | 670 | 606 |
| 194 | ... | 4920 | 2510 | 1700 | 1300 | 1060 | 900 | 785 | 698 | 631 |
| 196 | ... | 5140 | 2620 | 1780 | 1360 | 1110 | 938 | 818 | 728 | 658 |
| 198 | ... | 5350 | 2730 | 1850 | 1410 | 1150 | 976 | 851 | 757 | 684 |
| 200 | ... | 5570 | 2840 | 1930 | 1470 | 1200 | 1020 | 885 | 788 | 712 |
| 202 | ... | 5810 | 2960 | 2010 | 1530 | 1250 | 1060 | 922 | 821 | 741 |
| 204 | ... | 6050 | 3080 | 2090 | 1600 | 1300 | 1100 | 960 | 854 | 771 |
| 206 | ... | 6310 | 3210 | 2180 | 1660 | 1350 | 1150 | 999 | 889 | 803 |
| 208 | ... | ... | 3340 | 2270 | 1730 | 1400 | 1190 | 1040 | 924 | 835 |
| 210 | ... | ... | 3480 | 2360 | 1800 | 1460 | 1240 | 1080 | 961 | 868 |
| 212 | ... | ... | 3620 | 2450 | 1870 | 1520 | 1290 | 1120 | 999 | 902 |
| 214 | ... | ... | 3760 | 2550 | 1950 | 1580 | 1340 | 1160 | 1040 | 937 |
| 216 | ... | ... | 3910 | 2650 | 2020 | 1640 | 1390 | 1210 | 1080 | 973 |
| 218 | ... | ... | 4060 | 2760 | 2100 | 1710 | 1450 | 1260 | 1120 | 1010 |
| 220 | ... | ... | 4220 | 2860 | 2180 | 1780 | 1500 | 1310 | 1160 | 1050 |
| 222 | ... | ... | 4390 | 2980 | 2270 | 1840 | 1560 | 1360 | 1200 | 1090 |
| 224 | ... | ... | 4560 | 3090 | 2350 | 1910 | 1620 | 1410 | 1250 | 1130 |
| 226 | ... | ... | 4730 | 3200 | 2440 | 1990 | 1680 | 1460 | 1300 | 1170 |
| 228 | ... | ... | 4910 | 3330 | 2540 | 2060 | 1750 | 1520 | 1350 | 1220 |
| 230 | ... | ... | 5100 | 3460 | 2630 | 2140 | 1810 | 1580 | 1400 | 1260 |
| 240 | ... | ... | ... | 4160 | 3170 | 2570 | 2180 | 1890 | 1680 | 1510 |
| 250 | ... | ... | ... | ... | 3770 | 3060 | 2590 | 2250 | 2000 | 1800 |

Таблица 5 - Равновесное содержание водяных паров в природных газах при температурах выше критических

(фунтов/млн футов3, где *Pb****=*** 14,7 psi абс., *tb=* 60°F)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура, | Общее давление, psi абс. | | | | | | | | |
| °F | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 | 4500 | 5000 |
| 100 | 60,4 | 45,4 | 37,9 | 33,3 | 30,3 | 28,2 | 26,6 | 25,3 | 24,3 |
| 102 | 63,9 | 47,9 | 40,0 | 35,5 | 32,0 | 29,7 | 28,0 | 26,6 | 25,6 |
| 104 | 67,5 | 50,6 | 42,1 | 37,0 | 33,6 | 31,2 | 29,4 | 28,0 | 26,9 |
| 106 | 71,4 | 53,4 | 44,5 | 39,1 | 35,5 | 32,9 | 31,0 | 29,5 | 28,3 |
| 108 | 75,4 | 56,4 | 46,9 | 41,1 | 37,3 | 34,6 | 32,6 | 31,0 | 29,7 |
| 110 | 79,6 | 59,4 | 49,4 | 43,3 | 39,3 | 36,4 | 34,2 | 32,5 | 31,2 |
| 112 | 84,1 | 62,7 | 52,1 | 45,6 | 41,4 | 38,3 | 36,0 | 34,2 | 32,8 |
| 114 | 88,7 | 66,1 | 54,8 | 48,0 | 43,4 | 40,2 | 37,8 | 35,9 | 34,4 |
| 116 | 93,6 | 69,7 | 57,7 | 50,5 | 45,7 | 42,3 | 39,8 | 37,8 | 36,2 |

*Продолжение таблицы 5*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура, | Общее давление, psi абс. | | | | | | | | |
| °F | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 | 4500 | 5000 |
| 118 | 98,7 | 73,4 | 60,7 | 53,1 | 48,0 | 44,4 | 41,7 | 39,6 | 37,9 |
| 120 | 104 | 77,3 | 63,9 | 55,9 | 50,5 | 46,7 | 43,8 | 41,6 | 39,8 |
| 122 | 110 | 81,3 | 67,2 | 58,7 | 53,0 | 49,0 | 45,9 | 43,6 | 41,7 |
| 124 | 116 | 85,6 | 70,7 | 61,7 | 55,7 | 51,4 | 48,2 | 45,7 | 43,7 |
| 126 | 122 | 89,9 | 74,2 | 64,7 | 58,4 | 53,9 | 50,5 | 47,8 | 45,7 |
| 128 | 128 | 94,7 | 78,0 | 68,0 | 61,3 | 56,6 | 53,0 | 50,2 | 48,0 |
| 130 | 135 | 99,8 | 82,1 | 71,5 | 64,4 | 59,4 | 55,6 | 52,6 | 50,3 |
| 132 | 141 | 104 | 85,8 | 74,7 | 67,3 | 62,0 | 58,1 | 55,0 | 52,5 |
| 134 | 149 | 110 | 90,1 | 78,4 | 70,6 | 65,0 | 60,9 | 57,6 | 55,0 |
| 136 | 157 | 116 | 94,9 | 82,5 | 74,2 | 68,3 | 63,9 | 60,3 | 57,7 |
| 138 | 164 | 121 | 99,2 | 86,2 | 77,5 | 71,3 | 66,7 | 63,1 | 60,2 |
| 140 | 173 | 127 | 104 | 90,4 | 81,3 | 74,7 | 69,9 | 66,0 | 63,0 |
| 142 | 181 | 133 | 109 | 94,6 | 85,0 | 78,1 | 73,0 | 69,0 | 65,8 |
| 144 | 191 | 140 | 115 | 99,3 | 89,2 | 81,9 | 76,5 | 72,3 | 68,9 |
| 146 | 200 | 147 | 120 | 104 | 93,0 | 85,7 | 80,0 | 75,6 | 72,0 |
| 148 | 210 | 154 | 126 | 109 | 97,6 | 89,6 | 83,6 | 78,9 | 75,6 |
| 150 | 220 | 161 | 132 | 114 | 102 | 93,8 | 87,5 | 82,5 | 78,6 |
| 152 | 231 | 169 | 138 | 119 | 107 | 98,0 | 91,4 | 86,2 | 82,1 |
| 154 | 242 | 177 | 144 | 125 | 112 | 102 | 95,4 | 89,9 | 85,6 |
| 156 | 253 | 185 | 151 | 130 | 117 | 107 | 100 | 94,0 | 89,4 |
| 158 | 265 | 194 | 158 | 136 | 122 | 112 | 104 | 98,0 | 93,2 |
| 160 | 277 | 202 | 165 | 142 | 127 | 116 | 108 | 102 | 97,1 |
| 162 | 290 | 211 | 172 | 149 | 133 | 122 | 113 | 107 | 101 |
| 164 | 304 | 221 | 180 | 155 | 139 | 127 | 118 | 111 | 106 |
| 166 | 317 | 231 | 188 | 162 | 145 | 132 | 123 | 116 | 110 |
| 168 | 332 | 242 | 196 | 169 | 151 | 138 | 128 | 121 | 115 |
| 170 | 348 | 253 | 205 | 177 | 158 | 144 | 134 | 126 | 120 |
| 172 | 363 | 263 | 214 | 184 | 165 | 150 | 139 | 131 | 124 |
| 174 | 379 | 275 | 223 | 192 | 171 | 156 | 145 | 136 | 130 |
| 176 | 396 | 287 | 233 | 200 | 178 | 163 | 151 | 142 | 135 |
| 178 | 413 | 299 | 243 | 208 | 186 | 169 | 157 | 148 | 140 |
| 180 | 432 | 313 | 253 | 217 | 194 | 177 | 164 | 154 | 146 |
| 182 | 449 | 325 | 263 | 226 | 201 | 184 | 170 | 160 | 152 |
| 184 | 470 | 340 | 275 | 236 | 210 | 191 | 177 | 167 | 158 |
| 186 | 490 | 354 | 286 | 245 | 218 | 199 | 184 | 173 | 164 |
| 188 | 511 | 369 | 298 | 256 | 227 | 207 | 192 | 180 | 171 |
| 190 | 531 | 384 | 310 | 266 | 236 | 215 | 199 | 187 | 177 |
| 192 | 554 | 400 | 323 | 277 | 246 | 224 | 207 | 194 | 184 |
| 194 | 578 | 417 | 336 | 288 | 256 | 233 | 215 | 202 | 191 |
| 196 | 602 | 434 | 350 | 299 | 266 | 242 | 224 | 210 | 199 |
| 198 | 626 | 451 | 364 | 311 | 276 | 251 | 232 | 218 | 206 |
| 200 | 651 | 469 | 378 | 323 | 286 | 260 | 241 | 226 | 213 |
| 202 | 678 | 488 | 393 | 336 | 298 | 271 | 251 | 235 | 222 |

*Окончание таблицы 5*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура, | Общее давление, psi абс. | | | | | | | | |
| °F | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 | 4500 | 5000 |
| 204 | 705 | 507 | 408 | 349 | 309 | 281 | 260 | 243 | 230 |
| 206 | 734 | 528 | 425 | 363 | 321 | 292 | 270 | 253 | 238 |
| 208 | 763 | 548 | 441 | 377 | 334 | 303 | 280 | 262 | 248 |
| 210 | 793 | 569 | 458 | 390 | 346 | 314 | 290 | 271 | 256 |
| 212 | 824 | 591 | 475 | 405 | 359 | 325 | 301 | 281 | 266 |
| 214 | 856 | 614 | 493 | 420 | 372 | 337 | 312 | 291 | 275 |
| 216 | 889 | 637 | 512 | 436 | 386 | 350 | 323 | 302 | 285 |
| 218 | 924 | 662 | 532 | 453 | 401 | 363 | 335 | 313 | 296 |
| 220 | 959 | 687 | 551 | 469 | 415 | 376 | 347 | 324 | 306 |
| 222 | 996 | 713 | 572 | 487 | 431 | 390 | 360 | 336 | 318 |
| 224 | 1030 | 739 | 593 | 504 | 446 | 404 | 372 | 348 | 328 |
| 226 | 1070 | 767 | 615 | 523 | 462 | 418 | 386 | 360 | 340 |
| 228 | 1110 | 795 | 637 | 542 | 479 | 433 | 400 | 373 | 352 |
| 230 | 1150 | 824 | 660 | 561 | 495 | 448 | 413 | 385 | 363 |
| 240 | 1380 | 985 | 787 | 668 | 589 | 532 | 490 | 456 | 430 |
| 250 | 1640 | 1170 | 932 | 790 | 695 | 628 | 577 | 538 | 506 |

|  |  |
| --- | --- |
|  | **МКС 75.160.30** |
| **Ключевые слова:** газообразные топлива, природный газ | |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  | **МКС 75.160.30** |
| **Ключевые слова:** газообразные топлива, природный газ | |

**РАЗРАБОТЧИК**

РГП на ПХВ «Казахстанский институт стандартизации и метрологии» Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан

**Заместитель**

**Генерального директора А. Шамбетова**

**Руководитель**

**Департамента стандартизации А. Сопбеков**

**Ведущий специалист**

**Департамента стандартизации Б. Убиштаева**