|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| **Челябинский металлургический комбинат**  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_\_\_\_ |  |

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

**Алгоритм расчета доменного, коксового и природного газов**

|  |  |
| --- | --- |
| СОГЛАСОВАНО: | СОГЛАСОВАНО: |
|  |  |
| Начальник УВСИТЦУ | Начальник ГЦ |
|  |  |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ К.С.Теличко | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ С.А.Салдаев |
|  |  |
| «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2017 г. | «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2017 г. |
|  |  |
|  |  |

Челябинск 2017

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

к Математическому обеспечению алгоритма расчета доменного, коксового и природного газов №125-10 от 19.04.2017 г.

СОГЛАСОВАНО:

УВСИТЦУ:

Начальник отдела автоматизации И.Н.Резепин

Начальник бюро программирования А.А.Загиров

Начальник бюро ДПиУЭ А.В.Суковицин

ГЦ:

Заместитель начальника цеха Д.В.Первухин

РАЗРАБОТАЛ:

Математик Н.А.Иванов

Оглавление

[1 Введение 6](#_Toc479259993)

[2 Алгоритм расчета расхода среды 6](#_Toc479259994)

[2.1 Исходные данные 6](#_Toc479259995)

[2.2 Порядок расчета расхода среды 6](#_Toc479259996)

[2.2.1 Расчет характеристик расходомерного узла 6](#_Toc479259997)

[2.2.2 Расчет коэффициента поправки на закругление входной кромки СУ ***Kn*** 8](#_Toc479259998)

[2.2.3 Расчет коэффициента скорости входа ***E*** 9](#_Toc479259999)

[2.2.4 Расчет абсолютного давления среды ***Р*** 9](#_Toc479260000)

[2.2.5 Расчет абсолютной температуры среды ***Т*** 10](#_Toc479260001)

[2.2.6 Расчет молярной доли компонентов ***xi*** 10](#_Toc479260002)

[2.2.7 Расчет вязкости ***μ*** 11](#_Toc479260003)

[2.2.8 Расчет псевдо-критической температуры ДГ и КГ ***Тпк*** 12](#_Toc479260004)

[2.2.9 Расчет псевдо-критического давления ДГ и КГ ***Рпк*** 12](#_Toc479260005)

[2.2.10 Расчет фактора сжимаемости в рабочих условиях ***Z*** 13](#_Toc479260006)

[2.2.11 Расчет фактора сжимаемости при стандартных условиях ***Zс*** 15](#_Toc479260007)

[2.2.12 Расчет коэффициента сжимаемости ***К*** 15](#_Toc479260008)

[2.2.13 Расчет плотности при стандартных условиях ***ρс*** 15](#_Toc479260009)

[2.2.14 Расчет плотности в рабочих условиях ***ρ*** 16](#_Toc479260010)

[2.2.15 Расчет показателя адиабаты ***k*** 17](#_Toc479260011)

[2.2.16 Расчет коэффициента расширения ***ε*** 17](#_Toc479260012)

[2.2.17 Расчет перепада давления на СУ ***ΔР*** 17](#_Toc479260013)

[2.2.18 Расчет коэффициента истечения ***C*** 18](#_Toc479260014)

[2.2.19 Расчет коэффициента истечения ***C’*** 18](#_Toc479260016)

[2.2.20 Расчет коэффициента шероховатости ***Кш*** 18](#_Toc479260017)

[2.2.21 Расчет коэффициента шероховатости ***К’ш*** 21](#_Toc479260018)

[2.2.22 Расчет критерия Рейнольдса ***Re*** 21](#_Toc479260019)

[2.2.23 Расчет объёмного расхода среды приведённого к стандартным условиям ***Qс*** 22](#_Toc479260020)

[3 Граничные условия применения расчётных методик 22](#_Toc479260021)

[3.1 Для диафрагм с угловым и трёх радиусным способом отбора давления 22](#_Toc479260022)

[3.2 Для диафрагм с фланцевым способом отбора давления 22](#_Toc479260023)

[3.3 Для расчета физических свойств ПГ 22](#_Toc479260024)

[4 Константы 23](#_Toc479260025)

[5 Список используемой литературы 24](#_Toc479260026)

**Аннотация**

В математическом обеспечении приводятся алгоритмы расчета объёмных расходов доменного, коксового и природного газов, а также связанных с ними величин.

Обозначения:

С – при стандартных условиях

К – критический параметр

Пк – псевдо-критический параметр

Пр – приведённый параметр

ПГ – природный газ

ДГ- доменный газ

КГ – коксовый газ

СУ – сужающее устройство

ИТ – измерительный трубопровод

# Введение

Приведённые ниже алгоритмы по доменному и коксовому газам позволяют с большей точностью проводить вычисления объёмного расхода приведённого к стандартным условиям, в сравнении с алгоритмами, приведёнными в РД-50-213-80, которые использовались ранее. Алгоритм по расчету теплофизических свойств природного газа приведён из ГОСТ 30319.2-2015 который вступает в силу с 2017-01-01.

# Алгоритм расчета расхода среды

## Исходные данные

Входные данные, приходящие с датчиков:

* давление среды избыточное *Рдат,*
* барометрическое давление *Рбар,*
* температура *t* (в градусах C),
* перепад давления в СУ ΔР.

Входные данные, вводимые с клавиатуры:

* объёмная доля каждого компонента ДГ (кроме азота N2, для него объем рассчитывается как: 100 – сумма остальных) *ri* (%),
* объёмная доля каждого компонента КГ (кроме кислорода О2 = 1,6 и азота N2, для него объем рассчитывается как: 100 – сумма остальных) *rj* (%),
* диаметр ИТ при 20 град. С *D20,*
* материал ИТ (марка стали),
* шероховатость ИТ Ra (мм),
* диаметр СУ при 20 град. С *d20,*
* материал СУ (марка стали),
* начальный радиус закругления входной кромки *rн* (мм),
* время эксплуатации расходомерного узла (лет),
* метод отбора перепада давления на СУ (угловой, трех радиусный или фланцевый),
* тип газа (ДГ, КГ, ПГ).

Необходимо выполнить проверку исходных данных (см. 3.1,3.2,3.3).

Выходные данные:

* объемный расход приведённый к стандартным условиям *Qс* (м3/ч).

## Порядок расчета расхода среды

### Расчет характеристик расходомерного узла

Исходные данные для расчета:

* температура *t* ,
* диаметр ИТ при 20 град. С *D20,*
* материал ИТ (марка стали),
* диаметр СУ при 20 град. С *d20,*
* материал СУ (марка стали).

Порядок расчета:

* рассчитываем действительный диаметр ИТ *D,*
* рассчитываем действительный диаметр СУ *d* (при расчетах использовать *t* в градусах Цельсия !),
* рассчитываем действительный относительный диаметр СУ .

Диаметры ИТ *D* (мм), СУ *d* (мм) при рабочей температуре определяются по формуле [1]:

D =

Где - температурный коэффициент расширения материала измерительного трубопровода (1/град),

, ,  – коэффициенты из таблицы №1 для материала ИТ и СУ соответственно.

Таблица №1 Значения коэффициентов а0, а1, а2 [1]

| **Марка стали** | **Значения постоянных коэффициентов** | | |
| --- | --- | --- | --- |
| **а0** | **а1** | **а2** |
| **8** | 10,9 | 7,7 | 2,4 |
| **10** | 10,8 | 9 | 4,2 |
| **15** | 11,1 | 7,9 | 3,9 |
| **15М** | 10,7 | 13 | 13 |
| **16М** | 11,1 | 8,4 | 3,7 |
| **20** | 11,1 | 7,7 | 3,4 |
| **20М** | 10,7 | 13 | 13 |
| **25** | 12,2 | 0 | 0 |
| **30** | 10,2 | 10,4 | 5,6 |
| **35** | 10,2 | 10,4 | 5,6 |
| **Х6СМ** | 10,1 | 2,7 | 0 |
| **Х7СМ** | 10,1 | 2,7 | 0 |
| **12МХ** | 11,3 | 3,8 | 0 |
| **12Х1МФ** | 10 | 9,6 | 6 |
| **12Х17** | 9,4 | 7,4 | 6 |
| **12Х18Н9Т** | 15,6 | 8,3 | 6,5 |
| **12Х18Н10Т** | 15,6 | 8,3 | 6,5 |
| **14Х17Н2** | 9,4 | 7,5 | 7,8 |
| **15ХМА** | 11,1 | 8,5 | 5,2 |
| **15Х1М1Ф** | 10,4 | 8,1 | 4,4 |
| **15Х5М** | 10,1 | 2,7 | 0 |
| **15Х12ЕНМФ** | 9,8 | 3 | 0 |
| **15Х18Н9** | 15,7 | 5,7 | 0 |
| **20Х23Н13** | 15,5 | 1,7 | 0 |
| **36Х18Н25С2** | 12 | 10 | 5,4 |

Относительный диаметр отверстия СУ.

Относительный диаметр отверстия СУ  при рабочей температуре определяется по формуле:



Необходимо выполнить проверку исходных данных (см. 3.1, 3.2).

### Расчет коэффициента поправки на закругление входной кромки СУ ***Kn***

Исходные данные для расчета:

* начальный радиус закругления входной кромки *rн* (для расчета переводим в метры),
* диаметр СУ при рабочей температуре *d* (для расчета переводим в метры),
* время эксплуатации расходомерного узла (лет).

Порядок расчета:

* рассчитываем радиус закругления входной кромки диафрагмы rk,
* рассчитываем коэффициент поправки на входную кромку *Kn.*

Коэффициента поправки на закругление входной кромки определяется по формуле [2]:

где а=0,000195.

Иначе:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

### Расчет коэффициента скорости входа ***E***

Исходные данные для расчета:

* действительный относительный диаметр СУ .

Коэффициент скорости входа определяется по формуле [1]:



### Расчет абсолютного давления среды ***Р***

Исходные данные для ДГ и КГ:

* давление среды избыточное *Рдат*, барометрическое *Рбар.*

Расчет [9]:

Давление в трубопроводе измеряется датчиками избыточного или абсолютного давления в различных единицах измерения.

В расчетах по ДГ и КГ используют абсолютное давление в паскалях (Па)!!!.

В связи с этим производят ряд вычислений для выполнения этих требований. Измерение датчиком избыточного давления:





где *Р* - абсолютное давление,

*Ризб* - избыточное давление,

*Рдат* – показания датчика,

*Рбар* - показания датчика атмосферного давления,

= 1000000, если датчик *Рдат* проградуирован в МПа,

= 98066,5 если датчик проградуирован в кгс/см2,

 = 9,80665 если датчик проградуирован в кгс/м2,

 = 1 если датчик проградуирован в Па,

 = 100000 если датчик проградуирован в бар,

 = 101048 если датчик проградуирован в атмосферах.

Измерение датчиком абсолютного давления.



Таким же образом осуществляется перевод перепада давления в Па.

Исходные данные для ПГ:

* давление среды избыточное *Рдат*, барометрическое *Рбар.*

Расчет:

В расчетах по ПГ используют абсолютное давление в мегапаскалях(МПа)!!!.

В связи с этим производят ряд вычислений для выполнения этих требований.





где = 1, если датчик  проградуирован в МПа,

, если датчик проградуирован в кгс/см2,

 если датчик проградуирован в мм ртутного столба,

 если датчик проградуирован в мм водяного столба,

 если датчик проградуирован в Па,

 если датчик проградуирован в бар,

 если датчик проградуирован в атмосферах.

Измерение датчиком абсолютного давления.



Необходимо выполнить проверку исходных данных (см. 3.3).

### Расчет абсолютной температуры среды ***Т***

Исходные данные для расчета:

* температура *t* (градусов С).

Абсолютная температура *T*, градусов Кельвина, рассчитывается по формуле:

T = t + 273,15 {1} [3]

Необходимо выполнить проверку исходных данных (см. 3.3).

Расчет приведенной температуры *Тпр*  для ДГ, КГ. [6].

Исходные данные для расчета:

* критическая температура каждого компонента газовой смеси *Тki*(К) (см. таблицу №4.1),
* температура среды абсолютная *Т*(К) (см. {1} ),
* тип газовой смеси (ДГ, КГ) (см. 2.1).

Приведённая температура каждого компонента газовой смеси рассчитывается по формуле:

### Расчет молярной доли компонентов ***xi***

Исходные данные для расчета:

* объёмная доля i-ого компонента *ri* (%) (см. таблицу №1),
* фактор сжимаемости при стандартных условиях i-ого компонента *Zci*

(см. таблицу №4.1),

* тип газовой смеси (ДГ, КГ) (см. 2.1).

Расчет xi ДГ и КГ [4] :

### Расчет вязкости ***μ***

Исходные данные для КГ, ДГ :

* критическое давление *Ркi*(МПа) (см. 2.2.4),
* критическая температура *Ткi*(К) (см. таблицу №4.1),
* молярная масса i-ого компонента *Мi*(кг/моль) (см. таблицу №4.1),
* приведённая температура *Tпрi* (см. 2.2.5),
* тип газовой смеси (ДГ, КГ, ПГ) (см. 2.1),

Порядок расчета вязкости *μ* ДГ и КГ [7]:

* рассчитываем критическую динамическую вязкость i-ого компонента среды μki,
* рассчитываем динамическую вязкость i-ого компонента среды *μi ,*
* рассчитываем динамическую вязкость газовой смеси *μ.*

Критическая динамическая вязкость i-ого компонента среды *μki* рассчитывается по формуле:

Динамическая вязкость i-ого компонента среды *μi* рассчитывается по формуле:

Динамическая вязкость газовой смеси *μ* рассчитывается по формуле:

𝜇

Исходные данные для ПГ:

* абсолютное давление *Р*(МПа) (см. 2.2.4),
* абсолютная температура *Т*(К) (см. 2.2.5),
* плотность при стандартных условиях *ρс*(кг/м3) (см. таблицу №4.2),
* молярные доли углекислого газа и азота *ху, ха* соответственно (см. таблицу №4.2).

Расчет *μ* ПГ [5]:

Псевдо-критические температура и давление природного газа *Тпк, Рпк*рассчитываются по формулам:

Приведённые температура и давление Тп, Рп рассчитываются по формулам:

Коэффициенты Сμ, μТ рассчитываются по формулам:

Динамическая вязкость μ рассчитывается по формуле:

### Расчет псевдо-критической температуры ДГ и КГ ***Тпк***

Исходные данные для расчета:

* молярная доля i-ого компонента *xi* (см. таблицу №4.1),
* критическая температура i-ого компонента *Ткi* (К) (см. таблицу №4.1),
* критическое давление i-ого компонента *Ркi* (Па) (см. таблицу №4.1),
* тип газовой смеси (ДГ, КГ) (см. 2.1).

Расчет *Тпк* ДГ и КГ [6]:

### Расчет псевдо-критического давления ДГ и КГ ***Рпк***

Исходные данные для расчета:

* молярная доля i-ого компонента *xi* (см. таблицу №4.1),
* критическая температура i-ого компонента *Ткi*­ (К) (см. таблицу №4.1),
* критическое давление i-ого компонента *Ркi* (Па) (см. таблицу №4.1),
* псевдо-критическая температура *Тпк*(К) (см. 2.2.8),
* тип газовой смеси (ДГ, КГ) (см. 2.1).

Расчет *Рпк* ДГ и КГ [6]:

### Расчет фактора сжимаемости в рабочих условиях ***Z***

Исходные данные для расчета *Z* ДГ и КГ :

* псевдо-критическая температура *Тпк*(К) (см. 2.2.8),
* давление абсолютное *Р*(Па) (см. 2.2.4),
* псевдо-критическое давление среды *Рпк*(Па) (см. 2.2.9),
* температура абсолютная *Т*(К) (см. 2.2.5),
* константы *R,* 𝛺b, 𝛺a (см. 4),
* тип газовой смеси (ДГ, КГ, ПГ) (см. 2.1).

Расчет *Z* ДГ и КГ [6]:

Исходные данные для расчета Z ПГ:

* плотность природного газа при стандартных условиях *ρс*(кг/м3) (см. 2.2.13),
* молярные доли СО2, N2, CH4 (*ху, ха, хэ*) (см. таблицу №4.2),
* фактор сжимаемости природного газа при стандартных условиях *Zc*(см. 2.2.11),
* температура абсолютная *Т* (К) (см. 2.2.5),
* абсолютное давление *Р* (МПа) (см. 2.2.4).

Расчет *Z* ПГ [5]:

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

### Расчет фактора сжимаемости при стандартных условиях ***Zс***

Исходные данные для расчета *Zс* ДГ и КГ:

* псевдо-критическая температура *Тпк*(К) (см. 2.2.8),
* давление абсолютное при стандартных условиях *Рс*(Па) (см. 4),
* псевдо-критическое давление среды *Рпк*(Па) (см. 2.2.9),
* температура абсолютная при стандартных условиях *Тс*(К) (см. 4),
* константы *R,* 𝛺b, 𝛺a (см. 4),
* тип газовой смеси (ДГ, КГ) (см. 2.1).

Расчет *Zс* ДГ и КГ [6]:

Исходные данные для расчета *Zс* ПГ:

* плотность природного газа при стандартных условиях ρс (кг/м3) (см. 2.2.13),
* молярные доли СО2,N2 (ху, ха ) (см. таблицу №4.2).

Расчет *Zс* ПГ [5]:

### Расчет коэффициента сжимаемости ***К***

* фактора сжимаемости в рабочих условиях Z (см. 2.2.10),
* фактора сжимаемости при стандартных условиях Zс (см. 2.2.11),
* тип газовой смеси (ДГ, КГ, ПГ) (см. 2.1).

Расчет *К* для ДГ, ПГ, КГ [5]:

### Расчет плотности при стандартных условиях ***ρс***

Исходные данные для расчета *ρс* ДГ и КГ:

* фактор сжимаемости при стандартных условиях *Zс* (см. 2.2.11),
* плотность i-ого компонента при стандартных условиях *ρсi* (кг/м3),

(см. таблицу №4.1),

* молярная доля i-ого компонента *xi* (см. таблицу №4.1),
* тип газовой смеси (ДГ, КГ) (см. 2.1).

Расчет *ρс* ДГ и КГ [4]:

Исходные данные для расчета *ρс* ПГ:

* коэффициенты (см. таблицу №4.2),
* молярная масса i-ого компонента природного газа Мi(кг/кмоль) (см. таблицу №4.2),
* молярная доля i-ого компонента природного газа (*ха, ху, хэ*, *xi*)(см. таблицу №4.2),
* универсальная газовая постоянная *R* (Дж/моль) (см. 4),
* абсолютная температура при стандартных условиях *Тс* (К) (см. 4),
* абсолютное давление при стандартных условиях *Рс*(МПа) (см. 4).

Расчет *ρс* ПГ [8]:

Необходимо выполнить проверку исходных данных (см. 3.3).

### Расчет плотности в рабочих условиях ***ρ***

Исходные данные для расчета *ρ* ДГ и КГ:

* абсолютное давление *Р* (Па) (см. 2.2.4),
* абсолютная температура *Т* (К) (см. 2.2.5),
* абсолютная температура при стандартных условиях *Тс* (К) (см. 4),
* абсолютное давление при стандартных условиях *Рс*(Па) (см. 4),
* Плотность при стандартных условиях *ρс* (кг/м3) (см. 2.2.13),
* Коэффициент сжимаемости *К* (см. 2.2.12),
* тип газовой смеси (ДГ, КГ) (см. 2.1).

Расчет *ρ* ДГ и КГ [4]:

Исходные данные для расчета *ρ* ПГ:

* абсолютное давление *Р* (МПа) (см. 2.2.4),
* абсолютная температура *Т* (К) (см. 2.2.5),
* плотность при стандартных условиях *ρс* (кг/м3) (см. 2.2.13),
* фактора сжимаемости в рабочих условиях *Z* (см. 2.2.10),
* фактора сжимаемости при стандартных условиях *Zс* (см. 2.2.11),
* универсальная газовая постоянная *R* (Дж/моль) (см. 4).

Расчет *ρ* ПГ [5]:

### Расчет показателя адиабаты ***k***

Исходные данные для расчета *k* ДГ и КГ:

* показателя адиабаты i-ого компонента *ki* (см. таблицу №4.1),
* молярная доля i-ого компонента *xi* (см. таблицу №4.1).

Расчет *k* ДГ и КГ [4]:

Исходные данные для расчета *k* ПГ:

* абсолютное давление *Р* (МПа) (см. 2.2.4),
* абсолютная температура *Т* (К) (см. 2.2.5),
* плотность при стандартных условиях *ρс* (кг/м3) (см. 2.2.13),
* молярная доля N2 *ха*(см. таблицу №4.2).

Расчет *k* ПГ [5]:

### Расчет коэффициента расширения ***ε***

Исходные данные для расчета:

* показатель адиабаты *k* (см. 2.2.15),
* относительный диаметр отверстия СУ β (см. 2.2.1),
* перепад давления на СУ Δ*Р* (для расчета используем в Па) (см. 2.2.17).

Коэффициент расширения ε рассчитывается по формуле [2]:

### Расчет перепада давления на СУ ***ΔР***

Если в систему приходит рабочий расход, то необходимо произвести расчет перепада давления на СУ.

Исходные данные для расчета:

* текущий расход Q (см. 2.1),
* максимальный и минимальный перепад давления на диафрагме *ΔРmax*, *ΔРmin*, максимальный расход Qmax, минимальный расход Qmin (см. паспорт расходомерного узла).

Расчет *ΔР* :



### Расчет коэффициента истечения ***C***

Исходные данные для расчета:

* критерий Рейнольдса *Re* (см. 2.2.22),
* относительный диаметр отверстия СУ β (см. 2.2.1),
* действительный диаметр ИТ *D* (см. 2.2.1),
* метод отбора перепада давления на СУ (угловой, трех радиусный или фланцевый) (см. 2.1).

Расчет *С* [2]:

0,216 +0,000521+ (0,043+0,08 - 0,123(1- 0,11A)-

- 0,031()+

### 

### Расчет коэффициента истечения ***C’***

Исходные данные для расчета:

* коэффициент истечения *C* (рассчитывается при ) (см. 2.2.18).

Расчет *C’* [1]:

*C’ = C* ( при )

### Расчет коэффициента шероховатости ***Кш***

Исходные данные для расчета:

* диаметр ИТ *D*(в метрах) (см. 2.2.1),
* диаметр СУ *d*(в метрах) (см. 2.2.1),
* шероховатость ИТ *Ra*(в метрах) (см. 2.1),
* критерий Рейнольдса *Re* (см. 2.2.22),
* относительный диаметр отверстия СУ β (см. 2.2.1).

Порядок расчета коэффициента шероховатости *Кш* [2]:

* рассчитываем *Ramax,*
* рассчитываем *Ramin,*
* рассчитываем *Кш.*

*Ramax*  рассчитывается по формуле:

=

(см. таблицу №2).

Таблица №2. Значение коэффициентов Bk.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **A0** | **A1** | **A2** |
|  |  | (] |  |
| **B0** | 8,87 | 6,7307 | -10,244 |
| **B1** | -3,7114 | -5,5844 | 5,7094 |
| **B2** | 0,41841 | 0,732485 | 0,76477 |
| **B3** | |  | | --- | | 0 | | 0 | 0 |
|  |  |  |  |
| **B0** | 27,23 | -25,928 | 1,7622 |
| **B1** | -11,458 | 12,426 | -3,8765 |
| **B2** | 1,6117 | -2,09397 | 1,05567 |
| **B3** | |  | | --- | | -0,07567 | | 0,106143 | -0,076764 |
|  |  |  |  |
| **B0** | 16,5416 | 322,594 | -92,029 |
| **B1** | -6,60709 | -132,2 | 37,935 |
| **B2** | 0,88147 | 17,795 | -5,1885 |
| **B3** | -0,039226 | -0,799765 | 0,23583 |

*Ramin*  рассчитывается по формуле:

если 0 или Re< 3\* , то принимаем

*Кш* рассчитывается по формуле:

Иначе, = 1 + 5,22

где коэффициенты Аш,Kd,Kr  для ϒ и ϒ\* определяются из таблицы №3.

Таблица №3. Значения величин Аш, Kd, Kr.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| **Аш** | Ra |  |
| **Kd** |  | при  при |
| **Kr** |  |  |

### Расчет коэффициента шероховатости ***К’ш***

Исходные данные для расчета:

* коэффициент шероховатости *Кш* (рассчитывается при ) (см. 2.2.20).

Расчет *К’ш* [1]:

*К’ш* = *Кш* ( при )

### Расчет критерия Рейнольдса ***Re***

Исходные данные для расчета:

* диаметр ИТ *D* (в метрах) (см. 2.2.1),
* диаметр СУ *d* (в метрах) (см. 2.2.1),
* динамическая вязкость среды μ (Па\*с) (см. 2.2.7),
* коэффициент поправки на шероховатость ИТ *К’ш* (при числе Рейнольдса ) (см. 2.2.21),
* коэффициент на притупление входной кромки СУ *Kn* (см. 2.2.2),
* коэффициент истечения *C’*( при числе Рейнольдса  ),
* коэффициент скорости входа *Е* (см. 2.2.3),
* коэффициент расширения *ε* (см. 2.2.16),
* плотность среды *ρ* (кг/м3) (см. 2.2.14),
* перепад давления *ΔР* (см. 2.2.17),
* тип газовой смеси (ДГ, КГ, ПГ) (см. 2.1).

Порядок расчета [1]:

- общая итерационная формула

- модифицированное число Рейнольдса

1.) рассчитываем .

2.) вычисляем *C* = *C*(при ), (при ) и подставив в

– получаем приближение для числа

3.) если , то

Иначе , где *C = C*(при ), (при ).

4.) , если , то

Иначе *C = C*(при ), (при ).

5.) , при принимаем .

Далее определяем истинные значения *С* и подставляя в них найденное

Необходимо выполнить проверку исходных данных (см. 3).

### Расчет объёмного расхода среды приведённого к стандартным условиям ***Qс***

Исходные данные для расчета:

* диаметр СУ *d* (в метрах) (см. 2.2.1),
* коэффициент скорости входа *Е* (см. 2.2.3),
* коэффициент расширения *ε* (см. 2.2.16),
* плотность среды *ρ* (кг/м3) (см. 2.2.14),
* лотность среды при стандартных условиях *ρс*(кг/м3) (см. 2.2.13),
* перепад давления *ΔР* (Па) (см. 2.2.17),
* коэффициент поправки на шероховатость ИТ *Кш* (см. 2.2.20),
* коэффициент поправки на притупление входной кромки СУ *Кп* (см. 2.2.2),
* коэффициент истечения *С* (см. 2.2.18),
* тип газовой смеси (ДГ, КГ, ПГ) (см. 2.1).

Объёмный расход среды приведённый к стандартным условиям *Qс*  рассчитывается по формуле [1]:

Сε

# Граничные условия применения расчётных методик

## Для диафрагм с угловым и трёх радиусным способом отбора давления [2]

## Для диафрагм с фланцевым способом отбора давления [2]

ΔР/P ≤ 0,25

## Для расчета физических свойств ПГ [5]

**В случае нарушения границ, выдать сообщение об ошибке в файл report!**

# Константы

Таблица №4.1. Физические характеристики компонент ДГ и КГ [4,6].

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **доменный газ** | **Mi(кг/моль)** | **zci** | **ρci(кг/м3)** | **Tki(К)** | **Pki(Па)** | **ki** |
| **CH4** | 0,016043 | 0,9981 | 0,66692 | 190,6 | 4587579,2 | 1,295 |
| **N2** | 0,028135 | 0,9997 | 1,16455 | 126,2 | 3385108 | 1,4 |
| **CO2** | 0,04401 | 0,9947 | 1,82954 | 304,2 | 7356294,4 | 1,285 |
| **H**2 | 0,0020159 | 1,0006 | 0,083803 | 33,2 | 1293414,4 | 1,405 |
| **CO** | 0,02801 | 0,9996 | 1,1644 | 132,9 | 3486156 | 1,4 |
| **коксовый газ** |  |  |  |  |  |  |
| **CH4** | 0,016043 | 0,9981 | 0,66692 | 190,6 | 4587579,2 | 1,295 |
| **N2** | 0,028135 | 0,9997 | 1,16455 | 126,2 | 3385108 | 1,4 |
| **CO2** | 0,04401 | 0,9947 | 1,82954 | 304,2 | 7356294,4 | 1,285 |
| **H**2 | 0,0020159 | 1,0006 | 0,083803 | 33,2 | 1293414,4 | 1,405 |
| **CO** | 0,02801 | 0,9996 | 1,1644 | 132,9 | 3486156 | 1,4 |
| **O**2 | 0,0319988 | 0,9993 | 1,33022 | 154,6 | 5032190,4 | 1,395 |
| **C**2**H**6 | 0,0650923 | 0,9537 | 2,435467 | 493,1 | 4984192,6 | 1,225 |

Таблица №4.2. Физические характеристики элементов химического состава ПГ [4,8].

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Состав ПГ** | **ri (%)** | **xi** | **Mi** | **zci** |  |
| **СН4** | 96,29275 | 0,96273(xэ) | 16,043 | 0,9981 | 0,0436 |
| **С2Н6** | 1,65 | 0,0165982 | 30,07 | 0,992 | 0,0894 |
| **С3Н8** | 0,362 | 0,0036733 | 44,097 | 0,9834 | 0,1288 |
| **С4Н10** | 0,118 | 0,0012145 | 58,123 | 0,9695 | 0,1743 |
| **С5Н12** | 0,02685 | 0,0002823 | 72,15 | 0,949 | 0,225 |
| **С6Н14** | 0,0059 | 0,0000640 | 86,177 | 0,919 | 0,2846 |
| **СО2** | 0,232 | 0,00232(xy) | 44,01 | 0,9947 | 0,0728 |
| **N2** | 1,28 | 0,01277(xa) | 28,135 | 0,9997 | 0,0173 |
| **О2** | 0,0131 | 0,0001308 | 31,9988 | 0,9993 | 0,0265 |
| **Н2** | 0,0011 | 0,0000109 | 2,0159 | 1,0006 | -0,0051 |
| **Не** | 0,0183 | 0,0001825 | 4,0026 | 1,0005 | 0 |

Где: **Mi, zci , ρci, Tki, Pki, ki,** – молярная масса, фактор сжимаемости, плотность при стандартных условиях, критическая температура, критическое давление, показатель адиабаты и коэффициент суммирования каждого отдельного компонента смеси, соответственно.

**Tc = 293,15 К (** температура среды при стандартных условиях).

**Рс = 101325 Па = 0,101325 МПа (** давление среды при стандартных условиях).

**R = 8,31451 Дж/моль\*К (**универсальная газовая постоянная).

**𝛺a = 0,427480232**(константа необходимая для расчета фактора сжимаемости).

**𝛺b = 0,08664035**(константа необходимая для расчета фактора сжимаемости).

# Список используемой литературы

1. ГОСТ 8.586.1-2005(ИСО 5167-1:2003) Измерение расхода и количества жидкости газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 1. Принцип метода измерений и общие требования.

2. ГОСТ 8.586.2-2005(ИСО 5167-2:2003) Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 2. Диафрагмы. Технические требования.

3. ГОСТ 30319.0-2015 Газ природный. Методы расчета физических свойств.

Общие положения.

4. ГОСТ 30319.1-2015 Газ природный. Методы расчета физических свойств.

Определение физических свойств природного газа, его компонентов и продуктов его переработки.

5. ГОСТ 30319.2-2015 Газ природный. Методы расчета физических свойств.

Определение коэффициента сжимаемости.

6. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей: Справочное пособие/ Перевод с английского под редакцией Б. И. Соколова. - 3-е издание, переработано и дополнено – Ленинград: Химия, 1982. – 592с. , иллюстрация – Нью-Йорк, 1977.

7. Голубев [И](http://www.google.ru/url?url=http://docs.cntd.ru/document/gost-r-8-770-2011-gsi&rct=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ved=0ahUKEwjX_LHZu-TSAhWGWywKHYxGA_kQFggsMAQ&usg=AFQjCNEun9OcUJxNLokozbdvwnI9_zvwdw).Ф., Гнездилов Н.Е. Вязкость газовых смесей. Издательство государственного комитета стандартов совета министров СССР. Москва, 1971. – 326с.

8. [ГОСТ 31369](http://docs.cntd.ru/document/1200068175)-2008. Газ природный. Вычисление теплоты сгорания, плотности, относительной плотности и числа Воббе на основе компонентного состава.

9. П.П. Кремлёвский. Расходомеры и счетчики количества: Справочник - 4-е издание, переработанное и дополненное – Ленинград: Машиностроение, 1989 – 701с.

# Лист изменений

1. Изменение пункта 2.1 «Исходные данные», страница 6.
2. Изменение пункта 2.2.7 «Расчет вязкости», страница 11.
3. Изменена таблица №4.2 «Физические характеристики элементов химического состава ПГ», страница 23.